

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Краківський економічний університет (Польща)
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет «Опольська Політехніка» (Польща)
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Вінницький національний аграрний університет
Львівський національний університет ім. І. Франка
Головне управління Пенсійного фонду в Тернопільській області
Наукове товариство ім. Шевченка
Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти
Сумський державний педагогічний університет
Запорізький національний університет

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

**XIV Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**
11-12 грудня 2025 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2025

УДК 62:004:338
А43

Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2025 – 593.

Actual problems of modern technologies: book of abstracts of the XIV International scientific and practical conference of young researchers and students, (Ternopil, December, 11th-12th, 2025) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical University [and other.]. – Ternopil: PE Palianytsia V.A., 2025. – 593.

ISBN 978-614-8751-08-1

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Микола Митник – ректор ТНТУ ім. І. Пулюя (Україна)

Заступник голови: Павло Марущак – проректор з наукової роботи ТНТУ ім. І. Пулюя (Україна)

Члени: Томаш Вухерер (Словенія), Ян Вінаш (Словаччина), Олегас Прентковскіс (Литва), Анетта Зелінська (Польща), Діана Рокіта-Поскарт (Польща), Бригіда Клеменс (Польща), Марцін Завіцкі (Польща), Олександр Андрейків (Україна), Інна Кульчій (Україна), Світлана Коляденко (Україна), Віктор Кравецький (Україна), Наталія Ілляшенко (Україна), Ірина Дашко (Україна)

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Ціх Г., Баран І., Карташов В., Лещук Р., Золотий Р., Окіпний І., Мочарський В., Тимошик Н., Маркович І.

Науковий секретар: Наталія Тимошик

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001
Редагування, оформлення, верстка: Маркович І., Тимошик Н.

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Секція 1. Фізико-технічні основи розвитку нових технологій

Секція 2. Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій

Секція 3. Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні

Секція 4. Сучасні технології на транспорті

Секція 5. Комп'ютерно-інформаційні технології та системи зв'язку

Секція 6. Електротехніка та енергозбереження

Секція 7. Фундаментальні проблеми харчових біо- та нанотехнологій

Секція 8. Економічні та соціальні аспекти нових технологій

@ТНТУ ім. І. Пулюя

ISBN 978-614-8751-08-1

За достовірність поданих до друку матеріалів відповідальність несуть автори

ЗМІСТ

<u>СЕКЦІЯ 1</u> <u>ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ</u>			
1.	В.С. Мочарський, Д.В. Фафруник, Н.В. Стрілець, Ю.С. Теслюк, Я.В. Ржешовський МОНІТОРИНГ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА ТЕРНОПОЛЯ У 2025 РОЦІ		23
<u>СЕКЦІЯ 2</u> <u>НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ</u>			
1.	В.П.Бобик , Я.О.Ковальчук МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ СФЕРОЛІТУ		24
2.	І.М. Данчук, І.О. Буряк, Н.І. Хомик КОНСТРУКТИВНІ ЗМІНИ У ВІДЦЕНТРОВІЙ МАШИНІ ДЛЯ ОБРУШУВАННЯ НАСІННЯ ОЛІЙНОГО СОНЯШНИКА		26
3.	Т. А. Довбуш, А. Д. Довбуш М. В. Прокіпчук ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ У СУЧАСНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ У ФОРМУВАННЯ МІКРОПЛАСТИКОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ		28
4.	В.Р. Паньків, Б.О. Козак ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ТРУБ		30
5.	О. Конончук, О. Біляшевич, Д. Євпак, В. Чертов НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЗБІРНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ПІСЛЯ ДЕМОНТАЖУ НАДПІДВАЛЬНОГО ПЕРЕКРИТТЯ		32
6.	В. В. Мартинюк, Є. Б. Береженко ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ МІКРОПЛАСТИКОВИХ ЧАСТИНОК У ҐРУНТІ		34
7.	А.І. Петровський, С.М. Бейгер, А.В. Гевчук, І.С. Ніштук, Р.М. Ребрик, Д.Окіпний ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН ТЕПЛОСТІЙКОЇ СТАЛІ		36
8.	В.В. Семенюк; Я.О. Ковальчук, к.т.н., доцент ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТОХАСТИЧНИХ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ НА ЗВАРНІ ФЕРМИ		37
9.	А.І. Петровський, С.М. Бейгер, А.В. Гевчук, І.С. Ніштук, Р.М. Ребрик ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН ТЕПЛОСТІЙКОЇ СТАЛІ		39
10.	М. А. Созанський, Р. Р. Гумінілович, В. Є. Стаднік, М. В. Шепіда, П.Й. Шаповал ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХІМІЧНО СИНТЕЗОВАНИХ ПЛІВОК СУЛЬФІДУ РТУТІ-КАДМІЮ		40
11.	В.М. Барановський, А.Ю. Ткачук СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У ФРЕЗЕРНІЙ ОБРОБЦІ		42
12.	М.Р. Паньків, А.М. Феленчак УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ВАЛІВ		43

13.	Л.І. Цимбалюк, Н.І. Блашак, Турчманович А.Р. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У СКЛОПЛАСТИНІ ПРЯМОЛІНІЙНИМ ЗВАРНИМ ШВОМ	3	44
<u>СЕКЦІЯ 3</u> <u>СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА</u> <u>ПРИЛАДОБУДУВАННІ</u>			
1.	Т.А. Баліцька, Т.Б. Яницький ІНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ТА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД		48
2.	О.Є. Берекета, Л.П. Липний ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ СПОРУД		49
3.	Д.З. Биків, І.М. Підгурський, А.М. Кос, Махді Оуссама ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ МІЦНОСТІ ТА ЖОРСТКОСТІ СТАЛЕВИХ ДВОТАВРОВИХ БАЛОК В СКЛАДІ ПОХИЛИХ ПОКРІВЕЛЬ		50
4.	Б.О. Блашак, А.В. Бабій, І.В. Вовк ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ ҐРУНТОВОЇ СТРУЖКИ З НАПРАВЛЯЮЧИМ КОЖУХОМ ФРЕЗЕРНОГО МОДУЛЯ	3	51
5.	А. Д. Бобков ВИКОРИСТАННЯ ШНЕКІВ ЗІ ЗМІННИМ КРОКОМ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ		54
6.	А.П.Божко, Я.Я. Вігер, Ю.В.Швед ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОМПОНОВКИ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА З ЧПК		56
7.	В.В. Бойко, А.В. Бабій ОСНОВНІ УМОВИ ЕФЕКТИВНОЇ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ НА ПРУТКОВОМУ ТРАНСПОРТЕРІ		57
8.	А.В. Бурак КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗМІШУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В КОНДИТЕРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ		59
9.	С. Ю. Вашук ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ПОВЕРХОНЬ ТА КРОМОК ПІД ЗВАРЮВАННЯ ГАРЯЧЕПРЕСОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ		60
10.	І.В. Вовк, В.В. Бойко, А.В. Бабій, А.В. Дем'янчук КРИТЕРІЇ РУЙНУВАННЯ СТЕБЕЛ РОСЛИН БИЛОМ МУЛЬЧУВАЧА ПРИ ПІДГОТОВЦІ ПОЛЯ ДО ЗБИРАННЯ		61
11.	С.Я. Волинець, С.С. Кирик, Д.Р. Тхорик ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ		63
12.	В.Н. Волошин, В.М. Буховець, Я.А. Рудик СИЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОКАРНОГО ПЛУНЖЕРНОГО ПАТРОНА З КОМПЕНСАЦІЄЮ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ	3	65
13.	В.Н. Волошин, В.М. Буховець, В.Д. Євчук ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНОГО ТИСКУ НА ПОВЕРХНЯХ СЕГМЕНТНОЇ ЦАНГИ ЗАТИСКНОГО ПАТРОНА З ІНТЕГРОВАНИМ ПРУЖИННИМ ПРИВОДОМ ЗАТИСКУ		66

14.	В.Я. Гаврилюк, Р.Р. Зварич ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ПРОМЕНЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ		68
15.	А.В. Гагалюк, В.С. Нікітюк АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ КОНСТРУКЦІЇ СВЕРДЕЛ З ЦЕНТРАЛЬНИМ ТВЕРДОСПЛАВНИМ НАКОНЕЧНИКОМ ДЛЯ СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ ГЛИБИНОЮ 8×D		69
16.	О. С. Галенда СПЕЦИФІКА ОБРОБЛЕННЯ СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ ФАСОННИМИ ПРОТЯЖКАМИ		71
17.	І. Гевко, Т. Довбуш, В. Бучинський СИНТЕЗ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК З МІКРОХВИЛЬОВИМИ ОБ'ЄМНИМИ НАГРІВАЧАМИ		72
18.	І. Гевко, А. Брикса, А. Никитюк РОЗРОБЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗМІШУВАЧІВ		74
19.	С.М. Паньків, І. І. Головач, А.О.Скоропляс АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ДЛЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОНВЕЄРІВ		76
20.	І. С. Дідич, В. В. Андрушків, Б. В. Назаревич РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ		77
21.	І.О. Захаревич, Т.О. Ілюк ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВИСОТНОГО КОМПЛЕКСУ		80
22.	А.В. Гагалюк, М.Ю. Івасечко АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ ТА ТОЧНОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ СТОЛІВ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ		81
23.	В.В.Калінчук, П.В.Калінчук, С.В. Коретчук, Б.П. Филипович, Т.Г. Чаплинська ІНТЕГРОВАНІЙ АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ РЕКОНСТРУКЦІЇ, ПІДСИЛЕННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬ		83
24.	Ю.Б. Капацїла, М.С. Стефанчук, С.Б. Кїт ОГЛЯД ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА		84
25.	І.В. Карп АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ		86
26.	Т. О. Карпюк ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПЕЧЕЙ		88
27.	О.С. Кобельник, В.І. Оліховський, В.Р. Кобельник ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗМІНИ ПОДАЧІ ПРИ СВЕРДЛІННІ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ		90
28.	В.В. Колцун НАПРЯМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПОТОКОВОЇ ЛІНІЇ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ		93

29.	Р.Ю. Кружилка, В.А. Лясота ВИМОГИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІ		95
30.	В.-Н.В. Кубах, О.В. Прокопів, А.О. Блащисин ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗАВАЛЬЦЮВАННЯ КУЛЬОК У ТОНКОСТІННІ ЦИЛІНДРИЧНІ ВТУЛКИ		96
31.	К.М. Лукіянчук, А. Грагі, А.П. Сорочак ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТІ ГРУНТОВИХ УМОВ НА ОСІДАННЯ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЛІ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ		97
32.	О.І. Ляшук, О.І. Павлусь, Ю.В.Омелянський СИНТЕЗ КОНВЕЄРІВ З РОЗШИРЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ		98
33.	В. І. Макаров ШНЕКОВИЙ ТРАНСПОРТЕР ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ТА ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ		101
34.	М.П. Марковський РОЗРОБКА ПРИВОДУ ЗАТИСКУ ПАТРОНА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА		103
35.	О. П. Маруніч, О.В. Лах, А.О. Старих ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА КОНІЧНОЇ ФОРМИ		104
36.	М.В. Мецан ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВУЗЛА ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА У МАКАРОННИХ ПРЕСАХ		106
37.	Д. В. Мірута ВКЛАД РИМО-КАТОЛИЦЬКОЇ ЦЕРКВИ У НАУКУ В ЕПОХУ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ		108
38.	О.О. Окусський, О.П. Цьонь ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АКТИВНОГО ПЛОСКОГО НОЖА ДООБРИЗУВАЧА ГИЧКИ НА ОСНОВІ БАГАТОФАКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ		109
39.	А.В. Олексюк, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ СЕПАРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН		110
40.	О.Ю. Островський, В.Ю. Грасовник, Т.Ю. Гинда ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ ТА ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ У ГВИНТОВІЙ ЗАГОТОВЦІ ПІД ЧАС ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ		112
41.	К.С. Польцин, М.Р. Фецович ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПАНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРОЕКТОВАНОГО ВЕРСТАТУ		113
42.	В.Б. Савків, І.П. Федорів, В.В. Довжанин, Я.М. Довжанин УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ТИРИСТОРНИМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ		114
43.	В.Б. Савків, І.П. Федорів, В.М. Скицько, М.О. Федчук АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТІСТОВИХ ЗАГОТОВОК У ТІСТОРІЗДІЛЮВАЧАХ		116
44.	Т.М. Савулій, Т.М. Вітенько ЗАСТОСУВАННЯ АБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЛУЩІННЯ КРУП ЛУЩИЛЬНО-ШЛІФУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ А1-ЗІШН-3		118

45.	П.А. Свистун, Р.В. Кузь, Я.В. Мензак ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ КАНАВОК СПЕЦІАЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ	119
46.	М.М. Сеньків, І.А. Трофимець, В.А. Москалюк ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ У ПРОЄКТАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА НОВОГО БУДІВНИЦТВА	120
47.	Б. Р. Сигіль КЛАСИФІКАЦІЯ ПЛЯШОК ДЛЯ РОЗЛИВУ МІНЕРАЛЬНОЇ ВОДИ	121
48.	Р.А. Склярів, Н.В. Гребенюк ОСОБЛИВОСТІ ОПИСУ ПОЛОЖЕННЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА В КОМПОНУВАННІ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ ПОБУДОВАНИХ НА АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПІ	122
49.	Р.А. Склярів, Б.І. Штик РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СЛІДКУЮЧОЇ СИСТЕМИ МЕХАНІЗМУ ЖИВЛЕННЯ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТІВ	124
50.	О.А. Юр'єв, Л.М. Слободян, О.П. Цьонь ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ ШНЕКА ПРИ ПЕРЕХОДІ ЧЕРЕЗ РЕЗОНАНС У ГВИНТОВОМУ ЗАВАНТАЖУВАЧІ	126
51.	П.Д. Стухляк, д-р техн. наук, проф., К.О. Трояк, О.А. Дідуник ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ АДДИТИВНОМУ СТВОРЕННІ ВИРОБІВ МЕТОДОМ ЗВАРЮВАННЯ	128
<u>СЕКЦІЯ 4</u> <u>СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ</u>		
1.	В.Я. Бабій, Р.М. Меленчук, Н.В. Тхір ТРИБОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОРІЗКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН	130
2.	М.В. Бабій, В.Т. Матвійшин, Я.О. Капустинський ДИНАМІКА ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ У КОНТЕКСТІ СТРУКТУРНИХ ЗМІН ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ	132
3.	В.З. Балич, О.П. Цьонь, М.Ю. Заблоцький ОРГАНІЗАЦІЯ РЕГУЛЯРНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ	134
4.	Т. Д. Бегош, М.А. Ребеза ОПТИМІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЇ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ГІБРИДНОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ	135
5.	Н.Ю. Безкидняк, А.М. Колоденний ОБГРУНТУВАННЯ СИЛОВИХ ТА КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОРІЗКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН	137
6.	М. Р. Білоус, М. Ю. Білоус, В. М. Кучірка РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТИПУ EREV	140
7.	Ю.Д. Бодоряк, В.Й. Літвіцький, М.А. Олійник ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА АВТОМОБІЛЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ	142
8.	М.В. Гаврилишин ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ МІСЬКОГО	144

	ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ФОРМУВАННЯ ГРУП ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ		
9.	Ю.Я. Галан, М.Ю. Колосінський, А.А.Галулька, Л.А.Герцунь ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЧАСТИНКИ АБРАЗИВНОГО РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВІБРАЦІЙНІЙ ОБРОБЦІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ		146
10.	Б. Г. Грещук ПІДВИЩЕННЯ ПРИВАБЛИВОСТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ		148
11.	Я.М. Гудз, Н.С. Кубішин, А.А. Кадлубенко, В.О. Тесля ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ		150
12.	О.Р. Дмитрів, П.О. Леськів, Р.І. Охнівський, А.О.Скоропляс МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКИХ ВАНТАЖІВ ТИХОХІДНИМИ ГВИНТОВИМИ КОНВЕЄРАМИ		152
13.	А.І. Днесь, Ю.І. Пипко, Т.В. Герман ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ КОЧЕННЯ КЕРОВАНИХ КОЛІС ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ КУТІВ РОЗВАЛУ ТА СХОДЖЕННЯ		154
14.	М.П. Драпалюк, Д.О. Сторощук ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЕРЕВИНИ ІЗ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ		156
15.	Р.Р.Заверуха, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, В.Р.Заверуха СПОСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ		158
16.	Р.Р.Заверуха, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, В.Р.Заверуха СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ		160
17.	Р.Р.Заверуха, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, В.В.Клюк СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ (АКБ)		162
18.	Р.Р.Заверуха, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, А.А.Осаулко МОДЕЛІ СИЛОВИХ АГРЕГАТИВ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ З ДВЗ, ГІБРИДНИХ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ		164
19.	М.В. Зелінський, А.М. Матвійчук РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ У МІСТАХ		166
20.	Н.І. Івачевський, О.М. Мельничук, Г.В. Щур ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ		168
21.	П.М. Качор, М.Д. П'єнтак, Л.А. Джиджора МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РЕЧОВИН		170
22.	А.С. Козович, А.В. Булич, Н.С. Пиндюра ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ВТОМИ ВОДІЇВ ЯК ПРИЧИНА ДТП ТА НЕОБХІДНІСТЬ НОРМУВАННЯ РЕЖИМІВ ПРАЦІ		171
23.	І.М. Костик, А.І. Рифун, О.В. Кузьменюк, В.О. Тесля КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИ РЕМОНТІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ДВЗ		173
24.	А.К. Кудров, М.Г. Левкович, В.В.Галицький ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗДОВИХ ЦИКЛІВ ДВЗ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИСКОРЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ		175

25.	Ю.Я. Лемега ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МУРАШИНОЇ ЛОГІСТИКИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ОДНОТИПНИХ ВАНТАЖІВ ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «ШРЕДЕР»	177
26.	А.П. Луцик, О.Л. Ляшук, Д. В. Міронов ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ З ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ	179
27.	О.Л. Ляшук, Р.В. Хорошун, Ю.Б. Дубовий, Д.Л. Клопотівський КУТОВІ КОЛИВАННЯ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ НЕЛІНІЙНОЮ СИЛОВОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ	182
28.	О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, М.І. Михайлецький, В.Я. Поліян ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ПОЯСКІВ У БЛОКАХ ЦИЛІНДРІВ	184
29.	Л.М. Недошитко, А.В. Новаківський БЕНЗИНОВІ ДВИГУНИ З СИСТЕМАМИ ІНЖЕКТОР І ПРЯМИЙ ВПОРСК: ЯКА МІЖ НИМИ РІЗНИЦЯ, ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ	187
30.	Р.В. Нечипоренко, О.О. Ничик, Т.В. Яцків ВІБРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ АВТОМОБІЛЯ	188
31.	М.В. Олійник; І.Г. Міруцький, С.В. Свергун ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОНОВЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАНЬ ЛИСТОВИХ РЕСОР ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	191
32.	Т.М. Пелешок, Л.Р. Рогатинська, І.І. Головач, В.І. Пенъонжко МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАСИПНИХ ВАНТАЖІВ БЕЗВАЛЬНИМИ СПІРАЛЬНИМИ ШНЕКАМИ	193
33.	У.М. Плекан, В.І. Клек, С.І. Жаровський ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПАСАЖИРСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ В УКРАЇНІ	195
34.	Д.Ф. Ползюков, О.П. Цьонь ТЕЛЕМАТИЧНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ	197
35.	Б.М. Різник, В.М. Кочак, В.О.Ступак, Д.В.Козак ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОСАМОКАТА	198
36.	Н.Я.Рожко., Ю.А. Войціховський, О. В. Гуменюк, С.С.Рожко ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ	200
37.	С.Б. Рудий, В.І. Баран, М.М. Константюк МАРШРУТИЗАЦІЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ЗАДАЧІ НАЙКОРОТШОГО ШЛЯХУ	202
38.	Є.Д. Синенький, О.П. Соколік, А.Т. Зубрик МЕТОД ЛАТУНЕННЯ ТЕРТЯМ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ	203
39.	В.Я. Федів, С.С. Кирик, О.Ю. Крук АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ	205
40.	І.С. Холява, В.Р.Кучер, П.С. Яснюк АНАЛІЗУ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ДТП НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ	207
41.	Р.В. Хорошун, Д.О. Онук, А.А.Ткачук, В.В.Кифоренко МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ З НЕЛІНІЙНОЮ СИЛОВОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЕННЯ	208

42.	Р.В. Хорошун, Н.В.Іванюк, С.В. Конопацький, В.І. Мельник РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АДАПТИВНОЇ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ	211
43.	Р.В. Хорошун, Т.С. Балко, О.Б. Ільків, І.В. Качан РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІБРОПРИСКОРЕННЯ АДАПТИВНОЇ ПІДВІСКИ	213
44.	Т.Р. Чайковський, А.І. Рифун, О.В. Наконечний ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ РОЗПОДІЛУ ГАЛЬМІВНИХ ЗУСИЛЬ ТА КЕРОВАНOSTІ АВТОМОБІЛЯ	215
45.	І.Ю. Чепига, П.М. Куций, М.І. Куций УЗАГАЛЬНЕНА РОЗРАХУНКОВА СХЕМА КУЗОВА ТА ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ	217
46.	Т.В. Чорний, М.Г. Левкович, М.В. Костюк ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИН ГАЛЬМІВНОГО МОМЕНТУ В БАРАБАННОМУ ГАЛЬМІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	218
<u>СЕКЦІЯ 5</u> <u>КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ</u>		
1.	Д.Т. Антонюк ВПРОВАДЖЕННЯ LLM У ВЕБСЕРВІС ДЛЯ ВІДПОВІДЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ AZURE OPENAI	223
2.	В.І. Антонюк, Н.С. Луцик, А.М. Паламар КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІОТ-СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛІЗУ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ	225
3.	Ю.Атаманчук, Ю. Лещинин МЕТОДИ І ЗАСОБИ АДАПТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИРОЩУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИДІВ РИБ	226
4.	П. Бартків ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ БЕЗПРОВОДНИХ РАДІОМЕРЕЖ СЕНСОРНИХ ВУЗЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	228
5.	І.В. Бенцал, Л. П. Дмитроца АНАЛІЗ OPEN-SOURCE РІШЕНЬ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ СТАНУ БДЖОЛОСІМЕЙ	229
6.	Д.В. Боднар, Г.І. Липак ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ПІДХОДІВ СЕНТИМЕНТ-АНАЛІЗУ У ДОСЛІДЖЕННІ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ	230
7.	Д.А. Бойко УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СОРТУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ В «GOOGLE DRIVE API» НА ОСНОВІ КОНТЕНТУ	233
8.	Р.П. Вархоляк ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТИСКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ	235
9.	О.А.Вінніченко ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕСТІВ ТА АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ ПЕРЕВІРЦІ WORDPRESS ПЛАГІНІВ	237

10.	Ю. П. Волинець БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ		239
11.	Р.І. Гануля, Т.Є. Хованець, І.Р. Козбур, Ю.О. Тимошенко АВТОМАТИЗАЦІЯ ДІЙ КОРИСТУВАЧА ПК ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМ TINYTASK ТА AUOTONOTKEY		241
12.	А.В. Головка, проф., д.е.н. Матійчук Л.П. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИБОРУ СТІЙКИХ РОСЛИН ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТА В УМОВАХ ВІЙНИ		243
13.	К.Г. Голубко, Я.В. Литвиненко РОЗРОБКА ДЕСКТОПНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДЕТЕКЦІЇ МІМІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ		244
14.	О. Ю. Горішний, В.Д. Тимошук ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЛОЩИНИ ДАНИХ ВІРТУАЛЬНОГО КОМУТАТОРА OPEN VSWITCH		246
15.	В.А. Готович, В.А. Курян ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХІВ ЛЮДИНИ ЗА КООРДИНАТАМИ MEDIAPIPE POSE		247
16.	А.І. Дацко ТИПИ ТЕСТУВАННЯ ЗНАННЯ КОДУ		250
17.	І.Ю. Дедів, О.П. Казьмірук ПРИВАТНІ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ 5G ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ		252
18.	Н.Демчан, Р. Жаровський МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЗА ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН З ВРАХУВАННЯМ ЕВАПОТРАНСПАРАЦІЇ		254
19.	В.Л. Дерягін, М.В. Дрогобицький, Н.С. Луцик ЗАСОБИ АВТОМАТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАФІКУ МІЖ МІКРОСЕРВІСАМИ В ISTIO SERVICE MESH		255
20.	Л. П. Дмитроца, О. І. Шубалий ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТРЕНДІВ АНАЛІТИКИ BIG DATA		257
21.	М.В. Дрогобицький, А.І. Фіялка, Н.С. Луцик КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖ MICROGRID		259
22.	В. Л. Дунець, А. В. Хиль ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ ІНЕРЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ КАЛМАНА		261
23.	В. Л. Дунець, Н. А. Гульовський ЦИФРОВА РАДІОРЕЛЕЙНА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ З БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ		263
24.	П. Загалюк РАДІОЕЛЕКТРОННА БОРОТЬБА У ВІЙНІ		264
25.	О.М. Задворний; І.В. Бойко ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕТЕКЦІЇ ЕПІЛЕПТИЧНИХ НАПАДІВ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ ТОПОЛОГІЧНО-СПЕКТРАЛЬНИХ ОЗНАК		266
26.	Р.Р.Золотий, М.С. Дзюмак, Д.В. Сас, І.Я. Харів ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ		268

27.	О. Карнаухов, Т. Лобур, С. Марценко АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ УНІВЕРСИТЕТУ	270
28.	В. Ю. Кашин, Т.А. Лечаченко АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТЕЙ HTTP REQUEST SMUGGLING ЗАСОБАМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ФАЗЗИНГУ HTTP-ЗАПИТІВ	272
29.	С.Б. Кіт, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ЖИТЛОВОМУ ПРИМІЩЕННІ З ВИКОРИСТАННЯМ БСМ	273
30.	С.Б. Кіт, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук ХМАРНО-ОРІЄНТОВАНА ПЛАТФОРМА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА МІКРОКЛІМАТОМ КВАРТИРИ НА ОСНОВІ ІОТ	275
31.	А.М. Ковтко, І.Р. Козбур, В.Б. Савків, Г.В. Козбур АРХІТЕКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ МОДУЛЬНИХ ТЕСТІВ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МУТАЦІЙНОГО ТЕСТУВАННЯ	278
32.	К. А. Кокурін РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРА SDS011 ТА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ СПОВІЩЕНЬ	280
33.	М.А. Конотопський, Ю.З. Лещишин МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ ТЕПЛОПОСТАЧАЛЬНОГО ПУНКТУ	282
34.	В.О. Кравчик МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ВІДЕОНАГЛЯДУ	283
35.	В.В. Левицький, А. Г. Микитишин, А.Ю. Гураль, А.В. Михайлюк АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ СИРІВ	284
36.	Р.В. Лесик ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ВЕБТРЕНАЖЕРІ ПАМ'ЯТІ	286
37.	Т.А. Липак ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ З МОБІЛЬНОЮ ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНОСТЮ В ІОТ	288
38.	В.Г. Лісовий АРХІТЕКТУРА ТРАНСФОРМЕРА ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ	289
39.	М. В. Лісовий, Г. І. Липак ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИХ ХМАРНИХ АРХІТЕКТУР ДЛЯ СТІЙКОСТІ ЦИФРОВИХ СЕРВІСІВ ГРОМАДСЬКОЇ ВЗАЄМОДІЇ	292
40.	А.М. Луцків, Д.М. Гаврада АРХІТЕКТУРА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ	293
41.	А. Луцків, С. Андруньків РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СЕМАНТИЧНОЇ ЯКОСТІ ТА ГАЛЮЦИНАЦІЙ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ LLM В MLOPS	295
42.	А.М. Луцків, В.В. Комарницький DEVOPS-ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ CI/CD У РОЗПОДІЛЕНИХ ІОТ-СИСТЕМАХ	296

43.	Ю.Б. Максим'як ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАСЦО: ПІДХОДИ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	297
44.	К. П. Марушак, Г. В. Козбур ЕФЕКТИВНІ ПІДХОДИ ДО ВІЗУАЛЬНОГО ПОДАННЯ КАТЕГОРІЙНИХ ДАНИХ	299
45.	Матисюк І.В БІОДРУК. ЖИТТЯ ТА ПРОГРЕС	301
46.	Д.С. Матюк, М.В. Деркач NetScore: ПЕНТЕСТІНГ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ	302
47.	А.Г. Микитишин, Д.Р. Максимів, В.І. Федчак ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ: КОНЦЕПЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ VENERFIT	305
48.	О. Мимрик АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ (СОНЯЧНА + ВІТРОВА ЕНЕРГІЯ)	307
49.	Р.С. Михайлишин, М.В. Приймак КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПОТОКУ ЛЮДЕЙ У ГРОМАДСЬКИХ МІСЦЯХ НА ОСНОВІ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ	309
50.	Л.Є. Мосій СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ВАЛІДАЦІЇ МОДЕЛІ АМПЛІТУДНОЇ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ	310
51.	А.А. Музичук ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ СОРТУВАННЯ ВІДЕОДАНИХ У ХМАРНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІА	312
52.	В.В. Невмержицький, Н.Б. Стадник МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ СОНЯЧНИМ ВОДОНАГРІВАЧЕМ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА STM32	313
53.	В.В. Никитюк, І. К. Генсьора ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ МУЗЕЙНИХ ФОНДІВ	314
54.	О.А. Пастух, Х.О. Новицька МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ UML ТА АДАПТОВАНОЇ SEI-МОДЕЛІ	315
55.	С. Орлов, С. Марценко ДОСЛІДЖЕННЯ ІТ ЛОГІСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ	317
56.	Г.М. Осухівська, А.В. Коритко, А.М. Паламар КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ У ПРОЦЕСІ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ	318
57.	А.В. Павлик, А.М. Паламар КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ У РОЗУМНОМУ БУДИНКУ	319

58.	М.І. Паламар, Ю.А. Удич, А.М. Паламар, М.Р. Франків ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ІОТ ТЕХНОЛОГІЙ		320
59.	Ю.Б. Паляниця, М.Ю. Ковальчук МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ЛІТАЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ЇХ АКУСТИЧНИМИ СИГНАТУРАМИ		321
60.	С.М. Панасенко, Н.С. Луцук ІНТЕГРАЦІЯ RULE-BASED АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОНІКИ		324
61.	А. Пенцак, Ю. Лещинин ВБУДОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ ДИХАЛЬНИХ ЗВУКІВ		325
62.	В.С. Пиж ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ЗАХИЩЕНОГО ВІРТУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ		326
63.	О.Б. Пйонтковський ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ МІКРОКОНТРОЛЕРИ ДЛЯ АВТОНОМНИХ ІОТ-ПРИСТРОЇВ		328
64.	І. І. Поліщук, Н.С. Луцук АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВІЯВЛЕННЯ ПЕРЕЛОМІВ НА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ		329
65.	І.Р. Ралік РЕЗОНАНСНИЙ СЕЛЕКТОР СТРАТЕГІЙ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ CRM-СИСТЕМАХ		331
66.	І.І. Рій, С.В. Тиш ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАОТИЧНИХ І КЛАСИЧНИХ МЕТОДІВ ШИФРУВАННЯ З ТОЧКИ ЗОРУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ		332
67.	Рожик А. М. МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРАЦІВНИКІВ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧОГО ЧАСУ ТА ДОСТУПУ ДО ПРИМІЩЕННЯ		333
68.	В. М. Руснак, Н. Б. Стадник МЕТОДИ АДАПТИВНОГО ВИБОРУ ЕВРИСТИК ДЛЯ ЗАДАЧ ГІЛЬЙОТИННОГО РОЗКРОЮ		335
69.	П.В. Свінціцький, Н.М. Пановик, О.В. Доберчак, І.О. Боднарчук СУЧАСНА АРХІТЕКТУРА СТРІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ		336
70.	П.М. Семчишин АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ЗАСТОСУНКІВ		340
71.	С.О.Синишен МІКРО- ТА НАНОРОБОТИ: ТЕХНІЧНІ ВІДМІННОСТІ, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МРІ І GDI		342
72.	Я.Р. Сиротинський; А.М. Паламар, к.т.н., доц.; А.П. Шмігель КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ НА ОСНОВІ ІОТ ТЕХНОЛОГІЙ		343
73.	М. Смоляк СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ В АВТОМОБІЛЯХ		344
74.	А.А. Станько, С.М. Куриляк, Я.О. Тригуб АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ ТА МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ		347

75.	В.Стецько, М. Приймак, Р. Жаровський МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ РОБОТИЗОВАНОЇ ГАЗОНОКОСАРКИ	349
76.	Д.П. Стухляк, Д.М. Ярошук РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОЛОКНА ЗА ЗОБРАЖЕННЯМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ	351
77.	П.Д. Стухляк, А.О. Петров РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СКЛАДАННЯ КОНТАКТНОГО РОЗ'ЄМУ PIN HEADER	353
78.	О.І. Суховий ВИКОРИСТАННЯ АНСАМБЛЮ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОЗМІТКИ ДАНИХ ДЛЯ НАВЧАННЯ	355
79.	А. Такварелі, Ю. Лещишин ЗАСТОСУВАННЯ СЕНСОРНИХ БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВИРОБНИЦТВА І СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	357
80.	А.М.Фаберський СТЕГАНОГРАФІЯ ЗОБРАЖЕНЬ	358
81.	В.Я. Фриз, Р.Б. Трембач, В.В. Левицький АЛГОРИТМ СЦЕНАРНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПРИГОТУВАННЯ ПИВА	359
82.	С.Б. Фундитус ОПТИМІЗАЦІЯ СЕГМЕНТАЦІЇ КОРОЗІЙНИХ ЗОН НА ФЛАНЦЕВИХ З'ЄДНАННЯХ ТРУБОПРОВІДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДИФІКОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ U-NET З АДАПТИВНИМ МЕХАНІЗМОМ УВАГИ	361
83.	Г.П. Химич, О.М. Опашний, Р.І. Кондра ДОСЛІДЖЕННЯ ХВИЛЕВІДНИХ НВЧ СТРУКТУР З НЕОДНОРІДНОСТЯМИ У ХВИЛЕВОДАХ	362
84.	О.В. Цвірла, І. В. Мудрий, Н. С. Луцик ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИЯВЛЕННЯ ВРАЗЛИВИХ ХЕШ-СТРІЧОК У КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ	364
85.	І. М. Чепіль, В.Д. Тимошук МОДЕЛЬ НАДАННЯ МЕРЕЖЕВИХ СЕРВІСІВ У SDN З ПІДТРИМКОЮ BRING YOUR OWN CONTROL	365
86.	В.О. Чикета, В.Л. Дунець АДАПТИВНІ СТРАТЕГІЇ РУХУ В LiDAR-СИСТЕМІ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ БПЛА	367
87.	Т.О. Члек АДАПТИВНІ ФІЛЬТРИ ТА НЕЙРОМЕРЕЖІ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ КОРИСНОГО СИГНАЛУ З ШУМУ В РАДІОКАНАЛАХ	369
88.	Я.М. Чорний ПРИНЦИПИ РОБОТИ АЛГОРИТМУ PROOF OF RANK	370
89.	Р.І. Шмирко ТЕХНОЛОГІЯ Li-Fi: ПЕРЕДАЧА ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ СВІТЛА	373
90.	Д.А. Шупа НЕЙРОІНТЕРФЕЙСИ ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ	374

91.	Р.А. Якобчук, Ю.З.Лецишин МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ БЕЗПЛОТНИХ АПАРАТІВ		376
92.	Б.В. Яріш ВІРТУАЛЬНА, ДОПОВНЕНА ТА ЗМІШАНА РЕАЛЬНІСТЬ. СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ		378
93.	І.О Ярмош ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ 5G НА РОЗВИТОК ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (ІОТ)		379
94.	О.О. Ясінський; Г.І. Липак ПРОБЛЕМА РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТІ НАБОРІВ ДАНИХ У ТЕОРЕТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ СУЧАСНИХ КІБЕРЗАГРОЗ		381
95.	В.А. Яцишин, П.В. Налутка, О.В. Доберчак, І.О. Боднарчук СУЧАСНА АРХІТЕКТУРА СТРІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ		383
96.	О.В. Тотосько, к.т.н., доц.; М.В. Станкевич РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» З БІОМЕТРИЧНОЮ ІДЕНТИФІКАЦІЄЮ КОРИСТУВАЧІВ ТА УПРАВЛІННЯМ МІКРОКЛІМАТОМ		387
<u>СЕКЦІЯ 6</u> <u>ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ</u>			
1.	В.А. Герасименко, В.С. Ільченко, О.О. Бабич ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО ОСВІТЛЕННЯ		390
2.	В.А. Герасименко, В.В. Субота, В.І. Слюсарєв ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ		392
3.	В.Б. Жук ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ ТА ВДОСКОНАЛЕНІ ГЕОТЕРМАЛЬНІ СИСТЕМИ(EGS)		393
4.	М.М. Зінь, Ю.Б. Підгайний ПАРАМЕТРИ ГЕОМЕТРИЧНО ПОДІБНИХ ГІДРОТУРБІН НИЗЬКОНАПІРНИХ МАЛИХ ГЕС		395
5.	Т.Л.Киянчук АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ		397
6.	В.П. Коваль, О. І. Похилый ВІТРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА НОВИХ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ		399
7.	В.П. Коваль, А.З. Стасів, П.М. Зінь АКТУАЛЬНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ		401
8.	О. С. Кондратюк, М. Г. Тарасенко, К. М. Козак ВПЛИВ НЕСИМЕТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ 0,4 КВ ТА СУЧАСНІ МЕТОДИ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ		403
9.	Н.С. Лясковець, Я.М. Осадца ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ		405

10.	А.І. Маліновський АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ МІСТА В СУЧАСНИХ УМОВАХ		407
11.	А.Г.Микитишин, Д.Р.Максимів, В.І. Федчак ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ: КОНЦЕПЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ VENEFIT		409
12.	В.В. Миколишин, А.З. Стасів, Е.Р. Приймачук, І.М. Сисак АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ В ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ ТА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ		412
13.	М.С. Попович ЕЛЕКТРИЧНІ РЕАКТИВНІ (ІОННІ) ДВИГУНИ		415
14.	А.З. Стасів, В.В. Миколишин, Е.Р. Приймачук, І.М. Сисак НЕБЕЗПЕКА ПІДКЛЮЧЕННЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДО ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЧЕРЕЗ КАБЕЛЬ ТИПУ «ВИЛКА-ВИЛКА»		417
15.	Я.О. Філюк М.А. Ковтонюк СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ		420
16.	Р.І. Шинькар, Я.М. Осадца МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ		421
17.	О.С. Яцків ГІБРИДНІ І МЕРЕЖЕВІ СТАНЦІЇ ДЛЯ ПОБУТУ		423
18.	Н.І. Теслюк, А.Д. Головка, І.В. Чихіра РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА SIMENS		424
<u>СЕКЦІЯ 7</u> <u>ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ БІО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ</u>			
1.	В.І. Кравець, М.А. Стадницький, О.І. Кравець, М.М. Шинкарик КОНСТРУКЦІЯ ШНЕКОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЙНОЇ СУШАРКИ		427
2.	В.С. Несваволя БІОГЕНЕЗ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК ДРІЖДЖАМИ		428
3.	Р.В.Паперняк, М.М.Шинкарик, О.І. Кравець СУЧАСНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ		430
4.	М.А. Стадницький, В.І. Кравець, І.А. Савич, О.І. Кравець СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУШІННЯ		431
5.	С.І. Сторож, В.Г. Юкало ЕЛЕКТРОФОРЕЗ БІЛКІВ МАСЛЯНКИ		432
<u>СЕКЦІЯ 8</u> <u>ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ</u>			
1.	О.І. Boretska, L.B. Moroz BEYOND THE KEY CARD: HOW TECHNOLOGY IS TRANSFORMING THE GUEST EXPERIENCE		437

2.	Julia Mąkowska FRANCUSKA TEORIA WYDAJNOŚCI		439
3.	О. Бандура АНАЛІЗ ВИТРАТ НА ЯКІСТЬ У СИСТЕМІ УПРАВЛІНСЬКОГО ОБЛІКУ		449
4.	С. Баник АНАЛІЗ УПРАВЛІНСЬКОГО ОБЛІКУ У ПРОЦЕСІ ЦІНОУТВОРЕННЯ		451
5.	Д.М. Березовський, А. В. Богай РОЛЬ ВІЛЬНИХ ФІНАНСІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ (НА ПРИКЛАДІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ)		454
6.	І. Бідованець ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ БАР'ЄРИ РОЗВИТКУ ОСОБИСТОГО СТРАХУВАННЯ ЖИТТЯ В УКРАЇНІ		456
7.	В. Т. Бойчук РОЗШИРЕНИЙ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ІСТОРІЇ ПСИХОЛОГІЇ З ІНШИМИ НАУКАМИ		458
8.	Д. Бойчук ПСИХОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ		460
9.	О. С. Брошко, Н.С. Тимошик ФІНАНСОВІ МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОЇ ЕКОНОМІКИ		462
10.	А.Вацко, Н.С. Тимошик ЕТИЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ СТРАХУВАННЯ ВОЄННИХ РИЗИКІВ		463
11.	В.В. Вишньовський, С.П. Довгалик РОЛЬ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ У ПРОЦЕСІ РЕСОЦІАЛІЗАЦІЇ ВЕТЕРАНІВ БОЙОВИХ ДІЙ		465
12.	В.В. Вишньовський, М.Т. Заброцька ПРИЧИНИ ТА ПРОЯВИ СТРЕСУ Й ВИГОРАННЯ У ПРАЦІВНИКІВ СФЕРИ ОБСЛУГОВУВАННЯ		467
13.	В.В. Вишньовський, О.В. Кіт ПСИХОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНОГО ВИГОРАННЯ У МИТНИХ БРОКЕРІВ МІЖНАРОДНИХ КОМПАНІЙ		469
14.	В.В. Вишньовський, В.В. Липницький ЕМОЦІЙНЕ ВИГОРАННЯ ЯК ПРЕДИКТОР ПРОФЕСІЙНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ СПІВРОБІТНИКІВ ПОЛІЦІЇ		471
15.	В.В. Вишньовський, В.В. Мельник РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ ЯК КОМПОНЕНТ SOFT SKILLS СУЧАСНОГО МЕНЕДЖЕРА- КОНСУЛЬТАНТА		474
16.	В.В. Вишньовський, В.П. Салайдак МЕДІАРЕЛІГІЙНІСТЬ ЯК СТРАТЕГІЯ АДАПТАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО СТРЕСУ ВІЙНИ		476
17.	А.М. Воробець, В.С.Павлина, Л.Б. Артеменко LVIV CROISSANT ЯК ПРИКЛАД МАЛОГО БІЗНЕСУ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ		478

18.	А. М. Воробець, Л.Б. Артеменко БЛАКИТНИЙ ОКЕАН — СТРАТЕГІЯ МИСЛЕННЯ БЕЗ ОБМЕЖЕННЯ		480
19.	Б. Гловацький КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ		482
20.	В. В. Греськів, Н.С. Тимошик БЮДЖЕТНІ ІНСТРУМЕНТИ ПІДТРИМКИ ПРОЄКТІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ		485
21.	Р.В. Данищук ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЕТАПИ ОБРОБКИ Й ОПРИЛЮДНЕННЯ ФІНАНСОВОЇ ЗВІТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА		486
22.	Н.Л.Дем'янчик, Н.С.Тимошик РОЛЬ ІННОВАЦІЙ ТА ВИСОКИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФОРМУВАННІ СТАЛИХ МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ		488
23.	О.Р. Жуков СУТНІСТЬ І РОЛЬ ПОДАТКОВОЇ ЗВІТНОСТІ В ДІЯЛЬНОСТІ СУБ'ЄКТІВ МАЛОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА		489
24.	А. Змієвський ІНВЕСТИЦІЇ ДОМОГОСПОДАРСТВ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ		491
25.	В.Д. Ковальчук ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДИКА ОБЛІКУ ВИТРАТ НА ОПЛАТУ ПРАЦІ В УМОВАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ		493
26.	Т.М.Корінь, М.Ф.Зяйлик ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ ЦЕНТРУ НАДАННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПОСЛУГ ОБОЛОНСЬКОЇ РАЙОННОЇ В МІСТІ КИЄВІ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ		495
27.	Д.О.Козаченко МЕТОДИ КАЛЬКУЛЮВАННЯ СОБІВАРТОСТІ ТА АНАЛІЗ ОБЛІКУ ВИТРАТ		497
28.	І.В. Котовська, к.е.н., Ю.О. Котовська ТРАНСФОРМАЦІЙНЕ ЛІДЕРСТВО ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ КОРПОРАТИВНОЇ КУЛЬТУРИ		499
29.	А.А. Криськов, В.В. Яцишин, Д.Р. Баран МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ БІБЛІОТЕЧНИХ ТА АРХІВНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ		501
30.	К.М. Куценко «ТЕМНА ДІАДА» ОСОБИСТОСТІ: КОРЕЛЯЦІЯ ТА ПРОЯВИ АВТОРИТАРНОСТІ Й МАКІАВЕЛІЗМУ В СУСПІЛЬСТВІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ		504
31.	В.Б. Кушнір ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ ФІНАНСИ (DEFI): ВПЛИВ НА ФІНАНСОВУ СТАБІЛЬНІСТЬ ТА РОЛЬ МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ ВІДНОСИН		506
32.	В. Луців ПСИХОЛОГІЧНА КОРЕКЦІЯ ТРИВОЖНОСТІ ДОРОСЛИХ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ МЕТОДАМИ АРТТЕРАПІЇ		508
33.	Л. Любінський ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИРОБНИЦТВО РЕКЛАМНОГО КОНТЕНТУ		510

34.	А. Р. Максимюк, Л. М. Мельник ЕФЕКТИВНІ ПРАКТИКИ МІНІМІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ У ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ ЗАКЛАДАХ	512
35.	Л.Я. Малюта, О.І. Малюта ЗЕЛЕНА ЛОГІСТИКА ЯК РУШІЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ІНДУСТРІЇ 5.0	513
36.	Ю. Мандзюк, І. Піняк СУТНІСТЬ МАРКЕТИНГОВОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА В КОНТЕКСТІ КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ДО УПРАВЛІННЯ РИНКОВОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ	515
37.	М.О.Мареняк, Зяйлик М.Ф УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ КНП «КИЇВСЬКИЙ МІСЬКИЙ КЛІНІЧНИЙ ОНКОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР»	517
38.	М.О.Мареняк, Зяйлик М.Ф. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРАЦІ МЕДИЧНОГО ПЕРСОНАЛУ КНП «КМКОЦ»	520
39.	М.Ю. Мартинюк РОЗРОБЛЕННЯ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОЇ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ В УМОВАХ ЗРОСТАЮЧОЇ КОНКУРЕНЦІЇ	522
40.	В.Молоток, О. Бурліцька ПРИНЦИПИ ІНКЛЮЗИВНОСТІ В МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЯХ	524
41.	Б. А. Оксентюк, І.В. Романів РОЗВИТОК РИНКУ ТУРИСТИЧНИХ ПОСЛУГ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ	526
42.	Б.А. Оксентюк, П.П. Трінька ФОРМУВАННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ ПОЛІТИКИ ПІДПРИЄМСТВА	528
43.	Б.А. Оксентюк, М.Б. Цебринський ПЛАНУВАННЯ МАРКЕТИНГУ НА ПІДПРИЄМСТВІ	530
44.	Ю. Орішко, І. Піняк СУТНІСТЬ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ В МАРКЕТИНГОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	532
45.	О.М. Павлик ЯКОГО КОЛЬОРУ ВАША КОМПАНІЯ?	534
46.	Д.В. Пальчак, Н.І Синькевич АНАЛІЗ ЛІКВІДНОСТІ ТА ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ЯК СКЛАДОВА ФІНАНСОВОЇ СТАБІЛЬНОСТІ	535
47.	Д.Р. Пасічник ВИДАТНІ НАУКОВІ ВІДКРИТТЯ У XVI - XIX СТОЛІТТІ ТА ПРОЦЕС ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ НАУКИ	537
48.	А. Петрик, Н.С. Тимошик РОЛЬ І ПОТЕНЦІАЛ ВІТЧИЗНЯНОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА У РОЗВИТКУ ЕКОНОМІЧНО СТІЙКОЇ ДЕРЖАВИ	539
49.	О.Т. Радецька, О.М. Владимир ВОЛОНТЕРСТВО ТА СОЦІАЛЬНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ БІЗНЕСУ	541
50.	І.Р. Романська СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРІШЕННЯ ТРУДОВИХ КОНФЛІКТІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ	543

51.	В. Савченко, І. Піняк СПЕЦИФІКА ФОРМУВАННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ В УКРАЇНСЬКИХ УМОВАХ	545
52.	А. Саламон ЗМІСТ ТА ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ	547
53.	Н. Синькевич, Г. Христина АНАЛІЗ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	549
54.	О.В. Славута, Л.Я. Малюта ПЕРЕВАГИ ІНТЕРМОДАЛЬНОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ СТІЙКОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ	552
55.	О.А. Собко, І.Г. Химич МАЙНОВИЙ СТАН ТОВ «ПІВОВАРНЯ «ОПІЛЛЯ» ЯК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНЯ ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ	554
56.	Ю. Сороцький ОСОБЛИВОСТІ МАРКЕТИНГУ В СФЕРІ ОПТОВОЇ ТА РОЗДРІБНОЇ ТОРГІВЛІ	556
57.	С.М. Співак, Ю.А. Муравель ОСОБЛИВОСТІ ОБЛІКУ ГРОШОВИХ КОШТІВ НЕКОМЕРЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА	558
58.	С.М. Співак, Г.І. Фойт ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗВІТНОСТІ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ДЕРЖАВНОГО СЕКТОРА	560
59.	Х. Трач, Г. Ціх СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	563
60.	Т.А.Трут ІНВЕСТИЦІЙНА МОДЕЛЬ ПЕНСІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ ДЕРЖАВИ	565
61.	В.А.Фалович, В.Ю.Башняк МАРКЕТИНГ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ПІДПРИЄМСТВА	566
62.	В.А.Фалович, Б.З. Весна СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПОЛІТИКИ ПРОСУВАННЯ ТОВАРІВ У СИСТЕМІ МАРКЕТИНГУ ПІДПРИЄМСТВА	568
63.	А.А. Федорук, Л. Я. Малюта ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ BIG DATA ТА ІоТ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ	571
64.	Х. Федчик ВИДИ ТА МЕТОДИ ФІНАНСОВОГО АНАЛІЗУ В СУЧАСНІЙ ЕКОНОМІЦІ	573
65.	В.П. Ференц, І.Г. Химич ОЦІНКА ФІНАНСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СГ ТОВ «ДОБРОБУТ» ЯК ОСНОВА ЇЇОГО СТІЙКОСТІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	575
66.	В.Філінська, О. Бурліцька РОЛЬ РЕКЛАМИ У ФОРМУВАННІ СОЦІАЛЬНИХ ЦІННОСТЕЙ	577
67.	Я. Швирида КРИПТОВАЛЮТИ В ЕКОНОМІЦІ УКРАЇНИ: РИЗИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	580

68.	Ю. Шеляк, О. Бурліцька КЛЮЧОВІ ДЕТЕРМІНАНТИ ВИБОРУ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ		581
69.	С. Шоломейчук СУТНІСТЬ, СТРУКТУРА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ АКТИВІВ		583
70.	Л. В. Шпак, І. П. Вовк ВДОСКОНАЛЕННЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ ГОТЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА		585
71.	І. Юречко ФІНАНСУВАННЯ ДЕФІЦИТУ ДЕРЖАВНОГО БЮДЖЕТУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ		587
72.	С. П. Янів ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З. ФРОЙДА, ОКРІМ ПСИХОАНАЛІЗУ		588
73.	Л. Я. Малюта, Х. М. Марущак ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ		591

СЕКЦІЯ 1

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 539.1.04

В.С. Мочарський, к.т.н.; Д.В. Фафруник; Н.В. Стрілець; Ю.С. Теслюк;

Я.В. Ржешовський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МОНІТОРИНГ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА ТЕРНОПОЛЯ У 2025 РОЦІ

V.S. Mocharskyi, Ph.D.; D.V. Fafrunyk; N.V. Strilets; Yu. S. Tesliuk;

Ya.V. Rzheshovskyi

BACKGROUND RADIATION MONITORING OF THE TERNOPIL CITY CENTRAL PART IN 2025

Радіаційний фон – показник стану навколишнього середовища, який є важливим для здоров'я людини. Підвищений фон може викликати різноманітні захворювання, в першу чергу – онкологічні та різноманітні генетичні мутації. Високі показники радіаційного фону можуть спричиняти променеву хворобу. Тому важливим є радіаційний моніторинг територій постійного проживання населення. Особливо це актуально в Україні після Чорнобильської катастрофи, яка спричинила забруднення великої кількості міст і сіл радіонуклідами.

В даній роботі проведено моніторинг радіаційного фону центральної частини міста Тернополя. Вимірювання проводилось з 7 жовтня по 27 жовтня 2025 року. Центральну частину міста Тернополя було поділено на 187 квадратів розміром 100×100м, в центрі кожного квадрату проводились заміри гамма-випромінювання за допомогою двох радіометрів - АНРІ-01-02 “СОСНА” та РКС-20.03 “Прип'ять”. Також було проведено вимірювання гамма-випромінювання окремих пам'ятників, які знаходяться в центральній частині Тернополя. Після цього побудовано кольоровий графік радіаційного фону та накладено його на карту Тернополя, окремо зазначено пам'ятники і їхній фон, а також позначено основні перехрестя міста, які пропускають велику кількість автомобільного транспорту.

Аналіз отриманих результатів показав, що в загальному центральна частина міста Тернополя є радіаційно чистою, і фон знаходиться нижче гранично допустимих значень (<30мкР/год). Тільки в одному квадраті було помічено невелике підвищення гамма-випромінювання (33 мкР/год) при вимірюванні за допомогою радіометра “Прип'ять”, в той же час радіометр “СОСНА” показав в цьому квадраті значення норми. Дана точка вимірювання знаходилася в ділянці щільної забудови, де відсутні вітри, а також неподалік проходить автомобільна дорога з дуже жвавим рухом та залізнична колія. Пам'ятники показали підвищений рівень гамма-випромінювання. Оскільки вони облицьовані плитами, які виготовлені з природного граніту, то для такого виду пам'ятників це типово. Природний граніт містить радіонукліди, які і викликають підвищений фон. В той же час штучний граніт, яким облицьовують будинки, не містить радіонуклідів і не спричиняє підвищення радіаційного фону.

Аналіз розподілу радіаційного фону показав чітку кореляцію між гамма-випромінюванням і перехрестями доріг. Це свідчить про те, що основним радіаційним забруднювачем в місті Тернопіль є автомобільний транспорт. Також на значення гамма-випромінювання впливає рельєф і щільність забудови. В точках міста з пониженим рельєфом спостерігається підвищення радіаційного фону.

СЕКЦІЯ 2
НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ
КОНСТРУКЦІЙ

УДК 536.6:691.175

В.П. Бобик, Я.О.Ковальчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ СФЕРОЛІТУ

Ya.O.Kovalchuk, V.P.Bobyk

**METHODOLOGY FOR DETERMINING THE THERMAL CONDUCTIVITY
COEFFICIENT OF SPHERULITE**

Серед сучасних теплоізоляційних матеріалів сфероліт відзначається низькою густиною, екологічною безпечністю та високими енергозберігаючими властивостями [1]. У світлопрозорих конструкціях (склопакетах) сфероліт доцільно використовувати як наповнювач пластику для виготовлення теплих дистанційних рамок [2]. Це відкриває перспективи для створення енергоощадних теплоізоляційних матеріалів нового покоління.

Метою роботи є проектування установки і розроблення методики для визначення теплопровідності сфероліту і композиту на його основі при стаціонарному тепловому режимі відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-105-2000 [2].

Експериментальна установка працює за методом плоскої пластини. Вона складається з металевої оболонки, теплоізоляційного кожуха, рідинного охолоджувача, контактних плит, термодавачів, нагрівника та системи цифрового контролю температури (рис.1).



Рисунок 1. Експериментальна установка для визначення коефіцієнта теплопровідності (метод плоскої пластини)

Готували зразки з нанесенням сфероліту і композиту на його основі на спеціально підготовлений елемент двокамерного склопакету. Зразки встановлювали між контактними плитами, через які проходить тепловий потік знизу вгору. Це дає можливість

моделювати умови, наближені до реальної експлуатації світлопрозорих огорожувальних конструкцій.

Перед вимірюванням зразки висушують до постійної маси, визначали їх геометричні розміри, густину та вологість. Після цього зразки поміщали в установку, вмикали нагрівник і фіксували температури верхнього та нижнього термодавачів до досягнення стаціонарного теплового потоку.

Коефіцієнт теплопровідності матеріалів (λ) визначали за формулою:

$$\lambda = \frac{q \cdot \delta}{t_{si} - t_{se}}, (1)$$

де q — густина теплового потоку, δ — товщина зразка, t_{si} , t_{se} — температури внутрішньої та зовнішньої поверхонь.

Термічний опір матеріалу (R) обчислювали за формулою:

$$R = \frac{d}{\lambda}, (2)$$

де R — термічний опір матеріалу, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ (або $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$),

d — товщина матеріалу, м ,

λ — коефіцієнт теплопровідності матеріалу ($\text{Вт} / \text{м} \cdot ^\circ\text{C}$) [3].

Розроблена експериментальна установка і методика відзначаються високою точністю, відтворюваністю результатів і може бути використана для оцінки ефективності інших композиційних теплоізоляційних матеріалів у будівельній теплотехніці.

Література

1. V. Bobyk, H. Kramar Features of increasing the energy efficiency of buildings and transparent fencing structures / *Scientific Journal of TNTU*. Tern.: TNTU, 2024. Vol 115. No 3. — P. 44–53.
2. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99) / Держ-буд України. Київ, 2001. URL: https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY/dsty_b_v.2.7-105-2000.pdf
3. БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА: навчально-методичний посібник до практичних занять і самостійної роботи (для студентів усіх форм навчання будівельних спеціальностей) / укл. В. А. Маляренко, О. М. Герасимова, О. І. Малєєв. Харків: ХНАМГ, 2007. 99 с. URL: <https://core.ac.uk/reader/11314464>.

КОНСТРУКТИВНІ ЗМІНИ У ВІДЦЕНТРОВІЙ МАШИНІ ДЛЯ ОБРУШУВАННЯ НАСІННЯ ОЛІЙНОГО СОНЯШНИКА

I.M Danchuk; I.V. Buryak; N. I. Khomyk, Ph.D., Assoc. Prof

DESIGN CHANGES IN THE CENTRIFUGAL MACHINE FOR CRUSHING OIL SUNFLOWER SEEDS

Добування олії з соняшникового насіння виконують користуючись загальною технологічною схемою, уточнюючи її під конкретні умови та враховуючи принцип дії та потужності використовуваного обладнання, особливо важливим у цьому є спосіб відділення – обрушення плодових оболонок від ядра, з якого витягують олію. Найякісніше це виконують відцентрові обрушувальні машини, наприклад А1-МРЦ (рис. 1), принцип роботи яких побудований на одноразовому направленому ударі (по довгій осі насіння), що відбувається у відцентровому полі.

Відцентрова обрушувальна машина виконує перше з двох головних завдань згідно технологічної схеми переробних цехів – підготовку сировини на переробку; друге – відтиснення олії з підготовленої сировини, яке виконують шнековим пресом або експелерним агрегатом та ін. Для виробництва соняшникової олії допускається вміст плодових оболонок у ядрі до 6...7%, для приготування халви – до 1%. У кондитерському виробництві не використовують подрібнені ядра соняшника, бо у них знижені технологічні властивості, що призводить до браку при виготовленні продукції.

Враховуючи відзначене в результаті аналізу, робимо висновок, що покращити якість переробки насіння соняшника в олію, можна конструкторським удосконаленням відцентрової обрушувальної машини, у яких основний робочий орган – циліндричний ротор з нарізаними каналами (рис. 1), який обертається на встановленій вертикальній осі, та працює він у парі з декою, яка не рухається. Барабан обертається внаслідок дії на нього відцентрових сил, для обрушування насіння його засипають у центральну частину барабана, звідки воно починає рухатися каналом, поступово набираючи швидкість і на виході з ротора вилітає і вдаряється об деку. Насінини руйнується, плодові оболонки відпадають від ядер завдяки одноразовому удару до деки. Щоб запобігти скупчуванню насіння у каналах, чи їх не надходженню у них, канали виконують такими, щоб насінини соняшника рухалися у них вздовж довшої осі, створюючи таким чином якнайменше зусилля для руйнування оболонок. Зменшити кількість недорученого насіння можна усунувши його переміщення у каналах боком і згодом недостатність одноразового удару об деку для руйнування оболонок, трапляється що насіння не долітає до деки, усе це сприяє накопиченню у рушанці, а згодом і в побічному продукті – луззі значної частини нелущеного насіння, а це втрати по кінцевому продукту – олії.

Аналізуючи конструкцію та принцип дії відцентрової насіннерушки можна її удосконалити при застосуванні таких прийомів підготовки насіння, як калібрування його на фракції за масою та окремого обрушування кожної з них; попереднього підсушування насіння до вологості 3...5%, чим створюються умови для якісного розколювання плодових оболонок насіння завдяки їх крихкості, ядро буде неушкодженим. Інший важливий фактор – конструктивне вдосконалення насіннерушки, а саме: довша вісь насінин має бути орієнтована паралельно напрямку їх польоту у каналах ротора; площина деки, до якої вдаряються насінини має бути перпендикулярна напрямку польоту насінин і їх довшій осі; насінини повинні вдарятися до деки гострим чи тупим кінцем, але не боком; кожна насінина має вдарятися до деки окремо, прямуючи – одна за одною; насінини мають уникати частинок рушанки на деці, тому її одразу видаляють з деки після удару,

звільняючи місце для наступної насінини що летить для удару. Виконання цих умов можна досягнути встановивши ротор із напрямними каналами (рис. 2) з отворами для насіння, площа перерізу яких $0,8...0,9\text{см}^2$, тобто менша ніж у серійній моделі машини. Розраховано кількість каналів у диску – 50 штук, діаметр диска – 500мм, діаметр отворів – 10мм, відстань між ними на вході і виході різна, тому виникає коріолісове прискорення, яке покращує процес відділення. На роторі між каналами встановлюють лопаті, щоб відводити рушанку.

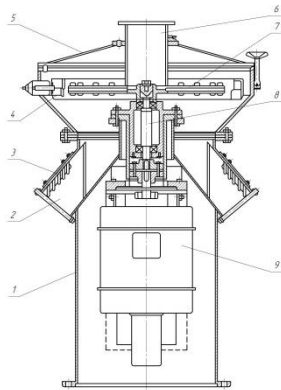


Рисунок 1

- 1 – живильник;
- 2 – обрушувальний механізм;
- 3 – випускні патрубки;
- 4 – привод барабану;
- 5 – циліндричний корпус;
- 6 – дека.

Продуктивність обрушувальної машини А1-МРЦ при виробленні ядра соняшника до 200т/добу.

Вміст у рушанці з насіння високоолійного соняшника цілого і недорученого насіння не вище 25%, олійного пилу не більше 10%, січки не більше 15%.

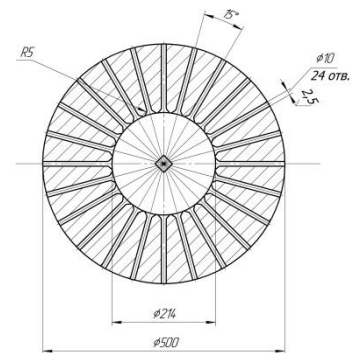


Рисунок 2

Висновок. Конструктивне вдосконалення насіннерушальної машини досягнуто зміною конструкції відцентрового ротора і положення деки до руху насінин, що сприяє якісному відділенню плодкових оболонок від ядра і кінцево більшому виходу олії.

Література

1. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А., Довбуш А.Д. Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану складних конструктивних систем з довільним зовнішнім навантаженням. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 158. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»*. Харків: ФО-П Дуюнова Т.В., 2015. С.44–50.
3. Хомик Н.І. Механізація зберігання сільськогосподарської продукції: методичні вказівки до виконання практичних робіт. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 60 с
4. Хомик Н.І., Ткаченко І.Г., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник до курсового проектування для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 100 с.
5. Хомик Н.І., Олексюк В.П., Цюнь О.П. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції. Навчальний посібник. Курс лекцій. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288 с.
6. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) /Н.І. Хомик, Г.Б. Цюнь, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
- 7.Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
8. Хомик Н.І., Цюнь Г.Б., Довбуш Т.А. Навчальна практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 140 с.

9. Чурсінов Ю.А. Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах / Ю.А. Чурсінов, О.С. Ковальова, В.С. Калина, Г.О. Пилипенко, Н.І.Хомик, Ch. Lehmann // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання, ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В.М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 1. С.93-107.

10. Tchoursinov Yuriy. Phyto-feed additives production: technological aspects and biological value. / Yuriy Tchoursinov, Olena Kovaliova, Viktoriia Kalyna, Svitlana Mykolenko, Nadiia Khomuk /Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, Vol. XXIV, No. 2, 2020, P.43-48.

11. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii. Study of the work of the grinder in different types of meat cropping. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2023. Vol 111. No 3. P. 76-83.

УДК 631.41:678

Т. А. Довбуш к.т.н., доцент; А. Д. Довбуш; М. В. Прокіпчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

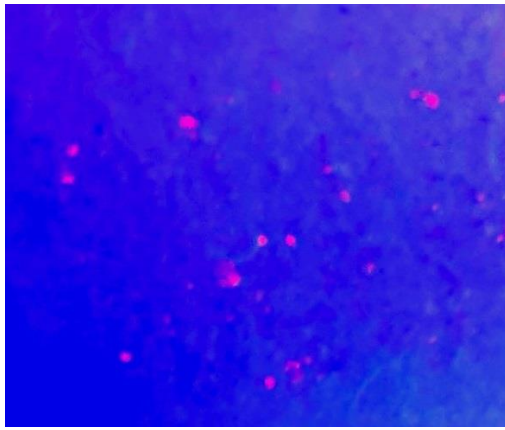
ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ У СУЧАСНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ У ФОРМУВАННЯ МІКРОПЛАСТИКОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

T. A. Dovbush, Ph.D.; A. D. Dovbush; M. V. Prokipchuk

POLYMERIC MATERIALS IN MODERN AGRICULTURE AND THEIR INFLUENCE ON THE FORMATION OF MICROPLASTIC SOIL POLLUTION

Пластмаси, які стали масово застосовуватись у другій половині ХХ століття, нині є основою технологічного оснащення сільського господарства. Вони використовуються у виготовленні баків обприскувачів, трубопроводів, тари для агрохімікатів, мульчувальних плівок, систем поливу та елементів обладнання. Водночас стійкість полімерних матеріалів до розкладу та їх поступове руйнування під дією ультрафіолету, агрохімікатів і механічних навантажень призводять до утворення мікропластикових та нанопластикових фрагментів. Ці частинки, потрапляючи в ґрунт, акумулюються протягом десятиліть і здатні взаємодіяти з токсичними органічними та неорганічними сполуками, утворюючи стійкі комплексні забруднювачі. В аграрних регіонах концентрація мікропластику у ґрунтах зростає через активне використання пластикових баків для обприскувачів, неправильно утилізовану тару від пестицидів, стирання полімерних деталей та використання добрив із полімерними капсулами.

Сучасне аграрне виробництво критично залежить від широкого спектра полімерних матеріалів, які забезпечують високу технологічність процесів, однак одночасно є джерелом тривалого мікропластикового забруднення ґрунтів (рисунок 1).



а)

б)

Рисунок 1. Виявлений мікропластик розміром 0,1-0,5 мм у ґрунті (а),
та у воді (б)

Механічне стирання, ультрафіолетова деградація, вплив агрохімікатів і природних факторів призводять до інтенсивного фрагментування полімерних матеріалів та утворення мікро- і нанопластикових частинок. Накопичення таких частинок у ґрунті має кумулятивний характер, оскільки полімери характеризуються високою хімічною стійкістю та надзвичайно повільними темпами біодеградації. У результаті вони можуть залишатися в ґрунтовому середовищі десятиліттями, змінюючи його фізико-хімічні властивості, структуру, пористість і водоутримувальну здатність. Такі зміни впливають на мікробні спільноти, ґрунтових безхребетних та біологічні процеси, що безпосередньо визначають родючість та екологічну стійкість агроєкосистем. Таким чином, полімерні матеріали, які свого часу значно підвищили ефективність агровиробництва, перетворилися на вагомий чинник екологічного ризику. Це зумовлює необхідність перегляду існуючих технологічних підходів, удосконалення систем утилізації та переходу до більш екологічно безпечних матеріалів і практик

Література

1. Мартинюк В. В. Виявлення мікропластику в середовищі при сільськогосподарській діяльності / В. В. Мартинюк, Євген Богданович Береженко, Надія Ігорівна Хомик // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. — С. 328. — (Фундаментальні проблеми харчових, біо-та нанотехнологій).
2. Довбуш Т.А. Гевко Р.Б., Хомик Н.І. Спосіб авіаційної хімічної обробки рослин з використанням дронів-обприскувачів. Матеріали V-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу – 2019», випуск 5. – Херсон: ХНТУ, 2019. - С. 40-41.
3. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т.А. Навчальна практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 140 с.
4. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.
5. Хомик Н.І. та ін. Вступ до фаху: навчальний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, І. Й. Блозва, А. Д. Довбуш. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. 348 с.
6. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А. Ознайомча практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 80 с.

7. Хомик, Н. І., Мартинюк, В. В., Бабій, А. В., Цьонь, Г. Б., Довбуш, Т. А., & Довбуш, А. Д. (2025). Агрозахист: навчальний посібник. Тернопіль :ФОП Паляниця В.А., 2025. 520 с.
8. Martyniuk, V., Gylytė, B., Matskiv, T., Khoma, V., Tulaidan, H., Gnatyshyna, L., Orlova-Hudim, K., Manusadžianas, L., & Stoliar, O. (2022). Stress responses of bivalve mollusc *Unio tumidus* from two areas to ibuprofen, microplastic and their mixture. *Ecotoxicology*, 31(9), 1369–1381.
9. Martyniuk, V. V. (2022). Accumulation of microplastics in the bivalve mollusc *Unio tumidus* under experimental and field exposures. *Біологічні студії/Studia Biologica*, 16(4), 33-44.
10. Martyniuk, V., Khoma, V., Matskiv, T., Yunko, K., Gnatyshyna, L., Stoliar, O., & Faggio, C. (2023). Combined effect of microplastic, salinomycin and heating on *Unio tumidus*. *Environmental toxicology and pharmacology*, 98, 104068.
11. Tson, H., Dovbush, T., Martyniuk, V., Khomyk, N., Stashkiv, M., & Dovbush, A. (2025). Development of highly productive technological schemes for the use of agrodrones for plant protection. *Вісник Тернопільського національного технічного університету*, 118(2), 66-78.

УДК 531.374

В.Р. Паньків, к.т.н., доц., Б.О. Козак

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україн

ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ТРУБ

V. Pankiv Ph.D, B. Kozak

FEATURES OF WELDING THIN-WALLED PIPES

Тонкостінні труби використовуються в різних галузях, включаючи будівництво, машинобудування, енергетичну промисловість та виробництво трубопроводів. Такий процес зварювання вимагає від зварювальника високої кваліфікації, тому що помилки у з'єднанні можуть призвести до порушення міцності та довговічності конструкції.

Під час зварювання тонкостінних труб необхідно враховувати кілька важливих факторів [1]:

- ризик перегріву, що може спричинити деформації стінок, утворення тріщин або втрати міцності зварного шва;
- утворення зварювальних бризів, які можуть зіпсувати шов і призвести до браку;
- міцність з'єднань необхідна для забезпечення міцних та герметичних з'єднань, які можуть витримувати значні експлуатаційні навантаження.

Існує кілька методів, які можуть бути використані при зварюванні тонкостінних труб. Кожен з них має свої переваги та підходить для конкретних умов [2].

Аргонодугове зварювання. Даний метод використовується для зварювання нержавіючих та алюмінієвих труб. У процесі зварювання використовується вольфрамовий електрод, що не плавиться, і захисний газ (аргон), що забезпечує точність роботи і чистоту зварного шва.

Даний метод дозволяє контролювати подачу тепла, що мінімізує ризик перегріву та деформації тонких труб.

Зварювання серед захисного газу. Цей метод може використовуватися як для зварювання сталевих, так і для зварювання нержавіючих труб.

Перевага цього виду зварювання полягає у високій швидкості роботи та малих зусиллях, необхідних для управління процесом, що робить економічно вигідним для масового виробництва.

Ручне дугове зварювання може застосовуватися для зварювання тонкостінних труб, особливо у випадках, коли необхідно працювати в обмежених просторах. Однак цей метод вимагає високої кваліфікації зварювальника, так як правильне налаштування струму та кута зварювання є важливим для отримання якісного шва.

Аргонодугове зварювання має кілька значних переваг при зварюванні тонкостінних труб [3]

1. Висока точність. Зварювання з використанням аргону дозволяє зварювальнику точно контролювати процес та мінімізувати деформацію матеріалу.

2. Чистота шва. Процес зварювання в захисному газі запобігає попаданню сторонніх частинок у зварювальну ванну, що гарантує високу якість шва без забруднень.

3. Мінімальна утворення бризів. На відміну від інших методів зварювання, аргонодугове зварювання мінімізує кількість зварювальних бризів, що особливо важливо при роботі з тонкими трубами.

Для якісного виконання зварювання тонкостінних труб використовується спеціалізоване обладнання, яке має відповідати особливостям матеріалів та точності роботи.

Зварювальні апарати з регульованою потужністю.

Для зварювання тонкостінних труб важливим є точне налаштування зварювального апарату, щоб забезпечити стабільний струм і мінімізувати перегрів;

Трубоукладачі та фіксатори.

Для утримання труб у потрібному положенні під час зварювання застосовуються спеціальні пристрої. Це дозволяє точно вирівняти труби та запобігти їх деформації під час роботи.

Захисні пристрої та аксесуари.

Для забезпечення безпечної роботи зварювальника застосовуються захисні екрани, рукавички та спеціальні пристрої для захисту від перегріву.

Для забезпечення якісного з'єднання при зварюванні тонкостінних труб важливо дотримуватися кількох рекомендацій.

Правильна підготовка труб.

Перед зварюванням необхідно ретельно очистити поверхню труб від забруднень, іржі та мастил. Це допоможе уникнути дефектів зварного шва.

Вибір правильного методу зварювання.

Для різних типів труб важливо вибирати відповідний метод зварювання.

Контроль за подачею струму.

Високий струм може призвести до перегріву та деформації труб. Важливо налаштувати параметри апарата для мінімізації цих ризиків.

Контроль за швидкістю зварювання.

Висока швидкість зварювання може призвести до недостатнього проникнення шва, а надто низька – до перегріву. Потрібно дотримуватися оптимального темпу роботи.

Зварювання тонкостінних труб вимагає високої кваліфікації зварювальника, точності в налаштуваннях обладнання та дотримання технологічних процесів. Використання правильного методу зварювання та обладнання забезпечить якісні з'єднання, які зможуть витримувати експлуатаційні навантаження та зберігати свою довговічність.

За допомогою сучасних технологій та методів зварювання можна гарантувати міцність та герметичність трубопровідних систем та конструкцій, виконаних з тонкостінних труб.

Література

1. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення». Вид. Тернопільського нац. технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 254 с.

2. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва». Вид. Тернопільського національного технічного ун-ту. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 58 с.

3. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 66 с.

УДК 624.012.25

О. Конончук, канд. техн. наук, доцент, О. Біляшевич, Д. Євпак, В. Чертов
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЗБІРНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ПІСЛЯ ДЕМОНТАЖУ НАДПІДВАЛЬНОГО ПЕРЕКРИТТЯ

A. Kononchuk, Ph.D., Assoc. Prof., O. Bilyashevich, D. Yevpak, V. Chertov
**STRESS-DEFORMED STATE OF PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE
FRAME AFTER DISMANTLING THE FLOOR**

Дослідженню підлягала одноповерхова будівля сільськогосподарського призначення з підвалом та без горища, прямокутної форми в плані, що не експлуатувалась. Будівля корівника з'єднана із сусідніми будівлями одноповерховими прибудовами, що містять наскрізні проходи. Будівля корівника містить окремий заїзд в підвальне приміщення, що використовувалось для накопичення гною.

Конструктивна схема будівлі – жорстка, повний збірний залізобетонний каркас. Просторова жорсткість будівлі забезпечується жорстким защемленням несучих збірних залізобетонних колон у фундаментах, горизонтальними дисками залізобетонних перекриття і покриття, вертикальними дисками поздовжніх монолітних залізобетонних стін підвального поверху, вертикальними дисками поперечних цегляних стін.

В подальшому заплановано виконати реконструкцію будівлі корівника під пташник. Для цього, необхідно виконати демонтаж надпідвального збірного залізобетонного перекриття з метою використання внутрішнього простору на всю висоту. Щоб спрогнозувати стійкість збірного залізобетонного каркасу після демонтажу перекриття, необхідно провести моделювання його роботи. У якості розрахункової програми було використано ПК ЛИРА-САПР 2016 R5. Для розрахунку обрано п'ять прольотів центральної частини будівлі корівника, щоб мінімізувати вплив защемлення вертикальної стіни підвалу в поперечних торцевих стінах (див. рис. 1).

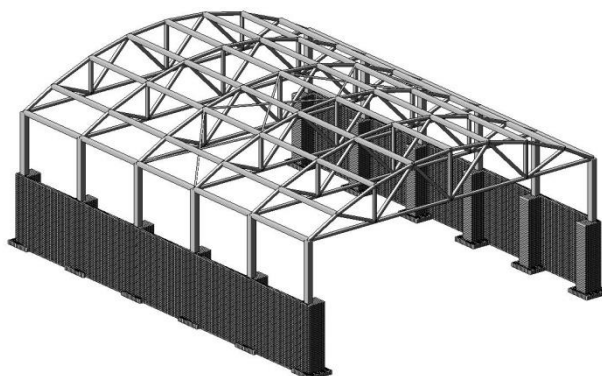


Рисунок 1. Розрахункова модель збірно-монолітного каркасу будівлі корівника

В розрахунку за умову забезпечення стійкості стіни підвалу будівлі корівника під дією бокового тиску ґрунту було прийнято чотири критерії:

- тиск ґрунту під підшвою фундаменту на найбільш завантаженій грані не повинен перевищувати $1,2 \cdot R_0 = 1,2 \cdot 250 \text{ МПа} = 300 \text{ МПа}$ (для суглинків з коефіцієнтом пористості $e=0,7$) відповідно до [1];
- тиск ґрунту під підшвою фундаменту на найменш завантаженій грані не повинен бути меншим за «нуль» (підшва не повинна відриватись від основи) відповідно до [1];
- середній тиск ґрунту під підшвою фундаменту не повинен перевищувати $R_0 = 250 \text{ МПа}$ (для суглинків з коефіцієнтом пористості $e=0,7$) відповідно до [1];
- відхилення від вертикалі верхньої грані монолітної залізобетонної стіни підвалу не повинно перевищувати $l/200 = 5600/200 = 28 \text{ мм}$ відповідно до [2] та [3].

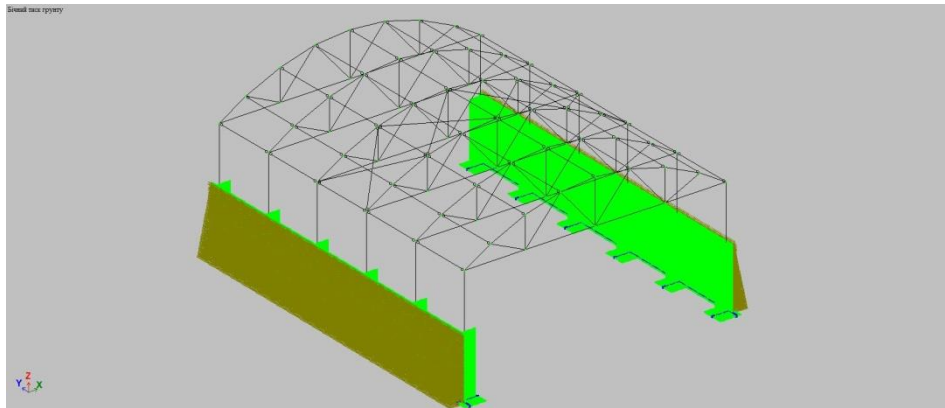


Рисунок 2. Схема прикладання бокового тиску ґрунту на стіни підвалу будівлі корівника

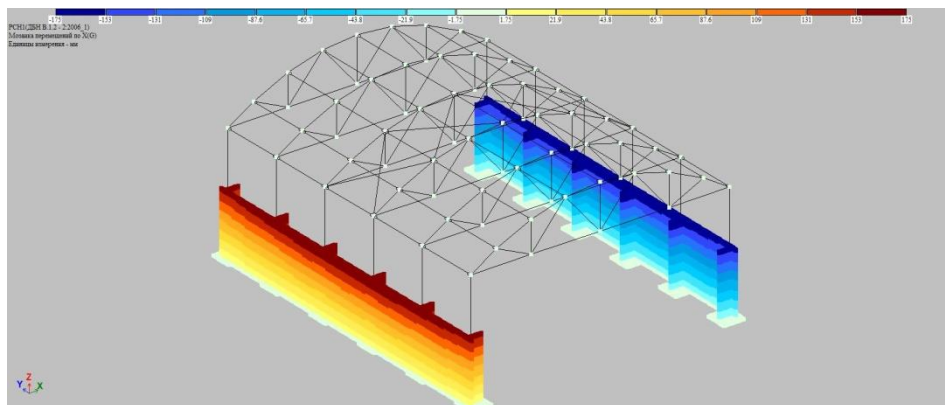


Рисунок 3. Мозаїка переміщень по осі X під дією бокового тиску ґрунту стін підвалу будівлі корівника

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що повністю демонтувати надпідвальне перекриття можна лише у випадку пониження рівня ґрунту на 2,74 м, за умови забезпечення сумісної роботи збірної залізобетонної колони 1-го поверху та монолітного залізобетонного стакану підвального поверху, в який вона замонолічена на 1,0 м. Якщо сумісна робота монолітного залізобетонного стакану підвального поверху та збірної залізобетонної колони 1-го поверху не буде забезпечена, то рівень ґрунту потрібно понизити на 3,11 м.

Література

1. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення.
2. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі Зміною № 1.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини і переміщення. Вимоги проектування.
4. Конончук О.П. Технічне обстеження будівель корівників, що містять підвальний поверх на предмет можливості демонтажу надпідвального перекриття // Ресурсоекономні

УДК 631.41:678

В. В. Мартинюк к.б.н; Є. Б. Береженко к.т.н.;

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ МІКРОПЛАСТИКОВИХ ЧАСТИНОК У ҐРУНТІ

V. V. Martyniuk, Ph.D.; E. B. Berezhenko, Ph.D.;

IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF MICROPLASTIC PARTICLES IN SOIL

Сучасне аграрне виробництво є одним із джерел надходження мікропластикових часток у ґрунтове середовище. Інтенсивне використання пластикових баків для обприскувачів, пакувальних матеріалів та інших полімерних компонентів у сільському господарстві сприяє поступовому накопиченню мікро- та мезопластикових часток у ґрунтах. Дослідження присутності та просторового розподілу цих часток є важливим етапом екологічного моніторингу, оскільки дозволяє оцінити стан ґрунтових екосистем, визначити джерела забруднення та розробити ефективні стратегії зниження антропогенного навантаження.

У межах дослідження здійснено відбір ґрунтових зразків із п'яти репрезентативних точок на глибину 30 см, після чого проведено підготовку зразків та екстракцію мікропластикових часток у водне середовище. Використана методика передбачала фільтрування через фільтри з пористістю 5 мкм та флуоресцентне фарбування барвником Nile Red для підвищення точності ідентифікації полімерних включень під мікроскопом.

Результати аналізу показали неоднорідний розподіл забруднення досліджуваної ділянки: у зонах 1–2 концентрація мікропластику залишалася низькою (10–18 часток), тоді як у зонах 3–5 спостерігався значно вищий вміст мікро- та мезопластикових часток (рисунк 1). Підвищений рівень забруднення в цих зонах пов'язаний із інтенсивним застосуванням обприскувачів та накопиченням пластикових компонентів у ґрунті. Отримані дані свідчать про активне надходження полімерних часток на досліджувану територію та підкреслюють необхідність удосконалення технологій обприскування й зменшення об'ємів пластикових баків з метою мінімізації екологічного навантаження на ґрунтові екосистеми.

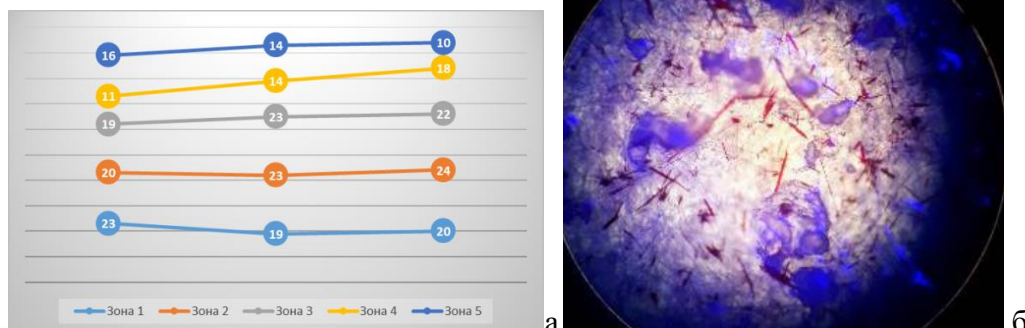


Рисунок 1. Виявлення мікропластику

а – аналіз вмісту мікропластику у досліджуваних зразках,

б – виявлений мікропластик в експериментальному

Отримані дані підтверджують неоднорідний характер забруднення, причому найвищі концентрації виявлені в зонах активного використання обприскувачів та інших полімерних елементів агротехніки. Це доводить, що експлуатація пластикових баків та

супутніх матеріалів є одним із ключових механізмів надходження полімерних частинок у ґрунт. Таким чином, результати дослідження обґрунтовують необхідність зменшення об'ємів пластикових баків, переходу на альтернативні матеріали та вдосконалення технологій обприскування з метою зниження екологічного навантаження.

Література

1. Мартинюк В. В., Хомик Н. І. Виявлення мікропластику в середовищі при сільськогосподарській діяльності. Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С. 328.
2. Довбуш Т.А. Гевко Р.Б., Хомик Н.І. Спосіб авіаційної хімічної обробки рослин з використанням дронів-обприскувачів. Матеріали V-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу 2019», випуск 5. Херсон: ХНТУ, 2019. - С. 40-41.
3. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т.А. Навчальна практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 140 с.
4. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.
5. Хомик Н.І. та ін. Вступ до фаху: навчальний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, І. Й. Блозва, А. Д. Довбуш. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. 348 с.
6. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А. Ознайомча практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 80 с.
7. Хомик, Н. І., Мартинюк, В. В., Бабій, А. В., Цьонь, Г. Б., Довбуш, Т. А., & Довбуш, А. Д. (2025). Агрозахист: навчальний посібник. Тернопіль :ФОП Паляниця В.А., 2025. 520 с.
8. Martyniuk, V., Gylýtė, B., Matskiv, T., Khoma, V., Tulaidan, H., Gnatyshyna, L., Orlova-Hudim, K., Manusadžianas, L., & Stoliar, O. (2022). Stress responses of bivalve mollusc *Unio tumidus* from two areas to ibuprofen, microplastic and their mixture. *Ecotoxicology*, 31(9), 1369–1381.
9. Martyniuk, V. V. (2022). Accumulation of microplastics in the bivalve mollusc *Unio tumidus* under experimental and field exposures. *Біологічні студії/Studia Biologica*, 16(4), 33-44.
10. Martyniuk, V., Khoma, V., Matskiv, T., Yunko, K., Gnatyshyna, L., Stoliar, O., & Faggio, C. (2023). Combined effect of microplastic, salinomycin and heating on *Unio tumidus*. *Environmental toxicology and pharmacology*, 98, 104068.
11. Tson, H., Dovbush, T., Martyniuk, V., Khomyk, N., Stashkiv, M., & Dovbush, A. (2025). Development of highly productive technological schemes for the use of agrodrones for plant protection. *Вісник Тернопільського національного технічного університету*, 118(2), 66-78.

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН ТЕПЛОСТІЙКОЇ СТАЛІ

A.I. Petrovsky; S.M. Beiger; A.V. Hevchuk; I.S. Nishtuk; R.M. Rebryk, D.Okipnyi
**INFLUENCE OF PRELOADING ON THE STRESS-STRENGTH STATE OF HEAT-
RESISTANT STEEL**

Основними чинниками підвищення опору крихкому руйнуванню теплостійкої сталі типу 15Х2МФА корпусів атомних реакторів після попереднього термомеханічного навантаження (ПТН) є комплексний вплив затуплення вістря тріщини, залишкових напружень стиску та деформаційного зміцнення матеріалу у вістрі тріщини

З літератури відомі декілька теоретичних підходів до оцінки ефекту ПТН. Основними є модель Челла, яка базується на використанні J-інтегралу і врахуванні пластичних деформацій у вістрі тріщини після ПТН та відома RKR модель (Ritchie, Knott, Rice).

Відомо, що руйнування після ПТН починається на деякій віддалі від фронту тріщини (CID) за умови локального перевищення нормальними напруженнями деякого критичного значення – напруження руйнування. Встановлено, що існує взаємозв'язок між в'язкістю руйнування, напруженням руйнування, величиною деякої відділі від фронту тріщини та мікроструктурою сталі.

НДС у вістрі тріщини моделювали з використанням програмного комплексу ANSYS, який базується на методі скінченних елементів. Для відтворення поведінки матеріалу використовували восьмивузловий двовимірний скінченний елемент Plane82 із кінематичним (трансляційним) зміцненням, у якому використовується критерій текучості Мізеса та асоціативний закон текучості. Розрахунки проводили за умов плоскої деформації. В цьому варіанті пластичної поведінки матеріалу використовується модель Бесселінга або полілінійна модель напруження-деформації, яка описує ефект Баушінгера. Вважається, що діаграма деформування складається із окремих ділянок, комбінація яких дає змогу моделювати складну поведінку матеріалу.

Для вибору ступеня згущення скінченноелементної сітки у вістрі тріщини розраховували нормальні напруження на продовженні вістря тріщини за різних кроків сітки - 8,33 мкм, 12,5 мкм, 25 мкм, 50 мкм та співставляли їх з аналітичними розрахунками.

Для цього створили скінченноелементну модель плоского зразка (шириною 100 мм, довжиною 300 мм) з центральною тріщиною півдовжиною $l = 28$ мм, який навантажували розтягом.

Для розрахунків використовували істинну діаграму деформування сталі 15Х2МФА за температури 20 °С. Очевидно, що криві збігаються на віддалі 100 мкм від вістря тріщини, тобто меншій від CID, що свідчить про можливість використання сітки з кроком 50 мкм для вирішення поставленої задачі. Проте, для подальших розрахунків використовували крок сітки 25 мкм, оскільки подальше її згущення призводить до сингулярності напружень безпосередньо у вістрі тріщини.

Виявлено, що довжина зони пластичних деформацій у вістрі тріщини і нормальні пластичні деформації значно більші від комбінованого ПТН у порівнянні із ПТН.

За комбінованого ПТН, у порівнянні із ПТН, спостерігається істотніше зниження нормальних напружень та еквівалентних напружень за Мізесом спереду вістря тріщини при наступному навантаженні зразка при 20°С за сталого КІН.

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТОХАСТИЧНИХ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ
ПРИ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ НА ЗВАРНІ ФЕРМИ****V.V. Semeniuk; Y.O. Kovalchuk, Ph.D., Assoc. Prof.****FEATURES OF FORMING STOCHASTIC INPUT PARAMETERS FOR CYCLIC
LOADING OF WELDED TRUSSES**

Максимальні параметри напружено-деформівного стану для зварних ферм локалізуються у вузлах. Це зумовлює їх пошкодження і, як наслідок, руйнування конструкції в цілому. Для дослідження комплексного впливу конструктивних, технологічних, експлуатаційних та аварійних чинників використовують комбіновані підходи, які поєднують натурний, напівнатурний [1] та комп'ютерний моделюючий експерименти. Така методика забезпечує максимальне наближення результатів досліджень до фактичних експлуатаційних показників фермових конструкцій за їх тримкістю і довговічністю. Саме тому її використання є доцільним як для дослідження ферм на етапі їх проєктування, так і тих, що вже знаходяться в експлуатації. Однак визначальним чинником для отримання високого ступеня достовірності результатів моделювання є правильне формування чисельних баз стохастичних входних параметрів на досліджувану систему.

Зазвичай навантаження і їх вплив на вузли зварних ферм досліджують, враховуючи один, визначальний на думку дослідника, або декілька чинників (силових та/або термічних). Проте, в реальних експлуатаційних умовах, окрім основних впливів, можуть додаватись також інші епізодичні або тривалі (наприклад, додаткове навантаження на будівлю від нетипової для регіону засніженості і дощу [2], наслідки яких зображено на рис. 1).



Рисунок 1. Обвали дахів, спричинені сильними снігопадами 2018 року в районі Монпельє, Франція (Відтворено з *Back analysis of a building collapse under snow and rain loads in a Mediterranean area*, I. Ousset, G. Evin, D. Raynaud, & T. Faug, 2023, (Natural Hazards and Earth System Sciences, 23(11), Fig. 1). Первинне авторство фото: (a) © Jean-Michel Mart; (b) © Le Petit Journal de Lattes; (c) © France 3 LR / Sébastien Banus; (d) © France 3.)

Врахування цих умов вимагає додаткового ускладнення моделі конструкції зварної ферми та введення більшої кількості входних даних (які не завжди можуть бути повними), щоб забезпечити високу достовірність отримуваних в процесі моделювання результатів.

Це забезпечить адекватне оцінювання тримкості і експлуатаційного ресурсу досліджуваних зварних ферм. Саме тому розробка стохастичної моделі є доцільною.

Оскільки передбачаються стохастичні навантаження та моделювання їх впливів, для формування вхідних параметрів є сенс розглянути зварну ферму, як систему масового обслуговування. Суть такого дослідження полягає у розгляді зварного вузла ферми як системи, що чинить опір пошкодженням під впливом зовнішніх навантажень.

Зовнішнє навантаження (наприклад, цикли засніження) є потоком вимог. Кожна вимога (один цикл навантаження) намагається завдати пошкодження. Канал обслуговування – це зварний вузол, який обслуговує (поглинає або сповільнює) пошкодження (рис. 2). Процес обслуговування вимірюється кількістю циклів (ΔN), необхідних вузлу, щоб перейти до критичнішого стану (зростання тріщини на Δa). Оскільки інтенсивність навантаження і опір матеріалу є випадковими, підхід дозволяє системно оцінити надійність вузла, використовуючи теорію ймовірностей.

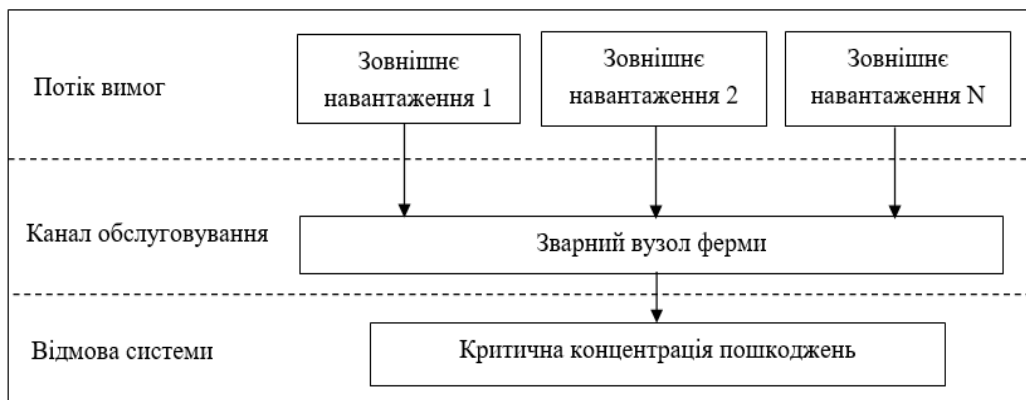


Рисунок 2. Процес обслуговування зовнішніх навантажень зварним вузлом ферми

Таким чином, в модель легко вводити нові випадкові чинники навіть з частковим описом характеристик процесу та доповненими згенерованими методами імітаційного моделювання їх наборами, а результати моделювання пошкоджень елементів ферм при дії втомного навантаження будуть мати вищу достовірність. В подальших дослідженнях отриманий підхід доцільно застосувати при створенні стохастичної моделі для конкретної конструкції зварної ферми й її реальних експлуатаційних умов.

Література

1. Ковальчук Я. О. Шингера Н. Моделювання пошкоджень зварної ферми при циклічних навантаженнях. *Матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті)*, 22-24 травня 2018. — Т. : ТНТУ, 2018. С. 53.
2. Ousset, I., Evin, G., Raynaud, D., & Faug, T. (2023). Back analysis of a building collapse under snow and rain loads in a Mediterranean area. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(11), 3509-3523.

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН ТЕПЛОСТІЙКОЇ СТАЛІ

A.I. Petrovsky; S.M. Beiger; A.V. Hevchuk; I.S. Nishtuk; R.M. Rebryk
INFLUENCE OF PRELOADING ON THE STRESS-STRENGTH STATE OF HEAT-RESISTANT STEEL

Основними чинниками підвищення опору крихкому руйнуванню теплостійкої сталі типу 15Х2МФА корпусів атомних реакторів після попереднього термомеханічного навантаження (ПТН) є комплексний вплив затуплення вістря тріщини, залишкових напружень стиску та деформаційного зміцнення матеріалу у вістрі тріщини

З літератури відомі декілька теоретичних підходів до оцінки ефекту ПТН. Основними є модель Челла, яка базується на використанні J-інтегралу і врахуванні пластичних деформацій у вістрі тріщини після ПТН та відома RKR модель (Ritchie, Knott, Rice).

Відомо, що руйнування після ПТН починається на деякій віддалі від фронту тріщини (CID) за умови локального перевищення нормальними напруженнями деякого критичного значення – напруження руйнування. Встановлено, що існує взаємозв'язок між в'язкістю руйнування, напруженням руйнування, величиною деякої відділі від фронту тріщини та мікроструктурою сталі.

НДС у вістрі тріщини моделювали з використанням програмного комплексу ANSYS, який базується на методі скінченних елементів. Для відтворення поведінки матеріалу використовували восьмивузловий двовимірний скінченний елемент Plane82 із кінематичним (трансляційним) зміцненням, у якому використовується критерій текучості Мізеса та асоціативний закон текучості. Розрахунки проводили за умов плоскої деформації. В цьому варіанті пластичної поведінки матеріалу використовується модель Бесселінга або полілінійна модель напруження-деформації, яка описує ефект Баушінгера. Вважається, що діаграма деформування складається із окремих ділянок, комбінація яких дає змогу моделювати складну поведінку матеріалу.

Для вибору ступеня згущення скінченноелементної сітки у вістрі тріщини розраховували нормальні напруження на продовженні вістря тріщини за різних кроків сітки - 8,33 мкм, 12,5 мкм, 25 мкм, 50 мкм та співставляли їх з аналітичними розрахунками.

Для цього створили скінченноелементну модель плоского зразка (шириною 100 мм, довжиною 300 мм) з центральною тріщиною півдовжиною $l = 28$ мм, який навантажували розтягом.

Для розрахунків використовували істинну діаграму деформування сталі 15Х2МФА за температури 20 °С. Очевидно, що криві збігаються на віддалі 100 мкм від вістря тріщини, тобто меншій від CID, що свідчить про можливість використання сітки з кроком 50 мкм для вирішення поставленої задачі. Проте, для подальших розрахунків використовували крок сітки 25 мкм, оскільки подальше її згущення призводить до сингулярності напружень безпосередньо у вістрі тріщини.

Виявлено, що довжина зони пластичних деформацій у вістрі тріщини і нормальні пластичні деформації значно більші від комбінованого ПТН у порівнянні із ПТН.

За комбінованого ПТН, у порівнянні із ПТН, спостерігається істотніше зниження нормальних напружень та еквівалентних напружень за Мізесом спереду вістря тріщини при наступному навантаженні зразка при 20°С за сталого КІН.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХІМІЧНО СИНТЕЗОВАНИХ ПЛІВОК СУЛЬФІДУ РТУТІ-КАДМІЮ

М. А. Sozanskyi, Ph.D.; R. R. Huminilovych, Ph.D., Assoc. Prof.; V. Ye. Stadnik, Ph.D. Assoc. Prof.; M. V. Shepida, Ph.D.; P. Yo. Shapoval, Dr., Prof.
STUDY OF OPTICAL PROPERTIES OF CHEMICALLY SYNTHESIZED MERCURY-CADMIUM SULPHIDE FILMS

Плівки твердого розчину заміщення сульфід ртуті-кадмію ($\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$) синтезовано на скляних підкладках методом хімічного осадження з водного розчину. Для цього готували робочі розчини шляхом змішування свіжоприготовлених водних розчинів: ртуті нітрату ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$), кадмій нітрату ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$), натрій тіосульфату ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), тринатрій цитрату ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), натрій карбонату (Na_2CO_3) і тіосечовини ($(\text{NH}_2)_2\text{CS}$). Молярні концентрації цих компонентів у робочих розчинах становили відповідно: 0,001–0,009 М $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, 0,001–0,009 М $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, 0,20 М $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0,20 М $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$, 0,04 М Na_2CO_3 і 0,10 М $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$. Змінним параметром синтезу плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ був вміст $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ і $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ у робочих розчинах. З цією метою було приготовано низку з п'яти робочих розчинів із молярними співвідношеннями $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 : \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 = 9 : 1, 7 : 3, 1 : 1, 3 : 7$ та $1 : 9$. Синтез плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ здійснювали шляхом наливання робочих розчинів у ванни, зануренням у них скляних підкладок та витримуванням протягом 20 хв за температури 80 °С. Після завершення осадження підкладки виймали з ванн, промивали дистильованою водою та сушили на повітрі.

За результатами рентгенофазового аналізу зразків плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, проведеного на дифрактометрі Aeris Research (PANalytical), встановлено, що зразки є однофазними та містять кубічну фазу, яка належить до структурного типу ZnS. Дифракційні піки цієї фази розміщені між теоретичними піками кубічних фаз HgS і CdS, що свідчить про утворення твердого розчину заміщення $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$.

Оптичні спектри пропускання плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ ($T(\lambda)$) виміряно на спектрофотометрі XION 500 (Dr. Lange) у діапазоні довжин хвиль (λ) від 340 до 900 нм. Отримані спектри наведено на Рис. 1. Встановлено, що пропускання (T) плівок зростає зі збільшенням довжини хвилі, починаючи від 340 нм, причому різке підвищення інтенсивності спостерігається біля 450 нм для плівки $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, синтезованої з робочого розчину зі співвідношенням $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 : \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 = 1 : 9$. З переходом до робочих розчинів з більшим вмістом $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (співвідношення 3 : 7, 1 : 1, 7 : 3 та 9 : 1) різке підвищення оптичного пропускання плівок зміщується до ~ 500 нм. Ця зміна супроводжується також переходом кольору плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ від жовтого до коричневого. Після різкого зростання оптичне пропускання плівок дещо зменшується, а потім залишається майже незмінним.

За отриманими спектрами $T(\lambda)$ (Рис. 1) побудовано залежності у координатах $(\alpha \cdot h\nu)^2 - h\nu$ (Рис. 2). Із використанням дотичних визначено значення оптичної ширини забороненої зони (E_g) плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, за методикою, описаною в [1]. Встановлено, що величина E_g становить 2,48 еВ для плівки $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, синтезованої з робочого розчину зі співвідношенням $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 : \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 = 1 : 9$. З переходом до робочих розчинів з більшим вмістом $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (співвідношення 3 : 7, 1 : 1, 7 : 3 та 9 : 1) величина E_g плівок послідовно зменшується до 2,43, 2,38, 2,25 і 2,16 еВ, відповідно. Таким чином, величину E_g плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ можна регулювати в певних межах, задаючи відповідні умови їхнього хімічного синтезу.

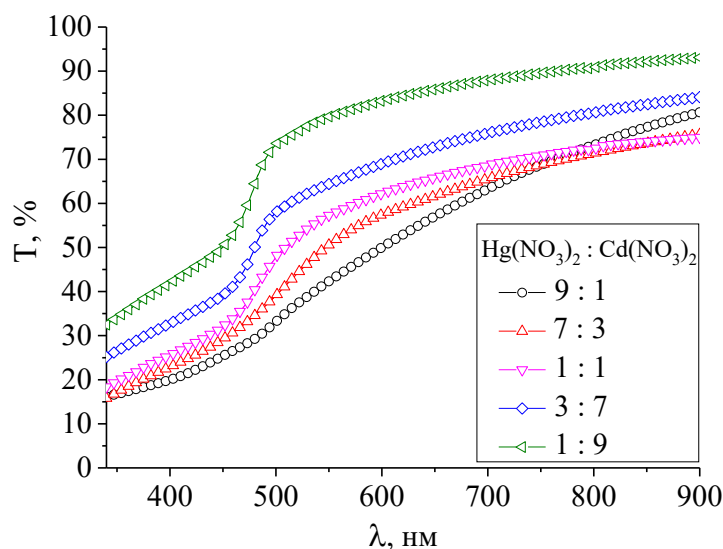


Рисунок 1. Спектри оптичного пропускання $T(\lambda)$ плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, синтезованих з різними молярними співвідношеннями компонентів $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 : \text{Cd}(\text{NO}_3)_2$

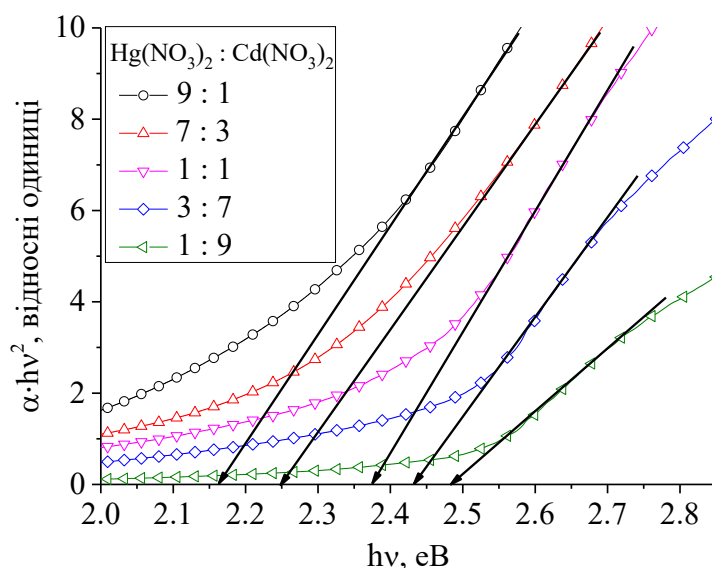


Рисунок 2. Залежності поглинання у координатах $(\alpha \cdot hv)^2 - hv$ плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, синтезованих з різними молярними співвідношеннями компонентів $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 : \text{Cd}(\text{NO}_3)_2$

Дослідження виконано за підтримки Міністерства освіти і науки України в рамках наукової роботи проєкту для молодих учених «Теоретичні та експериментальні основи хімічного синтезу модифікованих плівкових напівпровідників типу A^2B^6 для альтернативної енергетики» (номер державної реєстрації 0124U000522).

Література

1. Raval A.V., Shaikh I.A., Jain V.M., Shastri N.M., Patel P.B., Saini L.K., Shah D.V., 2020. Deposition and Characterization of Indium Selenide Thin Films for Opto-electronic Devices. Vol. 12, No. 2, 02010. DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.12\(2\).02010](https://doi.org/10.21272/jnep.12(2).02010).

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У ФРЕЗЕРНІЙ ОБРОБЦІ

V. Baranovsky Dr., Prof , A. Tkachuk

CURRENT TRENDS IN MILLING MACHINERY

В даний час обробка зовнішнього профілю виробів здійснюється переважно методами точіння. Токарна обробка практично дозволяє обробляти все без виключення профілі. Важливими перевагами точіння є простота і порівняно низька вартість інструменту; простота налагодження та обслуговування верстатів, можливість виготовлення на сучасних верстатах виробів необхідної якості за досить високої продуктивності.

Процес точіння є безперервним і виконується однолезовим інструментом. Відсутність ефективних та надійних методів дроблення стружки викликає додаткові труднощі з обслуговування, як окремих верстатів, так і автоматичних ліній і не забезпечує їхньої надійної роботи [1]. Удосконалення токарних процесів протягом тривалого часу, зокрема збільшення їх продуктивності, визначається в здебільшого успіхами науки та техніки в галузі вдосконалення інструментальних матеріалів. Однак подальше безперервне збільшення швидкості різання ставить під сумнів у ряді випадків використання традиційних методів точіння.

Є приклади успішної заміни токарної обробки поверхонь обертання фрезеруванням. До них слід віднести: фрезерування шийок колінчастих валів, фрезерування важких та некруглих валів, гальмівних колодок та накладок. У цих прикладах заміна точіння фрезеруванням дозволяє уникнути важких динамічних навантажень при точінні на високих швидкостях різання. Підвищення швидкостей різання під час роботи лезовим інструментом до 20 ... 30 м/с, і є поштовхом до заміни токарних процесів на фрезерні.

Якщо при цьому орієнтуватися на традиційні токарні процеси, слід враховувати, що збільшення швидкостей різання приблизно на порядок спричинить збільшення частоти обертання шпинделів токарних верстатів.

Для обробки деталей типу тіл обертання пропонується заміна токарної обробки процесом фрезерування, а зокрема набором дискових фрез. Перевагою цього процесу є можливість отримати зовнішній контур повністю за операцію, що виконується за один установ. Для процесу характерна значна активна сумарна довжина ріжучих кромek, що одночасно перебувають у роботі. Вона приблизно відповідає довжині оброблюваного контуру. Якщо врахувати при цьому ще й переривчастий характер роботи інструменту, то стане очевидним, що робота подібним інструментом можлива, лише за дуже високої жорсткості всієї технологічної системи загалом.

На даному етапі розвитку техніки велика увага приділяється створенню та впровадженню нового обладнання, прогресивних високопродуктивних конструкцій різального інструменту, зокрема фрез, що забезпечують значне підвищення продуктивності та точності обробки. Внаслідок проведення цієї роботи змінилися оптимальні режими різання, періоди стійкості інструментів, витрати часу, пов'язані з експлуатацією різального інструменту.

Література

1. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. Тернопіль : ТНТУ , 2016. 156 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ВАЛІВ

M. Pankiv Dr., Prof , A. Felenchak

IMPROVEMENT OF SHAFT PROCESSING TECHNOLOGY

Деталі типу «вал» характеризуються тим, що утворені зовнішніми поверхнями обертання близько однієї осі. Довжина валу значно більша за діаметр. По конструкції, вазі, точності обробки, матеріалу та інших показниках деталі цього типу дуже різноманітні. В окремих конструкціях можлива наявність внутрішнього центрального отвору.

Основні проблеми обробки полягають в тому, що навіть при невеликих силах різання пружна система легко деформується і при цьому утворюються великі похибки. Крім того, вісь валу може бути легко викривлена внаслідок перерозподілу внутрішніх напруг після зняття кожного шару металу. У багатьох випадках також через нестійкість системи виникають вібрації, які бувають іноді настільки інтенсивними, що роблять неможливим нормальне виконання процесу обробки.

Існує кілька методів обробки ступінчастих валів на токарних верстатах: без застосування спеціального технологічного оснащення; із застосуванням спеціальної технологічного оснащення; на верстатах, оснащених пристроями або супортами для копіювальної обробки.

Як правило, токарна обробка ступінчастих валів здійснюється не менш як за два установи. При цьому за перший установ повністю обробляється один кінець валу, а за другим - інший. Обробка довгих ступінчастих валів, де відношення довжини до діаметром більше 10, є однією з найбільш трудомістких операцій. Це пов'язано з малою жорсткістю заготовки, вібраціями, складністю досягнення заданої якості, точності та продуктивність.

Для підвищення продуктивності та якості обробки довгих циліндричних поверхонь зазвичай застосовують різні опори, наприклад, люнети, що підвищують жорсткість заготовки. При цьому схема установки люнетів, їх конструкція, характер закріплення, вибір технологічних баз мають вирішальний вплив на продуктивність обробки та точність діаметральних розмірів валу, опор, їх конструкція, характер закріплення, вибір технологічних баз мають значний вплив на продуктивність обробки та точність діаметральних розмірів валу.

Найбільшою складністю, з точки зору вибору конструкції, є встановлення люнетів, також їх налаштування.

Нерухомі люнети дозволяють зафіксувати заготовку на одному певному діаметрі, і залишаються нерухомими під час обробки. Рухомі люнети мають можливість переміщатися по поверхні оброблюваної заготовки під час обробки, проте обмеженням є незмінність діаметра циліндричної поверхні базування деталі у люнеті.

Застосування прогресивних технологій обробки нежорстких валів дозволить без значних витрат підвищити продуктивність обробки, точність геометричних розмірів виробу, а також стійкість інструменту.

Література

1. Паливода Ю. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормуванням механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, 2019. 240 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У СКЛОПЛАСТИНІ З ПРЯМОЛІНІЙНИМ ЗВАРНИМ ШВОМ

L.I. Tsymbaliuk, Ph.D, Assoc. Prof., N.I. Blashchak, Ph.D, Assoc. Prof., A.R.
A.R. Turchmanovych

DETERMINATION OF RESIDUAL STRESSES IN A GLASS PLATE WITH A STRAIGHT-LINE WELD

Сучасні склоконструкції широко використовуються в машино- і приладобудуванні, електронній і хімічній промисловості, а також у інших галузях народного господарства, науці і техніці. Рівень залишкових напружень є важливим чинником при проведенні форсованих випробувань склоелементів приладів для оцінки їх довготривалої міцності та надійності на стадії проектування та виготовлення дослідних зразків виробів. Тому, однією із задач, яка виникає при оптимізації технології виготовлення склоконструкцій і забезпечення їх довготривалої міцності, є визначення технологічних залишкових напружень у склоелементах виробів, зокрема, напружень, спричинених зварюванням. Для дослідження залишкових напружень у скловиробах широкого розповсюдження набувають експериментально-розрахункові методи, зокрема, метод, який ґрунтується на розв'язанні обернених задач механіки деформівних твердих тіл із власними напруженнями та використанні експериментальної інформації, отриманої поляризаційно-оптичним методом.

За таким підходом визначається розподіл залишкових напружень у склопластині, звареній в стик прямолінійним швом. Пластина моделюється плоским шаром, що дає можливість описати об'ємні ефекти, які мають місце в зоні зварного шва. Розглядається випадок, коли пластина знаходиться в умовах плоскої деформації. Спочатку записуються розв'язувальні рівняння для шару з залишковими деформаціями, які отримуються з використанням зображення компонент тензора малої деформації у вигляді суми $e_{ij} = e_{ij}^e + e_{ij}^0$, де e_{ij} - компоненти тензора повної деформації; e_{ij}^0 - компоненти тензора термопластичних деформацій, несумісність яких зумовлює виникнення залишкових напружень. З урахуванням апріорної інформації про розподіл цих деформацій будується представлення розв'язків прямої задачі і записуються вирази для напружень, в які входять невідомі характеристики поля e_{ij}^0 . Для їх знаходження будується функціонал, мінімізація якого за шуканими параметрами поля e_{ij}^0 забезпечує мінімальне відхилення теоретично обчислених від відповідних їм експериментальних характеристик полів напружень. Після знаходження поля e_{ij}^0 обчислюються залишкові напруження у довільній точці пластини.

Зварне з'єднання моделювалось плоским шаром, що знаходиться під дією локального поля технологічних деформацій e_{ij}^0 . Компоненти деформації e_{ij}^0 описувались поліноміальними функціями з невідомими параметрами. Поляризаційно-оптичним способом в точках, розташованих на лінії, перпендикулярній до осі шва, визначались величини усередненої по товщині пластини різниці квазіголовних напружень σ_0^E . З використанням цієї інформації і відповідних виразів для напружень, отриманих на основі розв'язку задачі для шару під дією термопластичних деформацій, знайдено параметри поля e_{ij}^0 і відтворено тривісний розподіл залишкових напружень в околі зварного шва.

СЕКЦІЯ 3
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА
ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 624

Т.А. Баліцька, Т.Б. Яницький

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**ІНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ТА
ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД**

Т.А. Balitska, T.B. Yanytskyi

**ENGINEERING AND STRUCTURAL SOLUTIONS FOR INDUSTRIAL AND
TRANSPORTATION PROJECTS**

Сучасні інженерні об'єкти промислового та транспортного призначення характеризуються високими вимогами до конструктивної надійності, адаптивності до складних кліматичних та геологічних умов, а також раціонального використання просторового ресурсу. Аналіз двох різнотипних, але функціонально споріднених споруд — ангара для обслуговування залізно-дорожньої техніки та підземного паркінгу — дає можливість систематизувати актуальні підходи до проектування об'єктів, що працюють в умовах підвищених навантажень і складної геометрії.

Ангар для обслуговування залізно-дорожньої техніки є одноповерховою промисловою будівлею з металевим каркасом, розрахованим на сприйняття значних вертикальних та горизонтальних навантажень. Конструктивна схема базується на пальових ростверках, що забезпечують стійкість споруди в умовах неоднорідних ґрунтів. Колони та ригелі виконані зі сталевих профілів, підібраних за результатами перевірових розрахунків міцності та стійкості. Підземний паркінг є складною інженерною спорудою, заглибленою і частково інтегрованою у природний схил. Просторова робота забезпечується монолітними залізобетонними плитами перекриттів, вертикальними несучими елементами та діафрагмами жорсткості. Проведений порівняльний аналіз конструктивних варіантів — сталевих та залізобетонних колон — виявив економічну та експлуатаційну доцільність використання залізобетонних елементів.

Висновки. Узагальнення двох об'єктів показує, що вибір конструктивної системи визначається поєднанням інженерно-геологічних умов, характеру навантажень та вимог до просторової жорсткості. Металеві каркаси доцільні для споруд із великими прольотами та динамічними навантаженнями, тоді як монолітні залізобетонні системи є оптимальними в умовах значного заглиблення та складної взаємодії з ґрунтовим масивом.

Література

1. Йолтухівський, С., and Михайло Іванович Гудь. "Варіантне проектування висотних будівель." *Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“* (2022): 155-157.
2. Луців, М. В., et al. "Конструктивні особливості рамно каркасних промислових будівель." *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“* (2023): 101-101.
3. Сливка, І. М., and Михайло Іванович Гудь. "Особливості роботи каркасних конструкцій громадських будівель." *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної*

УДК 624

О.Є. Берекета, Л.П. Липний

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ СПОРУД

О. Ye. Bereket, L. P. Lypnyi

ENGINEERING METHODS FOR ENSURING THE STABILITY AND RELIABILITY OF STRUCTURES

Дослідження присвячене аналізу інженерно-конструктивних підходів до проектування та підсилення складних будівельних об'єктів. Мета роботи — встановити інженерні закономірності, що визначають вибір оптимальних конструктивних рішень, та узагальнити практичні методики відновлення і підсилення будівель, які зазнали деформацій.

Інженерні споруди характеризуються високими вимогами до несучої здатності, експлуатаційної надійності та адаптації до складних природних умов. Проектування дока для ремонту суден потребує розрахунку великопрольотних металевих конструкцій, визначення оптимальної статичної схеми, аналізу навантажень. У свою чергу, обстеження та підсилення будівлі вимагає комплексного вивчення причин деформацій та розроблення інженерного рішення для відновлення просторової роботи конструкцій.

Методологічною основою слугували: порівняльний аналіз конструктивних схем (рамна та аркова); статичні та динамічні розрахунки; інженерно-геологічний аналіз основ та умов їх роботи; діагностика характеру дефектів; проектування елементів підсилення.

Встановлено ефективність використання безшарнірної решітчастої рами, яка забезпечує мінімальну металомісткість та високу жорсткість конструкції. Виконано моделювання навантажень і визначено техніко-економічні показники, що підтвердили переваги даної системи. Ідентифіковано ключові фактори деформацій: замочування ґрунтів, нерівномірні осідання, розвиток тріщин у стінах і перекриттях. Запропонована система залізобетонних обв'язок забезпечує відновлення просторової жорсткості та перерозподіл навантажень.

Висновок. Проведене дослідження підтверджує, що правильний вибір конструктивної системи та науково обґрунтовані заходи підсилення є визначальними чинниками для забезпечення надійності будівельних споруд.

Література

1. Крамар, Галина Михайлівна, Р. Я. Василик, and К. В. Клименко. "Просторові великопролітні покриття." *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “* (2024): 23-23.
2. Ткаченко, М. І., Васюрина, Д. Д., & Крамар, Г. М. (2023). Моделювання роботи просторових будівельних конструкцій. *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “*, 71-71.

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ МІЦНОСТІ ТА ЖОРСТКОСТІ СТАЛЕВИХ ДВОТАВРОВИХ БАЛОК В СКЛАДІ ПОХИЛИХ ПОКРІВЕЛЬ

D.Z. Bykiv, I.M. Pidgurskyi Ph.D., A.M. Kos, Mahdi Oussama

ASSESSMENT OF STRENGTH AND STIFFNESS PARAMETERS OF STEEL I-BEAMS IN INCLINED ROOF STRUCTURES

У сучасному будівництві зростає потреба у використанні полегшених сталевих каркасів великопролітних будівель, які здатні забезпечувати високі експлуатаційні показники при зниженні їх матеріало- та трудомісткості [1]. Одним із перспективних типів є перфоровані сталеві двотаврові балки, які завдяки своїм особливостям виготовлення мають більшу висоту поперечного перерізу, а характеристики міцності та жорсткості є кращим в порівнянні із суцільними балками такої ж ваги [2].

Похилі покрівлі мають кращі характеристики жорсткості, аніж вільно обперті горизонтальні балки. Проте у перфорованій стінці двотавра створюються локальні зони концентрації напружень [3], а геометричні варіації, зокрема двосхила (рис. 1(а)) та аркова (рис. 1(б)) форми, суттєво впливають на розподіл зусиль вздовж балки. Тому дослідження напружено-деформованого стану (НДС) балок похилих покрівель відіграє важливу роль при оцінці їх параметрів міцності та жорсткості з метою подальшої оптимізації конструкції.



а)



б)

Рисунок 1. Сталеві перфоровані двотаврові балки похилих покрівель: а) двосхилі; б) аркові

У роботі виконане чисельне моделювання методом скінченних елементів (МСЕ) в програмному комплексі ANSYS двотаврових сталевих балок із перфорованою стінкою для горизонтальної, двосхилої та аркової форми. Проліт будівлі прийнято 24 м, навантаження визначено від ваги покрівлі виробничої будівлі, снігового покриву та власної ваги конструкції, і становило 6,6 кН/м. Всі балки досліджувались при жорсткому заземленні їх країв.

За початкову (первісну) балку, з якої виготовлено перфоровані, прийнято двотавр ІРЕ 400, після розрізання і зварювання, висота перфорованої балки становила 657,6 мм, а діаметр отворів – 518 мм з кроком 570 мм. З конструктивних умов, для виконання жорсткого закріплення балок до колон, в карнизних та гребеновому вузлах виконані елементи жорсткості – вута. Ухил двосхилої покрівлі прийнято 5°, а аркова має підйом який відповідає двосхилій балці.

У роботі проаналізовано прогини балок, розподіли еквівалентних напружень вздовж верхніх та нижніх полиць, розподіл еквівалентних напружень навколо отворів перфорації і зміна їх максимальних значень вздовж балок. Для кожної балки досліджені варіанти їх роботи без вут та з вутами.

Порівняння жорсткості балок показало, що горизонтальна перфорована балка має найбільший прогин (80,5 мм), тоді як двосхила і аркова – в 2,4 рази і в 2,7 разів менший відповідно. Встановлення вут забезпечило зменшення прогинів для горизонтальної та двосхилої в 1,5 рази, а для аркової – в 1,3 рази.

Максимальні еквівалентні напруження в нижній полиці виявлено переважно на відстані близько 3-ох м від опори. Для горизонтальної балки фіксувалося також суттєве зростання напружень біля опор (127 МПа) та в центрі прольоту (94 МПа). Аркова балка демонструвала найвищу концентрацію напружень у нижній полиці (177 МПа) біля опори, що в 1,4 рази більше, ніж у горизонтальної. Використання вут дало змогу зменшити середні значення напружень у нижній полиці в 1,9 рази для горизонтальної балки, в 1,3 рази – для двосхилої та в 1,5 рази – для аркової.

У верхній полиці найменших максимальних значень напружень зазнає двосхила балка (в 1,5 рази менші ніж в горизонтальній), а найменших середніх значень напружень зазнає аркова балка (в 1,4 рази менші ніж в горизонтальній). Конструктивні елементи в карнизних та гребеновому вузлах зменшують значення максимальних та середніх значень еквівалентних напруження в верхньому поясі в 1,1-1,3 рази.

Отвори перфорації є зонами концентрації напружень в стінці двотавра. Найбільші значення еквівалентних напружень (понад 690 МПа) виявлено в горизонтальній балці навколо крайнього отвору. Тоді як для двосхилої та аркової балки, максимальні напруження навколо крайнього отвору були меншими в 1,4 рази та 2,8 рази відповідно. Встановлено, що максимальні значення напружень навколо отворів перфорації зменшуються вздовж балки, від краю до середини, в 1,6-5,6 разів. Встановлення конструктивних елементів (вут) значно знижують напруження навколо крайніх отворів: для горизонтальної балки в 4,1 рази, для двосхилої – в 5,2 рази, для аркової – в 5 разів.

Висновки. Результати аналізу підтверджують, що форма перфорованої балки суттєво впливає на її НДС. Двосхила та аркова форми демонструють кращі показники жорсткості та рівномірності розподілу напружень порівняно з горизонтальною. Встановлення вутів в карнизних та гребеновому вузлах значно підвищує ефективність усіх типів балок, зменшуючи деформації, максимальні та середні значення напружень, а також їх концентрацію навколо крайніх отворів.

Література

1. Биків, Д., Кос, А., Підлужний, О., Підгурський, І., Підгурський, М. Методи виготовлення сталевих перфорованих двотаврових балок з регулярною та нерегулярною структурою отворів. *Матеріали I Міжнар. наук.-техн. конф. „Прикладна механіка“*, 6-7 червня 2024 р. Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 76–79.
2. Pidgurskyi I., Slobodian V., Bykiv D., Pidgurskyi M. (2021) Investigation of the stress-strain state of beams with different types of web perforation. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 103, no 3, pp. 79-87.
3. Pidgurskyi M., Pidgurskyi I., Stashkiv M., Ihnatieva V., Danylchynko S., Bykiv D., Pidluzhnyi O. (2023) Peculiarities of studying the stress-strain state of structural steel perforated beams using the finite element method. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 111, no 3, pp. 126-138.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ ҐРУНТОВОЇ СТРУЖКИ З НАПРАВЛЯЮЧИМ КОЖУХОМ ФРЕЗЕРНОГО МОДУЛЯ

B. Blashchak, postgraduate student; A. Babii, Dr., Prof.; I. Vovk, postgraduate student
DETERMINATION OF THE INTERACTION PARAMETERS BETWEEN SOIL CHIP
FLOW AND THE GUIDE CASING OF THE MILLING MODULE

Підвищення ефективності та якості процесів механізованої посадки картоплі залишається одним із актуальних напрямів розвитку сільськогосподарського машинобудування. Особливої уваги потребують технології, орієнтовані на дрібні фермерські та приватні господарства, де рівень механізації залишається недостатнім, що негативно впливає на продуктивність і врожайність. Смугове фрезерування ґрунту при одночасній посадці картоплі є перспективним способом підготовки ґрунту, оскільки забезпечує необхідну грудкуватість та дозволяє поєднати декілька технологічних операцій в одному агрегаті. Одним із ключових етапів цього процесу є первинне присипання насіння ґрунтовою стружкою, що формується ножами фрезерного барабана.

Метою представленої роботи є розробити й науково обґрунтувати кінематичну модель руху ґрунтової стружки та її взаємодію з направляючим кожухом для забезпечення цільового присипання насіння картоплі у борозні.

У роботі представлено кінематичну модель фрезерного ножа складної Г-подібної форми, який складається з декількох ділянок, та розглянуто траєкторію руху точок леза відносно ґрунту. Радіус барабана R , кутова швидкість ω_b та поступальна швидкість машини V_m створюють систему параметрів, що визначають абсолютний рух ножа. Координати довільної точки різальної кромки задаються параметрично:

$$\begin{cases} x(t) = x_0(t) + (L_1 \cos \beta_1 + L_2 \cos \beta_2 + L_3 \cos \beta_3) \cos \omega_b t; \\ y(t) = y_0 + (L_1 \cos \beta_1 + L_2 \cos \beta_2 + L_3 \cos \beta) \sin \omega_b t, \end{cases} \quad (1)$$

де $\omega_b t$ – кут, що визначає положення точки ножа на барабані, який відраховується відносно горизонтальної осі декартової системи координат;

$L_1 \cos \beta_1, L_2 \cos \beta_2, L_3 \cos \beta_3$ – проєкції ділянок ножа на радіус барабана R , що сполучає розглядувану точку ножа з віссю обертання.

Опускаючи проміжні викладки, поетапно було знайдено швидкості крайніх точок ножів фрези, які виражені відповідними складовими – $\dot{x}(t)$, $\dot{y}(t)$, складові траєкторії польоту ґрунтової стружки – $x_\alpha(t)$, $y_\alpha(t)$ та $x_{0\alpha}$, $y_{0\alpha}$ – координати та кут α , вильоту частинки ґрунтової стружки, а також її початкову швидкість – $\mathcal{G}_{0\alpha}$.

Проаналізовано умови та знайдемо точку співударення частинки, що рухається параболичною траєкторією з кожухом заданої кривизни:

$$\begin{cases} x_\alpha(t) = x_{0\alpha} + \mathcal{G}_{0\alpha} \cdot \cos \alpha \cdot t; \\ y_\alpha(t) = y_{0\alpha} + \mathcal{G}_{0\alpha} \cdot \sin \alpha \cdot t - 0,5gt^2; \\ y(t) = f(x(t)). \end{cases} \quad (2)$$

На основі системи (2) отримано нелінійне рівняння відносно часу t

$$y_{0\alpha} + \mathcal{G}_{0\alpha} \cdot \sin \alpha \cdot t - 0,5gt^2 = f(x_{0\alpha} + \mathcal{G}_{0\alpha} \cdot \cos \alpha \cdot t). \quad (3)$$

Розв'язання даного рівняння доцільно виконувати чисельними методами, проте перед цим необхідно визначити аналітичний опис кривої, що характеризує контур кожуха. Найбільш раціональним підходом є використання поліноміальної апроксимації, зокрема

полінома третього порядку

$$y(t) = f(a_3x(t)^3 + a_2x(t)^2 + a_1x(t) + a_0), \quad (4)$$

де a_i – коефіцієнти, що дозволяють забезпечити задану кривизну на визначених ділянках поліноміальної кривої ($i = 0...3$).

Результатом розв'язку є побудова крива форми кожуха, що перетинається з траєкторіями польоту частинок ґрунту, рис. 1.

Аналіз побудованих траєкторій руху частинок (рис. 1) показує, що їх шлях до моменту контакту з поверхнею кожуха є майже лінійним. Виходячи з цього, а також спираючись на залежність (4), у першому наближенні можливо сформулювати геометрію кожуха таким чином, щоб забезпечити спрямоване переміщення ґрунтової стружки у задану цільову область (рис. 1).

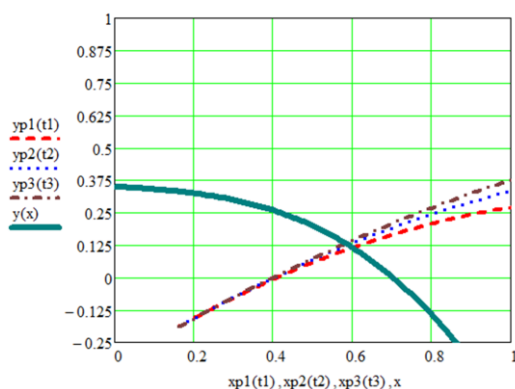


Рисунок 1. Графічні залежності для дослідження форми кожуха

На рис. 1 пунктирною, утвореною крапками та штрихпунктирною лініями наведено траєкторії руху ґрунтових частинок, суцільною потовщеною кривою подано геометричний контур направляючого кожуха.

Аналітична форма цієї кривої описується таким виразом

$$y(x) = -0,78x^3 - 0,034x^2 - 0,089x + 0,35. \quad (5)$$

Чисельний аналіз показав, що застосування раціональної форми кожуха дозволяє: забезпечити спрямування до 85–92% ґрунтової стружки у цільову зону; унеможливити повернення частинок у зону фрезерування; забезпечити стабільність процесу при зміні частоти обертання

фрезерного барабана в межах 230–300 об/хв.

Література

1. Babii A., Blashchak B. (2025) Study of the performance efficiency parameters of a potato planting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 118, no 2, pp. 117–127.
2. Бабій А.В., Блащак Б.О., Бабій М.В., Долінська І.Я. Опорно-привідне колесо змінного діаметра. Патент на корисну модель 160993, Україна. МПК А01С 19/04 (2006.01). № у 2025 00183; заявл. 16.01.2025; опубл. 9.10.2025, Бюл. № 44.
3. Бабій А.В., Блащак Б.О., Валяшек В.Б. Спосіб закладання насіння картоплі при посадці. Патент на корисну модель 158112, Україна. МПК А01С 23/02 (2006.01). № у2024 01975; заявл. 15.04.2024; опубл. 01.01.2025, Бюл.1.
4. Блащак Б.О. Бабій А.В. Спосіб утворення борозенки та зароблення насіння картоплі при гребневому способі посадки. *Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. С. 94-95.*
5. Блащак Б.О., Бабій А.В. Багатофункціональна мінікартоплепосадочна машина. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 19-21 квітня 2023 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. С.155.*
6. Блащак Б.О., Бабій А.В. Дослідження ефективності роботи картоплепосадочних апаратів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики». Тернопіль 29-30 вересня 2022. С.68-69.*

7. Блащак Б.О., Бабій А.В. Обґрунтування окремих конструктивно технологічних параметрів картоплепосадочної машини. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С.192-199.

УДК 664.001.57

А. Д. Бобков

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИКОРИСТАННЯ ШНЕКІВ ЗІ ЗМІННИМ КРОКОМ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ

A. D. Bobkov

USE OF VARIABLE-PITCH SCREWS IN THE FOOD INDUSTRY FOR THE TRANSPORTATION OF DISCRETE LOADS

У харчовій промисловості (наприклад, розлив напоїв, фасування харчової продукції у пляшки, банках чи інших одиницях) дедалі частіше виникає задача транспортування штучних вантажів (одиниць) — не сипучих матеріалів, а конкретних пакувань чи пляшок. Для таких завдань важливі не тільки швидкість і надійність, але й акуратність, мінімум пошкоджень, точне дозування і контрольоване розміщення [1].

Одним із нестандартних технічних рішень для таких задач може бути застосування шнекових механізмів із змінним (мінім) кроком витків (тобто відстанню між витками гвинтової лінії, що змінюється вздовж довжини шнека) [2].

Змінний крок витків у таких шнеках може бути застосований таким чином:

- на вході до шнека (дозатор, накопичувач) — більший крок витка, щоб прийняти групу одиниць без стискання або зіткнення;
- у проміжній зоні — поступове зменшення кроку витка, що створює щільнішу подачу одиниць, вирівнює їхній інтервал, дозволяє впорядкувати потік;
- біля виходу — можлива подальша трансформація: зменшення кроку для ущільнення, або, навпаки, збільшення кроку для розведення одиниць перед фасувальним чи пакувальним процесом.

Переваги такого підходу для транспортування штучних вантажів у харчовій промисловості:

- контроль інтервалу між одиницями — зменшення ризику зіткнень, перегрівання, пошкодження пляшок чи упаковок;
- більш рівномірною подача до наступного етапу (наприклад, в автоматичну лінію пакування) — зменшення простоїв або накопичення;
- можливість адаптації до різних форм і розмірів одиниць: змінюючи геометрію кроку витка, можна оптимізувати рух пляшок, банок або інших одиниць;
- підвищення продуктивності лінії — за рахунок зменшення “мертвих зон” та збільшення ефективної швидкості подачі.

Особливості конструкції та технологічні вимоги у цьому контексті:

- матеріали конструкції — харчова нержавіюча сталь, гладкі поверхні, мінімум затримок накопичення продукту чи упаковки (що важливо для гігієни та легкого очищення);
- конструктивно: корпус шнеку має бути відповідного розміру, щоб одиниці могли вільно рухатись, але не мали надмірної свободи — для контролю руху. Геометрія витків має бути розрахована з урахуванням діаметру одиниць, їх висоти, ваги, характеру упаковки.

- моніторинг та управління: бажано мати можливість регулювання кроку витка або його адаптації на етапі виготовлення або модуляції інтервалу подачі через механічні вставки, модуляцію швидкості приводу чи змінну конструкцію секцій.

- вплив на привід та динаміку: зміна кроку витка може змінювати навантаження на шнек, впливати на прискорення одиниць, на сили тертя, на можливість накопичення — ці фактори мають бути враховані при проектуванні.

Обмеження та ризики при використанні шнеків зі змінним кроком для штучних вантажів:

- якщо неправильно підібраний крок, можливе задушення або «скупчення» одиниць, що призведе до пошкоджень упаковки або зупинок лінії;

- при дуже великій зміні кроку витків можуть виникати різкі зміни руху одиниць — ризик поштовхів, перекосів, неправильного розташування наступної стадії.

- додаткова складність конструкції та обслуговування — шнек з мінливим кроком може бути дорожчим в виробництві, встановленні, регулюванні, ніж стандартний;

- потреба у ретельному тестуванні під конкретну одиницю продукції, оскільки упаковка штучних вантажів — більш чутливий до геометрії і динаміки, ніж сипучі матеріали.

Враховуючи усе вище зазначене можна окреслити практичні рекомендації для впровадження на харчовому підприємстві.

На старті проекту — провести аналіз одиниці вантажу (пляшки, банка): діаметр, висота, вага, характер поверхні, спосіб подачі.

Розробити макет/модель шнека з різними секціями кроку, і провести тестування на кілька режимів подачі.

Передбачити модульність: можливість змінювати або адаптувати секції зі змінним кроком під іншу продукцію (наприклад, пляшки іншого діаметру).

Забезпечити гігієнічність: корпус має бути легкодоступним, швидко розбірним, без зон накопичення, із гладкою внутрішньою поверхнею (що підтверджено нормами харчової промисловості).

Моніторинг і контроль: впровадити датчики/контрольні точки (наприклад, вивантаження одиниць, інтервал між ними, пошкодження), щоб оцінити ефективність шнека зі змінним кроком на етапі експлуатації.

Застосування шнека зі змінним (мінним) кроком у системах транспортування штучних вантажів (пляшок, банок, упаковок) у харчовій промисловості — це перспективний технологічний підхід для підвищення продуктивності, зниження простоїв і підвищення якості подачі.

Успіх залежить від правильного проектування геометрії витків, підбору матеріалів, врахування динаміки одиниць продукції, а також від інтеграції в автоматизовану лінію.

Рекомендується впроваджувати такі рішення лише після випробувань і моделювання, щоб уникнути ризиків накопичення, пошкодження продукції чи простоїв лінії.

Література

1. Xu X., «Design and Experimental Study of Equal-Area Variable-Pitch Screw Feeder», Inmateh – Agricultural Engineering, 2021. Досліджено конструкцію шнека з **змінним кроком витків** («variable-pitch») для точного дозування сипучих матеріалів. URL: <https://api.inmateh.eu/public/uploads/64-42-N472-Xuemeng-Xu878effa8-d369-4239-b539-9f2b8e62635b.pdf> (дата звернення: 11.11.2025)

2. «Screw Conveyors: Types, Components and Configurations» (IQSDirectory) — технічна стаття, яка розглядає шнеки із змінним кроком (variable pitch) і зазначає, що такі конструкції часто застосовуються у харчовій промисловості (food manufacturing). URL: <https://www.iqsdirectory.com/articles/screw-conveyors.html> (дата звернення: 11.11.2025)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОМПОНОВКИ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА З ЧПК

A. Bozhko; Y. Viter; Y. Shved

RESEARCH AND SELECTION RATIONAL LAYOUT OF MULTIPURPOSE CNC METAL CUTTING MACHINE

Основними факторами, які впливають на компоновку багатоцільового верстатного комплексу є конструктивні особливості оброблюваної деталі та прийнята схема формоутворення.

На даний час поширеною класичною компоновкою столів є їх горизонтальне розміщення з координатними та круговими переміщеннями стосовно шпиндельного блока. Хоча в сучасних конструкторських рішеннях використовуються вертикальні розміщення планшайби столів, що дозволить зручно усувати стружку та ЗОР і найбільш характерне при обробці деталей легкої та середньої серії вагою до 15-25 кг.

Враховуючи тенденції розробки конструкцій багатоопераційних верстатів з ЧПК, вибрана вертикальна компоновка стола з круговим поворотом відносно горизонтальної осі та обмеженням в межах 100-120° відносно вертикальної осі. Такі рухи стола забезпечать можливість контурної та позиційної обробки параметрів деталей з багатьох сторін. На відміну від класичних компоновок координатні переміщення в проєктованому комплексі передбачається надавати шпиндельній бабці зі стійкою. Шпиндельна бабка представляє собою автономний функціонально завершений вузол головного руху.

Прийнята компоновка розроблена на основі модульного принципу, який дозволяє швидко розробляти різні компоновки верстатних комплексів стосовно певних умов.

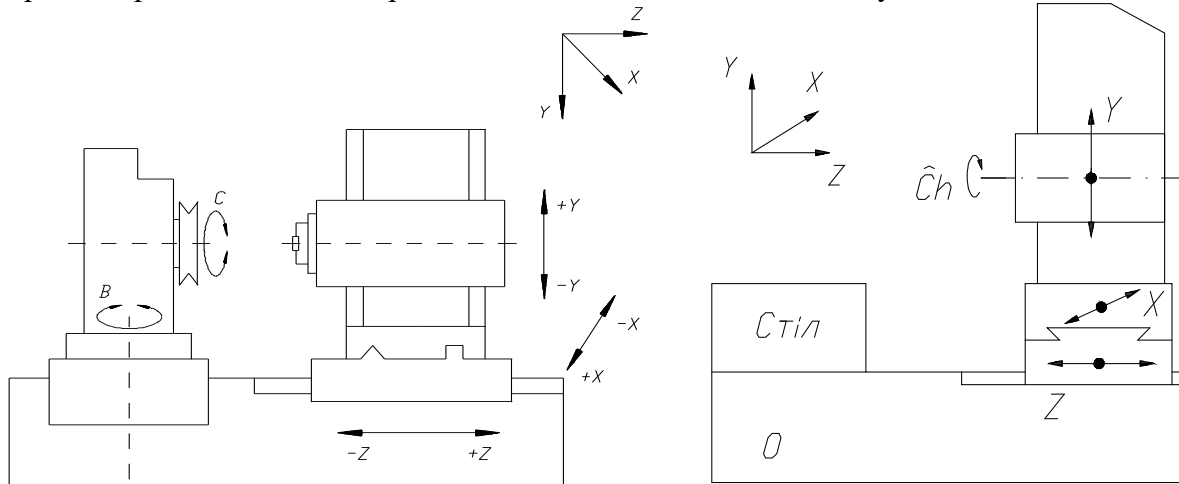


Рисунок 1. Компоновка багатоцільового верстатного комплексу з ЧПК.

Структурна формула:

$$A = Ch(abOZX), \quad (1)$$

де A , B – блоки стола з їх поворотними рухами відносно осі Z та Y ; O – стаціонарна несуча система-станина; Z , X , Y – блоки, які забезпечують координатні переміщення шпиндельної бабки в координатній системі; Ch – шпиндельна бабка головного руху верстата.

Кількість можливих компоновок: $n = 6! = 720$ варіантів.

ОСНОВНІ УМОВИ ЕФЕКТИВНОЇ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ НА ПРУТКОВОМУ ТРАНСПОРТЕРІ

**V. Boiko, postgraduate student; A. Babii, Dr., Prof.; Malevych N., Ph.D.
BASIC CONDITIONS FOR EFFECTIVE SEPARATION OF POTATO
HEAP ON A ROD CONVEYOR**

При підкопуванні бульбоносного пласта картопляної грядки важливою складовою цього процесу є сепарація картопляного вороху. Первинне розділення компонентів суміші відбувається на площині лемеша, особливо, якщо він вібраційного типу. Але такої сепарації зовсім недостатньо, щоб отримати певної чистоти кінцевий продукт. Тому наступним етапом очищення картопляного вороху є його сепарація, наприклад на площині пруткового транспортера. Від геометричних параметрів та кінематики його руху залежить ступінь очищення картоплі від ґрунтових та рослинних домішок. Тому наше дослідження спрямоване на формування критеріїв сепарації та умов переміщення картопляного вороху прутковим транспортером.

Процес сепарації картопляного вороху на транспортерах сучасних картоплезбиральних машинах зумовлений складністю взаємодії бульб, грудок ґрунту рослинних решток тощо із робочою площиною сепаруючо-транспортуючої системи пруткового транспортера картоплекопача.

Функціональне призначення такого транспортера – транспортувати та сепарувати компоненти картопляного вороху.

Щодо транспортуючої здатності пруткового транспортера, то тут спочатку визначають продуктивність, яку він повинен забезпечити, а потім на основі цього конструктивно приймають ширину полотна та лінійну швидкість переміщення.

Щоб забезпечити функцію сепарування необхідно задовольнити критерії проходження фракцій домішок, які йдуть проходом крізь щілини транспортера.

Розглядаємо транспортер із кроком прутків s , їх діаметром d , кутом нахилу α та кутовою частотою коливань транспортера ω . Лінійна швидкість його полотна буде складати

$$\mathcal{G}_t = n\pi R/30, \quad (1)$$

де n – частота обертання приводу; R – радіус приводного барабана (зірочки).

Рівняння руху частинки масою m на коливній поверхні прутків у проєкції на горизонтальну вісь координат буде

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kc = ma_0 \sin(\omega t), \quad (2)$$

де c – коефіцієнт демпфування; k – коефіцієнт, що аналогічний коефіцієнту пружності; a_0 – амплітуда прискорення збурюючої сили.

Частинка втратить контакт із площиною транспортера, тобто буде ним підкинута, якщо виконуватиметься умова

$$a_0\omega^2 \geq g \cos \alpha. \quad (3)$$

При виконанні цієї умови частинка отримає імпульс сили відриву

$$I \geq m\mathcal{G}_0 = ma_0\omega. \quad (4)$$

Подальший рух частинки за спрощеною моделлю буде аналогічний вільному польоту, що описується наступними залежностями:

$$x(t) = x_0 + \mathcal{G}_0 t; \quad y(t) = y_0 + \mathcal{G}_0 t \tan \alpha - \frac{gt^2}{2}; \quad (5)$$

Переміщаючись полотном транспортера чи відриваючись від його поверхні, частинка зможе пройти крізь щілину (геометричні умови)

$$b = s - d, \quad (6)$$

де s – крок між прутками; d – діаметр прутка, якщо буде виконуватись умова

$$D_p \leq b, \quad (7)$$

тут D_p – проєкційний розмір частинки, що визначається її положенням у просторі.

Динамічний критерій сепарації. Суть цього критерію виражається здатністю частинки масою m проходити крізь щілини між прутками транспортера при їх падінні з висоти h . При цьому виникає нормальна сила співударяння

$$F_n = m(g + a_0 \omega^2). \quad (8)$$

Щоб цей процес відбувся, нормальна сила повинна перевищувати реакцію опору проникненню частинки, тобто реакцію опору сусідніх прутків. Цю реакцію апроксимують як пружну деформацію системи

$$F_{кр} = k_p \delta, \quad (9)$$

де k_p – еквівалентна жорсткість прутка; δ – переміщення частинки у напрямку щілини.

Умовою проходження частинки крізь щілини транспортера буде

$$m(g + a_0 \omega^2) \geq k_p \delta. \quad (10)$$

Ефективно частинки будуть сепаруватися на транспортері, якщо кінематичний режим роботи транспортера забезпечить їм відносне ковзання. Умова початку ковзання

$$a_t \geq \mu g \cos \alpha, \quad (11)$$

де a_t – тангенційне прискорення; μ – коефіцієнт тертя.

$$a_t = g_0 \omega + g \sin \alpha. \quad (12)$$

Матеріал на площині транспортера буде перемішуватися, якщо

$$g_0 \omega + g \sin \alpha \geq \mu g \cos \alpha. \quad (13)$$

Таким чином, чим інтенсивніше буде перемішування картопляного вороху тим більша ймовірність того, що відповідна частинка знайде своє положення, при якому вона пройде крізь щілину між прутками транспортера. Крім того, для повноти опису цього процесу можна застосовувати ще й механіко-статистичну модель ймовірності сепарації, яка дозволяє врахувати характерний розподіл частинок та ймовірність сепарації окремих компонентів картопляного вороху.

Література

1. Babii A., Holovetskyi I. Engineering method of studying the kinematic parameters of the working body of the potato harvesting machine. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Vol. 10(41)_I. pp. 200-212.
2. Babii A., Holovetskyi I., Boiko V. (2024). Analysis of the behavior of potato bearing layer particles on the oscillating plane of the potato plant ploughshare. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 116, no 4, pp. 78–89.
3. Бабій А., Головецький І. Визначення конструктивних параметрів елементів машин при нестационарних процесах навантаження. *Матеріали І-ї Міжнародної науково-технічної конференції «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА» присвяченої 80-ти річчю з дня народження професора Ч.В. Пульки, Тернопіль, 2024. С. 149-151.*
4. Бабій А.В., Головецький І.В., Гладь Ю.Б. Дослідження кінематичних параметрів вібраційного лемеша картоплекопача з використанням комп'ютерної програми. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. "Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин", ЦНТУ. 2023. С.227-236.*

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗМІШУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В КОНДИТЕРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

A.V. Burak

DESIGN SOLUTIONS FOR THE WORKING PARTS OF MIXING EQUIPMENT IN CONFECTIONERY PRODUCTION

Процес перемішування є ключовим технологічним етапом у кондитерській промисловості, що забезпечує отримання однорідних багатокомпонентних систем. Якість готової продукції – тістечок, бісквітів, кремів, помадок, шоколадних мас – безпосередньо залежить від ефективності змішувального обладнання.

Специфіка кондитерського виробництва полягає в необхідності обробки продуктів з широким діапазоном реологічних властивостей – від рідких сиропів (в'язкість 0,1 Па·с) до щільних карамельних мас (понад 1000 Па·с).

Лопатеві мішалки є найпоширенішим типом обладнання для тістових мас середньої в'язкості (10-100 Па·с). Вони складаються з вала з жорстко закріпленими плоскими або вигнутими лопатями.

Для бісквітного тіста використовують плоскі лопаті з гладкою поверхнею. Серпоподібні лопаті застосовують для густих тістових мас (пісочне, здобне тісто). Часто використовують багатолопатеві системи (2-4 лопаті) з симетричним розташуванням або ярусною конфігурацією.

Планетарні мішалки характеризуються складним рухом: обертанням робочого органу навколо власної осі і одночасним обертанням навколо осі чаші. Оптимальні для мас з в'язкістю 1-500 Па·с.

Шнекові мішалки застосовують для в'язких мас (50-2000 Па·с): карамельних, шоколадних мас, густих начинок.

Турбінні мішалки створюють інтенсивні радіальні та тангенціальні потоки. Застосовуються для продуктів з в'язкістю 0,01-10 Па·с: рідких сиропів, глазурей.

Спеціальні конструкції включають турбіни з розсікачами потоку, перфорованими лопатями або відкриті турбіни без центрального диска.

Мішалки-гомогенізатори для емульсійних кремів: ротор зі швидкістю 1000-3000 об/хв і статор із зазором 0,1-0,5 мм забезпечують стабільні емульсії з розміром крапель 1-10 мкм.

Робочі органи виготовляють з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т або AISI 304/316L. Шорсткість поверхні $Ra \leq 0,8$ мкм. Для липких продуктів застосовують PTFE або керамічні покриття.

Вибір конструкції визначається реологічними властивостями продукту, технологічними вимогами та масштабом виробництва. Правильний підбір забезпечує високу якість продукції, мінімальні втрати, оптимальні енерговитрати та термін служби 10-15 років.

Література

1. Ворошук В.Я., Вітенько Т.М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks: навч. посіб. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 164 с.
2. Ворошук В., Піцик В. Інноваційні рішення з експлуатації промислового обладнання // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 91-ї Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів (Київ, 7–11 квіт. 2025 р.). Київ : НУХТ, 2025. Ч. 2. С. 25.

**ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ПОВЕРХОНЬ ТА КРОМОК ПІД ЗВАРЮВАННЯ
ГАРЯЧЕПРЕСОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ****S. Y. Vashuk****SPECIFICS OF WELDING SURFACE AND EDGE PREPARATION FOR HOT-
PRESSED COMPONENTS**

Підготовка поверхонь під зварювання є критично важливим етапом, який безпосередньо впливає на формування зварного шва, його структурну однорідність та довговічність конструкції, особливо відповідальних виробів, посудин та трубопроводів, що працюють при підвищених тисках та температурах. Відповідно до стандартів на виготовлення даних конструкцій зварні кромки і прилеглі до них ділянки повинні бути очищені від окалин, фарби, мастила та інших забруднень. Стандарт ДСТУ-Н Б А.3.1-32:2015 «Настанова щодо монтажу та зварювання посудин, що працюють під тиском, при будівництві будівель та споруд» деталізує дану вимогу тим, що поверхні перед зварювання зачищаються до металевого блиску і прилеглих до них усіх поверхонь на ширину 15- 20 мм.

Проте з метою збереження металевих заготовок та окремих виробів при транспортуванні проводиться їх консервація. Тому початковою операцією підготовки поверхонь до зварювання є операція розконсервації з метою видалення консерваційних мастил, продуктів окиснення, вологи, забруднень та технологічних залишків, що накопичилися під час транспортування, зберігання або формоутворення деталі. Саме розконсервація створює умови для подальшої ефективної підготовки крайки, оскільки дає змогу усунути ті шари та плівки, які не можна зняти простим шліфуванням і які здатні спричинити пористість, включення або нестабільне проплавлення. Лише після повного очищення й висушування поверхні здійснюють механічну зачистку поверхонь до металевого блиску. Така послідовність, спочатку розконсервація, а потім механічна обробка — забезпечує чисту, однорідну й суху металеву поверхню, оптимальну для формування бездефектного зварного шва.

Загальна послідовність розконсервації будь-яких металевих деталей перед зварюванням включає видалення всіх органічних і мінеральних забруднень, що можуть вплинути на формування шва, зокрема мастил, солей, вологи, органічних забруднень. Спочатку деталь витримують у сухому приміщенні для усунення конденсату, після чого виконують знежирення за допомогою органічних розчинників або слабколужних мийних засобів, видаляючи мастила, масла й технологічні плівки. Далі проводять механічне очищення — видалення окалини, іржі та продуктів окиснення щітками, абразивним інструментом або дробоструминною обробкою. У випадку застосування водних мийних засобів поверхню ретельно споліскують і повністю висушують, не допускаючи залишкової вологи в зоні майбутнього шва. Підготовка завершена тоді, коли ділянка зварювання чиста, суха, без жиру, окалини, корозії та сторонніх включень.

Для гарячепресованих деталей, зокрема днищ, існують важливі особливості. Після гарячого формування на поверхні залишається щільна високотемпературна окалина та залишки мастильних матеріалів, тому обробка кромки виконується інтенсивніше. Спочатку проводять обов'язкове знежирення для видалення мастил гарячого формування, після чого механічно усувають окалину, переважно шліфуванням або дробоструминною обробкою, оскільки вона щільно зв'язана з металом. Підготовці підлягає лише зона майбутнього шва — приблизно 15–25 мм від кромки, [1]. Якщо застосовуються водні мийні склади, кромка повинна бути повністю висушена перед зварюванням. Такі деталі вимагають більш ретельного очищення через характерні залишки штампування та більш

міцну окалину в зоні деформації.

Після гарячого пресування на поверхні деталей (днищ, штампованих кришок, фланців) залишається щільна високотемпературна окалина, змішана з пригорілими мастилами й графітовими змащувальними добавками. Цей шар має напівкарбонізовану структуру і практично не знімається сухою механічною зачисткою, тому на початковому етапі можна застосовувати вологу хімічну обробку. Найчастіше використовують лужні розчини на основі NaOH або KOH у концентрації 5–10 %, при температурі 50–80 °С, які розм'якшують органічну складову пригорілого мастила, [2]. Деталь або її частину занурюють або рясно промивають розчином протягом 10–20 хвилин, щоб забезпечити повне змочування та реакцію з карбонізованим мастильним шаром. Після лужної обробки поверхню ретельно промивають гарячою водою, що видаляє залишки луку та частково розм'якшену органіку, після чого виконують витирання чистою ганчіркою до повного видалення водної плівки.

Особливістю обробки гарячепресованих деталей є обов'язкове й повне висушування кромки, яку готують під зварювання. Після промивання деталі витримують у теплому сухому повітрі не менше 15–30 хв, або прогрівають теплим повітрям до повного випаровування вологи з крайової зони на ширині 15–25 мм. Після сушіння поверхню протирають чистою сухою тканиною, перевіряючи відсутність вологи, мастильних слідів і темних плям пригорілої органіки. Лише після завершення цієї волого-хімічної підготовки переходять до механічного зняття щільної окалини дробоструминною чи абразивною обробкою, забезпечуючи стабільний доступ металу та рівномірну чистоту перед формуванням зварного шва.

Після обробки якість поверхні перевіряють візуально за еталонами. За потреби контролюють шорсткість. Кромку допускають до подальшої підготовки лише після підтвердження, що поверхня є сухою, рівномірно матовою, без пилу, мастильних залишків та продуктів корозії, а зварювання бажано виконати протягом найближчих 2–4 годин, щоб уникнути повторного окиснення.

Література

1. ДСТУ-НБА.3.1-32:2015. Настанова щодо монтажу та зварювання посудин, що працюють під тиском, при будівництві будівель та споруд / Мінрегіон України. – Київ, 2015.
2. ДСТУ ГОСТ 9.101:2004. Єдина система захисту від корозії та старіння. Основні положення / Держспоживстандарт України. – Київ, 2004.

УДК 631.319.4

**І.В. Вовк, аспірант; В.В. Бойко, аспірант; А.В. Бабій, докт. техн. наук, професор;
А.В. Дем'янчук, здобувач освіти**
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КРИТЕРІЇ РУЙНУВАННЯ СТЕБЕЛ РОСЛИН БИЛОМ МУЛЬЧУВАЧА ПРИ ПІДГОТОВЦІ ПОЛЯ ДО ЗБИРАННЯ

**I. Vovk, postgraduate student; V. Boiko, postgraduate student; A. Babii, Dr., Prof.;
A. Demianchuk, education seeker**

CRITERIA FOR DESTROYING PLANT STEMS WITH A MULCHER WHEN PREPARING THE FIELD FOR HARVESTING

Ефективність збирання просапних культур таких як картопля в значній мірі залежить від підготовки поля. Видалення бадилля картоплі та стебел бур'янів значно впливають на подальший процес підкопування та сепарації коренебульбоплодів. Одним з

найефективніших способів очищення картопляної грядки є застосування мульчувачів, робочі органи яких «зайву» рослинність подрібнюють на дрібні частинки, які швидко пересихають та не чинять негативного впливу при збиранні основної культури.

Щоб забезпечити ефективну роботу такого ротаційного робочого органу, ще на стадії його проектування потрібно закласти можливість, а в процесі експлуатації забезпечити потрібний кінематичний режим роботи. Це пов'язано з тим, що робочі органи мульчувача – біла працюють за принципом безпідпільного зрізу. Цей чинник вказує на те, щоб такий процес міг відбуватися з мінімальними енергетичними затратами, потрібно розуміти механізм руйнування стебла при такій взаємодії.

У загальному випадку можна виділити такі основні критерії руйнування стебла рослини від дії бильного робочого органу: критерій згинального руйнування; критерій зсувного (зрізуючого) руйнування; критерій ударного руйнування (енергетичний); критерій тріщиноутворення (енергетико-фрактурний); інтегральний критерій комбінованого руйнування.

Якщо розглядати руйнування стебла рослини за критерієм згинального руйнування, то при дії бильного робочого органу останній повинен створити у стеблі рослини такі згинальні напруження, при яких є перевищення межі міцності матеріалу стебла на розтяг

$$\sigma_{зг} = \frac{M}{W} \geq \sigma_{кр}, \quad (1)$$

де M – згинальний момент; W – момент опору перерізу стебла;

$\sigma_{кр}$ – критичне напруження або границя міцності рослинного матеріалу.

Момент, що створюється силою взаємодії біла зі стеблом, має ненульове плече. Природа утворення такого моменту є певним чином складною. Механізму виникнення такого моменту ми тут не наводимо, лише констатуємо, що при виникненні вказаного моменту у стеблі рослини від його дії виникають критичні напруження, які руйнують його.

Розглядаючи другий критерій, його фізичний зміст полягає в тому, що робоча кромка біла має відповідну геометрію і це дозволяє їй чинити локальну дію, при якій виникають критичні зсувні напруження.

Умова руйнування матиме вигляд

$$F_p = \tau_{кр} A, \quad (2)$$

де F_p – сила різання; $\tau_{кр}$ – критичне напруження зсуву; A – площа зрізу (локальна зона контакту), її наближено визначають як добуток товщини леза біла на діаметр рослини.

Цей критерій умовно діє в тому випадку, якщо робоча кромка біла є гострою або з малим радіусом заокруглення, а швидкість взаємодії є відносно невеликою.

Критерій ударної взаємодії характеризується наступними чинниками. Руйнування стебла відбувається в тому випадку, коли било йому передає певну кількість енергії за дуже короткий час і ця енергія перевищує роботу, яка затрачається на руйнування даного рослинного матеріалу.

Умову такого руйнування можна записати наступним чином

$$W_{уд} = \frac{1}{2} m_{эф} \mathcal{G}^2 \geq W_{кр}, \quad (3)$$

де $m_{эф}$ – ефективна маса біла; $\mathcal{G}$ – лінійна швидкість біла; $W_{кр}$ – критична робота руйнування стебла.

Для реалізації руйнування стебел за цим критерієм має бути висока швидкість взаємодії та короткочасний удар (імпульс сили). Найкраще підходить для крихких рослинних матеріалів.

За критерієм тріщиноутворення фізика процесу наступна. При взаємодії робочого органу з рослиною у стеблі виникає тріщина. Її розвиток визначається співвідношенням між енергією деформації та критичною енергією руйнування матеріалу. Умова

руйнування за Гріффітсом

$$G \geq G_c, \quad (4)$$

де G – енерговиділення при зростанні тріщини;

G_c – критичний показник тріщиностійкості.

$$G = \frac{\sigma^2 \pi a}{E}, \quad (5)$$

де a – половина довжини тріщини; E – модуль пружності.

Цей процес характерний для товстостебельних рослин при досягненні межі згинальної міцності. Також тут характерним є багаторазова дія робочих органів.

На практиці жодний із наведених критеріїв не застосовується у чистому вигляді на ділянці поля, де виконують підготовку до збирання, видаляючи рослинні рештки. Тому варто застосовувати інтегральний критерій комбінованого руйнування. Математичний вираз цього критерію можна представити наступним чином

$$k_1 \frac{M}{W \sigma_{кр}} + k_2 \frac{F_p}{\tau_{кр} A} + k_3 \frac{W_{уд}}{W_{кр}} \geq 1, \quad (6)$$

де k_1, k_2, k_3 – вагові коефіцієнти, що враховують домінування певного механізму руйнування.

Підходячи найбільш критично, наприклад за енергетичним критерієм, визначають мінімальну частоту обертання ротаційного робочого органу для надійного подрібнення рослинних решток.

Література

1. Вовк І.В., Бабій А.В., Малевич Н.Ю., Новацький П.І. Обґрунтування частоти обертання вала ротаційного робочого органу. *Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С.80-81.*

2. Бабій А., Вовк І., Гладько Ю. Багатофункціональний ротаційний робочий орган. *Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Рівне, 9-10 квітня 2025 року. Рівне: НУВГП, 2025. С.6-8.*

3. Вовк І.В., Бабій А.В. Обґрунтування доцільності у проектуванні багатофункціонального ротаційного робочого органу. *Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. С.96-97.*

УДК 621.91

С.Я. Волинець, С.С. Кирик, Д.Р. Тхорик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ

S.Ya. Volynets, S.S. Kyryk, D.R. Thoryk

THE STUDY OF THE CUTTING TOOL DEFORMATION FOR HOLES MACHINING

В результаті літературного аналізу [1, 2], експериментальних досліджень визначено, що жорсткість, конструкція, величини деформації при зовнішньому силовому навантаженні на різучу пластину розточної оправки мають значний вплив на якість обробленого отвору, зокрема на точність та шорсткість обробленої поверхні. Одним із

методів підвищення жорсткості розточної оправки при обробленні глибоких глухих отворів є застосування додаткових напрямних опор 4 (рис. 1).

На основі розрахункової схеми рис. 1 виведено диференціальне рівняння деформації розточної оправки з трьома пружними напрямними опорами як геометричне місце центрів поперечних перерізів оправки:

$$-E \frac{\pi D^4}{64} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + F_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - cy(1 + 2 \cos \alpha) + F_r = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}, \quad (1)$$

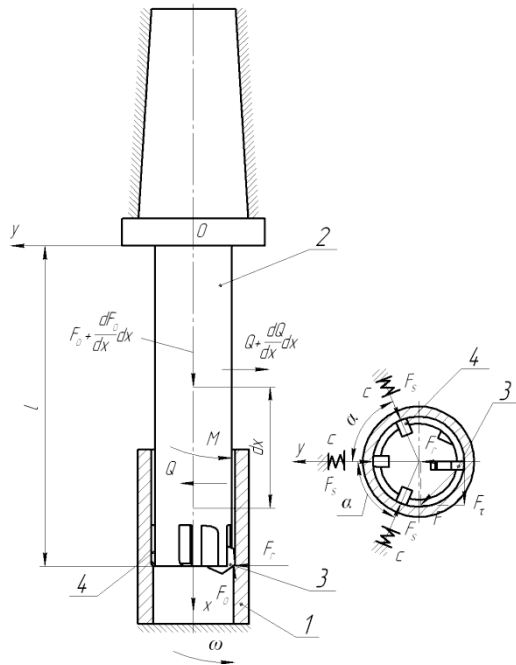


Рисунок 1. Розрахункова схема для дослідження деформації розточної оправки із напрямними опорами: 1 – заготовка; 2 – оправка; 3 – ріжуча пластина; 4 – напрямна опора

де E - модуль Юнга матеріалу розточної оправки; D - діаметр поперечного перерізу оправки; F_0 - осьова сила різання; c - еквівалентна жорсткість пружної напрямної опори; α - кут розміщення пружних напрямних опор відносно осі y ; F_r - радіальна сила різання; $m(x)$ - погонна маса розточної оправки в напрямку осі x .

Розв'язок диференціального рівняння виконано поєднанням методів Фур'є, чисельного методу Рунге-Кутта із розв'язком задачі Штурма-Ліувілля. Результати розв'язку з початковими граничними умовами представлено у вигляді графіків. Встановлено, що застосування направляючих опор на розточній оправці діаметром $D=28$ мм і довжиною $l=118$ мм дозволяє зменшити величину деформації оправки в 1,5 рази, діаметром $D=35$ мм - в 1,2 рази, діаметром $D=42$ мм - в 1,11 рази.

Література

1. Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Третяков О.Л. Дослідження деформації заготовки в процесі нарізання зовнішніх радіусних канавок пристроєм із декількома різцями. Перспективні технології та прилади. Зб. наук. праць. Луцьк, 2018. Вип. 12. С. 105-110.
2. Дячун А.Є., Дзюра В.О., Клендій В.М., Третяков О.Л. Дослідження методом 3d сканування шорсткості гвинтових поверхонь після процесу ударного зміцнення. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Луцьк, 2017. №38. С. 66 - 74.

СИЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОКАРНОГО ПЛУНЖЕРНОГО ПАТРОНА З КОМПЕНСАЦІЮ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ

V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., V.M. Bukhovets, Ph.D., Y.A. Rudyk

FORCE CHARACTERISTICS OF A LATHE PLUNGER CHUCK WITH CENTRIFUGAL FORCE COMPENSATION

Сучасні токарні верстати з ЧПК спроектовані таким чином, щоб забезпечити високу продуктивність, точність та якість обробки. Одним із важливих компонентів у конструкції токарного верстата є затискний механізм. Він поряд з іншими механізмами має значний вплив на точність та продуктивність обробки деталі, оскільки від нього залежать використовувані режими різання та час, витрачений на обробку деталі [1]. У випадку токарних верстатів з ЧПК збільшення швидкості обертання шпинделя призводить до збільшення відцентрової сили, що діє на кулачки затискних патронів (ЗП), що призводить до зменшення сили затиску заготовки [1, 2]. Тому розробка плунжерних ЗП з компенсаторами відцентрових сил та оцінка їх силових характеристик з метою вибору їх конструктивних параметрів є актуальною задачею.

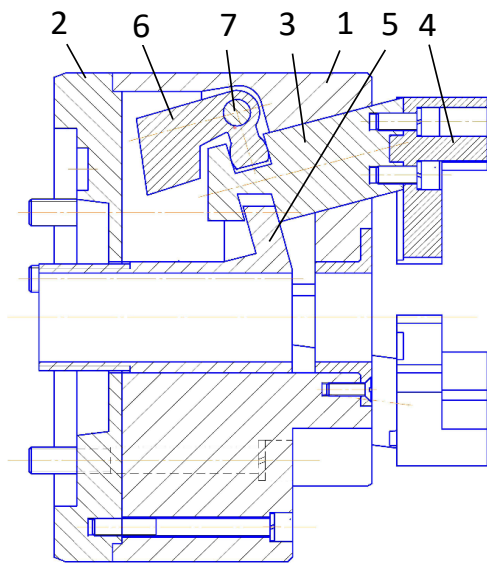


Рис.1. Розроблений плунжерний ЗП з компенсацією відцентрових сил

На основі аналізу схем встановлення вантажів [1] розроблено конструкцію плунжерного ЗП з компенсаторами відцентрових сил у вигляді важелів з вантажами (рис.1). В корпусі 1 ЗП розміщені під кутом 15° до осі патрона плунжери 3 із кулачками 4, які приводяться в дію за допомогою виступів привідного штока 5. В корпус 1 посаджені осі 7, на яких встановлені важелі 6 із вантажами. Другі кінці важелів 6 входять у пази плунжерів 3. ЗП закривається кришкою 2, в якій виготовлено отвір для закріплення його на шпинделі.

На основі розгляду дії сил в ЗП розроблено математичні моделі для визначення сумарної радіальної сили затиску заготовки в статиці та в процесі усталеного обертання з врахуванням компенсації відцентрових сил. За результатами моделювання із використанням математичного пакету MathCAD, побудовані динамічні силові характеристики та визначені допустимі частоти обертання ЗП. За допомогою розроблених моделей встановлено вплив ряду параметрів на динамічні силові характеристики ЗП з компенсаторами відцентрових сил.

Література

1. Технологічне оснащення для високоєфективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
2. Кузнецов Ю.М. Критичні частоти обертання токарних затискних патронів/ Кузнецов Ю.М., Волошин В.Н., Е.-Д. Фарук// Машинознавство. – 2005. - №4 (94). – С.17-21.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНОГО ТИСКУ НА ПОВЕРХНЯХ СЕГМЕНТНОЇ ЦАНГИ ЗАТИСКНОГО ПАТРОНА З ІНТЕГРОВАНИМ ПРУЖИННИМ ПРИВОДОМ ЗАТИСКУ

V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., V.M. Bukhovets, Ph.D., V.D. Yevchuk

THEORETICAL STUDIES OF CONTACT PRESSURE ON THE SURFACES OF A SEGMENTED COLLET OF A CLAMPING CHUCK WITH AN INTEGRATED SPRING-DRIVEN CLAMP

Структурні характеристики сучасного токарного верстата з ЧПК та різальний інструмент суттєво впливають на продуктивність обробки. Але найважливішим фактором є ступінь інтеграції між верстатом, заготовкою та інструментом. Тому продуктивність затискного патрона, встановленого на шпинделі токарного верстата, відіграє важливу роль, так як він повинен забезпечити точний та стабільний затиск заготовки [1]. У зв'язку з цим розроблення швидкодіючих цангових затискних патронів з автоматизованими функціями та інтегрованими приводами затиску для токарної обробки, які можуть здійснювати надійний затиск заготовок, в тому числі і без зупинки шпинделя, є актуальною науково-практичною задачею.

З метою забезпечення затиску максимального розміру прутків і труб, який дозволяє отвір всередині шпинделя, зменшення габаритних розмірів шпиндельних вузлів із механізмами затиску розроблений цанговий затискний патрон з інтегрованим пружинним приводом затиску та гідравлічним приводом розтиску. Його перевагами є відсутність контакту пристроїв для підводу повітря або масла, який наявний у відомих конструкціях гідравлічних чи пневматичних токарних патронів [2], компактна конструкція та можливість здійснювати затиск (розтиск) в процесі обертання шпинделя.

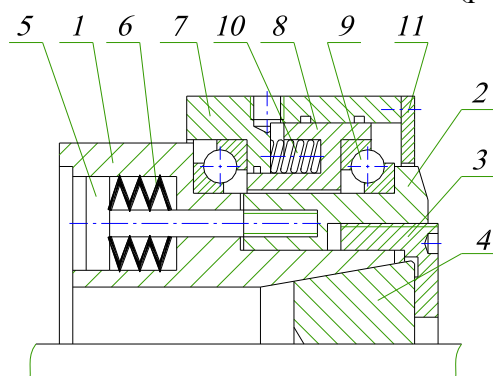


Рисунок 1. Цанговий затискний патрон з інтегрованим пружинним приводом затиску

Цанговий затискний патрон з інтегрованим пружинним приводом затиску та гідравлічним приводом розтиску (рис. 1) складається із корпусу 1, в який встановлена сегментна затискна цанга 4, що взаємодіє із натискною гайкою 3. Натискна гайка 3, з'єднана із стаканом 2, приводиться в дію при затиску пружинним

приводом, що містить штоки 5 та пакети тарілчастих пружин 6. Розтиск здійснюється від необертового гідравлічного циліндра, який складається із корпусу 7 та поршня 8, що встановлені на упорно-радіальних підшипниках 9. На відміну від цангових затискних патронів, які вимагають зупинки шпинделя під час затиску-розтиску, цей затискний патрон можна використовувати навіть під час обертання шпинделя, що скорочує допоміжний час. Завдяки переміщенню сегментної цанги всередині конусної поверхні корпусу 1 при затиску забезпечується точне позиціонування прутка та висока точність затиску.

Ключовою силовою характеристикою затискного патрона є контактний тиск в зонах контакту, оскільки він визначає наскільки надійно деталь затиснута та чи не деформується вона під час обробки, а також впливає на точність обробки [1, 3]. В рамках даної роботи проведені теоретичні дослідження контактного тиску в зоні контакту сегментів затискної цанги із заготовкою та в зоні контакту з конусною поверхнею корпусу в статиці. На основі розрахункових схем контакту сегменту затискної цанги із заготовкою та з конусною поверхнею корпусу розроблені математичні моделі для визначення контактного тиску в цих зонах контакту.

За результатами моделювання встановлено, що при зміні діаметра затиску від 20 до 52 мм контактний тиск у зоні контакту сегмента затискної цанги та заготовки зменшується у 2,6 рази (рис.2) Максимальний контактний тиск на зовнішню поверхню заготовки одного сегменту затискної цанги складає 9,66 МПа при мінімальному діаметрі затиску 20 мм та максимальній радіальній силі затиску 7 кН одним сегментом затискної цанги. Результати моделювання (рис.3) показують, що максимальний контактний тиск в зоні контакту конічної поверхні сегменту затискної цанги буде виникати на ділянці із мінімальним радіусом, а мінімальний – на ділянці із максимальним радіусом. Для розробленої конструкції цангового затискного патрона максимальний питомий тиск у зоні контакту конічної поверхні сегменту затискної цанги у 1,43 рази більший за мінімальний.

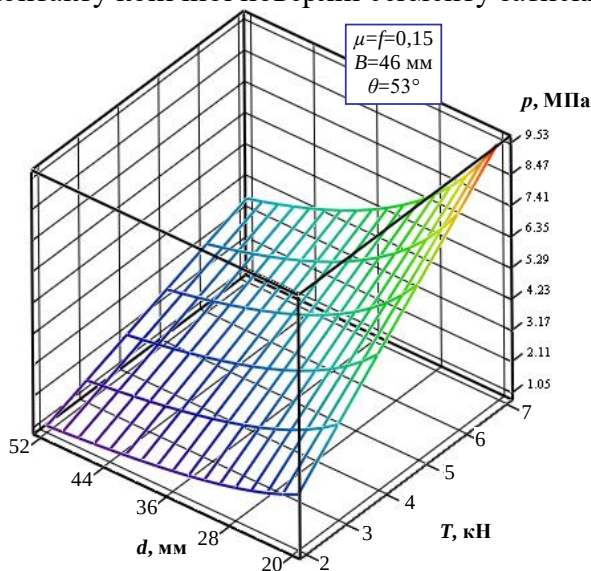


Рисунок 2. Залежності контактного тиску p на заготовку сегментом цанги від його радіальної сили затиску T та діаметра затиску d

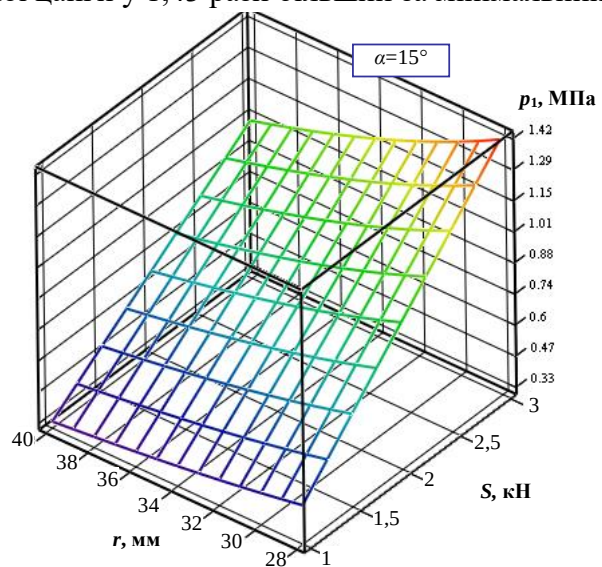


Рисунок 3. Залежності питомого тиску p_1 по конічній поверхні сегменту цанги від його осьової сили затиску S

Література

1. Технологічне оснащення для вискоєфективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
2. Pneumatic/hydraulic front-end chucks. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.smwautoblok.com/us/en/catalogs/turning/pneumatic-hydraulic-front-end-chucks-control-units/>.
3. Lutsiv I. Computer simulation of clamping jaws with elastic compensating links for thin-walled parts clamping/ I. Lutsiv, V. Voloshyn, I. Los. // Professional studies: Theory and Practice. – 2021 – №9(24) – pp. 70-74.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ПРОМЕНЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

V.Ya. Havryliuk, R.R. Zvarych

THE FEATURES APPLICATION OF LASER BEAM IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF METAL PROCESSING

Зварювальні технології набули широкого застосування в різних технологічних процес обробки металів та їх сплавів. Зокрема, лазерним променем можна виконувати такі операції, як різання, зміцнення та очищення металів, а також їх зварювання, наплавлення, напилювання і паяння. Крім того лазерний промінь застосовується для різання неметалів, наприклад полімерних матеріалів, штучних шкір, деревини та ін. У медицині також мають місце застосування дані технології, для прикладу – різання та зварювання живих тканин.

Як правило, лазерні технології легко піддаються автоматизації, тому їх робота в основному здійснюється із використанням установок та верстатів з числовим програмним управлінням, які працюють по заданій програмі – різання, очищення, зварювання та наплавлення. Останнім часом на ринку зварювального устаткування появилось обладнання, яке призначене для роботи в ручному режимі, саме ним можна виконувати лазерне зварювання, різання та очищення металів і їх сплавів.

Основними перевагами технологічних процесів із використанням лазерного променя є висока точність і якість виконуваних ними робіт. Це досягається завдяки концентрованому введенню теплоти і її точному керуванню, що дає змогу обробляти матеріали товщиною від кількох мікрометрів до декількох міліметрів і більше.

Як вже згадувалося раніше, використання цих технологій має широкий спектр застосування. Однак найбільше використовується обладнання пристосоване для лазерного різання металів. Схема процесу лазерного різання показана на рисунку 1 [1].

Таким чином, застосування лазерного променя є одним із основних методів обробки металів і не тільки, завдяки своїй універсальності та високій якості виконуваних робіт. З розвитком технологій ціна на лазерне устаткування стала більш помірнішою, що дозволило суттєво збільшити обсяги його використання.

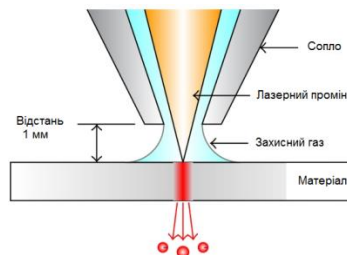


Рисунок 1. Схема лазерного різання [1]

Література

1. Schematic of conventional laser cutting process of metallic materials with assist gas. Research Gate: web site. URL: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-conventional-laser-cutting-process-of-metallic-materials-with-assist-gas_fig14_258382749 (дата звернення: 30.11.2025).

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ КОНСТРУКЦІЇ СВЕРДЕЛ З ЦЕНТРАЛЬНИМ ТВЕРДОСПЛАВНИМ НАКОНЕЧНИКОМ ДЛЯ СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ ГЛИБИНОЮ $8 \times D$

A.V.Gagaliuk, Ph.D., V.S. Nikitiuk

OVERVIEW OF RESEARCH ON THE DESIGN OF DRILLS WITH A CENTER CARBIDE TIP FOR DRILLING HOLES WITH A DEPTH OF $8 \times D$

Свердління є найпоширенішим способом продуктивного отримання отворів для яких використовують суцільні спіральні свердла [1, 3]. Отвори з глибиною $8 \times D$ класифікують, як глибокі. Отримання таких отворів створює значно більше труднощів, ніж менш глибокі отвори. Найбільша проблема для свердл можливість відведення свердла від осі. Для діаметрів отворів від 20 мм і високопродуктивної обробки на обробних центрах з ЧПК суцільні твердосплавні свердла не зовсім практичні. Для цього створено нові конструкції свердл (рис.1) із центральним напрямним наконечником [3], як по аналогії із свердлами для дерева. Така конструкція свердл дозволяє їх використовувати для усього діапазону матеріалів груп Р, М, К, N, S, H. Для виведення стружки передбачено отвори підведення ЗОР через інструмент. Кут підйому стружковідвідних канавок виконано із малим кутом, ніж у спіральних, що сприяє збільшенню жорсткості свердла без використання кондукторів [2].

Конструкція стружковідвідної канавки у свердлах зі змінними пластинами суттєво впливає на ефективність видалення стружки, відхилення діаметра свердла та деформацію свердла в процесі свердління, що є вирішальними для підтримки стабільності свердла та мінімізації відхилень діаметра просвердленого отвору. Однак традиційні конструкції стружковідвідних канавок не відповідають виробничим стандартам під час свердління глибоких отворів, наприклад у сталі 42CrMo, особливо на глибинах, що досягають семикратного діаметра отвору [4]. Це дослідження представляє інноваційний метод оптимізації конструкції стружковідвідної канавки свердл зі змінними пластинами, спеціально призначених для глибокого різання металу, який включає в себе уточнення як поперечного перерізу, так і окружних профілів стружковідвідної канавки. Новий комбінований поперечний переріз стружковідвідної канавки був розроблений та випробуваний порівняно зі звичайним подвійним U-подібним профілем у експериментах зі свердління на 42CrMo. Виходячи з форми стружки внутрішньої та зовнішньої пластин, внутрішня секція канавок вставки виконана у вигляді U-подібного перерізу, а зовнішня секція канавок вставки виконана у вигляді трапеції відповідно, щоб збільшити частку ефективною площі видалення стружки в стружковідвідній канавці, що зменшує площу секції стружковідвідної канавки та збільшує товщину серцевини тримача інструменту. Крім того, коловий профіль було покращено за допомогою експериментів з ортогонального моделювання. Результати показали, що відхилення діаметра свердла при використанні нещодавно розробленого комбінованого поперечного перерізу зменшилося на 21,76% порівняно з традиційним подвійним U-подібним профілем у процесі свердління металу. Свердло зі змінними пластинами, що мало оптимізовану конфігурацію стружковідвідних канавок, продемонструвало значне



Рисунок 1. Свердло серії SPADERUSH
для глибини свердління $8 \times D$

покращення відхилення діаметра свердла, деформації свердла та точності діаметра просвердленого отвору, перевершуючи стандартну конструкцію свердла. [4]

Низька теплопровідність матеріалів, котрі використовують аерокосмічній, автомобільній та хімічній промисловості, призводить до високих термомеханічних навантажень на свердло під час обробки, що робить оптимальну подачу ЗОР до ріжучої кромки важливою. Для оптимізованого проектування інструментів необхідне реалістичне моделювання. Оскільки в'язкість ЗОР і олів для глибокого свердління сильно залежить від температури, то вона відіграє значну роль у комплексному моделюванні процесу. У роботі [5] досліджуються термомеханічні навантаження на інструмент на гвинтові свердла для глибокого свердління з покриттям TiAlN під час обробки титанового сплаву Ti-6Al-4V (клас 5), які будуть служити вхідними даними для тривимірного моделювання утворення стружки методом скінченних елементів (МСЕ), зосередженого на розподілі температури. Експериментальні дослідження проводяться з послідовно змінними параметрами процесу швидкості різання, швидкості подачі та тиску ЗОР. Знання, отримані в цьому дослідженні, мають фундаментальне значення, оскільки вони слугують основою для майбутнього розвитку моделювання взаємодії рідини з конструкцією (ВРК), щоб мати змогу враховувати вплив температури на потік ЗО. [5].

Література

1. Нікітюк П. С. Дослідження параметрів свердла збірної конструкції / П. С. Нікітюк, А. В. Гагалюк // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 84. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).
2. Обґрунтування параметрів переналагоджуваних кондукторів для свердління отворів при виготовленні і відновленні / А. В. Гагалюк, А. Б. Гупка, В. М. Клендій та ін. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2012. Вип. 42, ч. 2. С. 110-116.
3. Електронний каталог. URL: <https://www.imc-companies.com/TaeguTec/ttkCatalog/Index.aspx>
4. Jiang, A., Liu, Z., & Zhao, J. (2024). A Novel Design Method for Chip Flute of Indexable Insert Drill Used at Large Drilling Depth. *Metals*, 14(12), 1351. <https://doi.org/10.3390/met14121351>
5. Zimon, M., Brock, G., Biermann, D. (2023). Експериментальні дослідження глибокого свердління отворів у Ti-6Al-4V за допомогою спіральних свердел. У: Liewald, M., Verl, A., Bauernhansl, T., Möhring, HС. (ред.) Виробництво на передовій технології. WGP 2022. Конспект лекцій з виробничої інженерії. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18318-8_23

СПЕЦИФІКА ОБРОБЛЕННЯ СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ ФАСОННИМИ ПРОТЯЖКАМИ

O. S. Halenda

SPECIFICS OF PROCESSING COMPLEX SURFACES USING SHAPED BROACHES

Аналізуючи форми поверхонь деталей, що обробляються методом протягування, можна відзначити, що якщо раніше підлягали протягуванню, в основному, прості поверхні, площини, пази, уступи в деталях порівняно невеликих довжин, то в даний час часто зустрічаються поверхні складного профілю і великої довжини [1].

Ускладнення форм і збільшення розмірів оброблюваних поверхонь вимагають створення нових типів протяжного устаткування. Окремі типи верстатів дозволяють обробляти деталі завдовжки до 1300, 1600 мм і навіть до 11 метрів, зокрема верстат моделі 7203300К. Оброблення складних поверхонь такої довжини звичайними протяжками вимагає збільшення кроку зубів, що призводить до значного зростання довжини комплекту інструменту, збільшення числа проходів і до зниження продуктивності процесу. Найбільш радикальним способом розв'язання цих проблем є вільне відведення стружки від ріжучого леза в процесі різання. Цей метод відведення стружки закладений в конструкцію протяжок з вільним відведенням стружки.

Протяжки із вільним боковим відведенням стружки є принципово новим видом протяжного інструменту. Вони відрізняються від звичайних генераторних протяжок з вільним виходом стружки тим, що ними можна здійснювати обробку складних фасонних поверхонь і уступів в деталях великих довжин. При цьому вони забезпечують плавність роботи протяжного верстата [2].

Застосування цих протяжок дозволяє:

- вирішити питання очистки протяжок від стружки в процесі роботи;
- поліпшити умови роботи протяжок за рахунок відведення тепла від ріжучих лез разом із стружкою;
- виготовляти протяжки без урахування коефіцієнта стружкозаповнення, що дає змогу проєктувати протяжки невеликої довжини незалежно від довжини оброблюваної деталі;
- скоротити довжину робочого ходу верстата за рахунок зменшення довжин протяжок;
- збільшити продуктивність процесу протягування за рахунок скорочення машинного часу, а також за рахунок зменшення допоміжного часу.

Все це дозволяє розширити сферу застосування процесу протягування при виготовленні деталей зі складними поверхнями і ширше використовувати його технічні можливості. Отже, розроблення нових конструкцій протяжок з вільним відведенням стружки є актуальним завданням.

Література

1. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
2. Посвятенко Е.К. Інженерія деталей, оброблених протягуванням / Е.К. Посвятенко, Я.Б. Немировський, С.Є. Шейкін, І.В. Шепеленко, О.В. Чернявський / ІНМ ім. Бакуля НАН України, ЦНТУ МОН України, Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2021. 466 с.

СИНТЕЗ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК З МІКРОХВИЛЬОВИМИ ОБ'ЄМНИМИ НАГРІВАЧАМИ**I. Hevko, Dr., Prof., T. Dovbush, Ph.D., Associate Professor, V. Buchynskyi****SYNTHESIS OF DRYING UNITS WITH MICROWAVE VOLUME HEATERS**

Сушіння розглядається як критично важливий етап післязбиральної обробки зернової сировини, оскільки безпосередньо детермінує збереження її якісних показників та забезпечує можливість довготривалого зберігання. З метою підвищення ефективності даного технологічного процесу було ініційовано розроблення конструкції сушильної установки. Ця установка інтегрована з мікрохвильовими об'ємними нагрівачами та оснащена гвинтовими елементами, функціонально призначеними для транспортування, перемішування та розпушування матеріалів. Процес розроблення реалізовано шляхом структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу.

При побудові моделі системи, на основі морфологічної таблиці (табл. 1), до першого ієрархічного рівня були віднесені пріоритетні ознаки, що максимально детермінують ефективність та реалізацію технологічного процесу сушіння зернових матеріалів. До цих пріоритетних ознак належать: тип приводу, камера нагріву, магнетрон з НВЧ-резонатором, блок керування магнетроном та діелектричний патрубок. Слід зауважити, що об'єм камери нагріву має пряму кореляційну залежність від потужності магнетрона з НВЧ-резонатором, у зв'язку з чим ці елементи інтегровано в єдину підгрупу ієрархічного рівня. Крім того, критичним технологічним аспектом функціонування установки є забезпечення ефективного видалення вологи. Вентиляторну систему охолодження було класифіковано як другий ієрархічний рівень, тоді як усі інші структурні елементи віднесено до третього ієрархічного рівня. На підставі проведеного дослідження було розроблено та запатентовано дві конструкції сушильних установок з мікрохвильовими об'ємними нагрівачами.

Синтезована мікрохвильова сушильна установка має чітку технологічну схему. Процес розпочинається з бункера, оснащеного механізмом розпушування сипкого матеріалу. Звідти зернова сировина надходить у діелектричний патрубок камери НВЧ-нагріву. У камері НВЧ-нагріву магнетрон із відповідним НВЧ-резонатором генерує електромагнітні коливання надвисокої частоти, забезпечуючи об'ємне нагрівання зерна та випаровування вологи. Тривалість перебування зерна в камері регулюється шнековим дозатором, частота обертання якого контролюється електронним блоком управління електроприводом. Після НВЧ-обробки зерно через діелектричний патрубок переміщується до камери попереднього охолодження. Тут відбувається інтенсивне перемішування та осушення зерна завдяки обдуву вентиляторними та роботі гвинтового робочого органу, призначеного для змішування та розпушування сипкого матеріалу. Наступним етапом є подача матеріалу через перевантажувальний патрубок до шнекового дозатора, а далі - до камери кінцевого охолодження, де реалізується аналогічна процедура охолодження та осушення. З камери кінцевого охолодження зерно через перевантажувальний патрубок надходить до вивантажувального шнека. Ключовою перевагою гвинтових робочих органів для змішування та розпушування сипкого матеріалу є можливість регулювання величини зазору між лопатями спіралей [1]. Це забезпечує інтенсифікацію процесів змішування і розпушування для зернових матеріалів із різними фракційними характеристиками.

Таблиця 1. Морфологічна таблиця ознак конструктивних елементів сушильних установок з мікрохвильовими об'ємними нагрівачами

Становок з мікрохвильовими та електричними нагрівачами				
1. Тип приводу	2. Камера нагріву	3. Магнетрон з НВЧ-резонатором	4. Блок керування магнетроном	5. Діелектричний патрубок
1.1. Електропривід нерегульований	2.1. Мала (до 32 л)	3.1. Малий (500...700 Вт)	4.1. Трансформаторний	5.1. Пластмасовий
1.2. Електропривід регульований	2.2. Середня (до 100 л)	3.2. Середній (700...900Вт)	4.2. Інверторний	5.1. Скляний
	2.3. Велика (більше 100 л)	3.3. Великий (більше 900 Вт)	4.3. Імпульсний	5.3. Текстолітовий
Термодатчик		8. Вентиляторна система охолодження		
6. Діапазон вимірювання	7. Тип показів			
6.1. 0–120 °С	7.1. Механічний	8.1. Вертикальна (повітря подається знизу вгору через шар зерна) 8.2. Горизонтальна (повітря подається збоку або з торця сушильної камери) 8.3. Комбінована (поєднання вертикального і горизонтального напрямків)		
6.2. +40–+120 °С	7.2. Аналоговий			
6.3. –50–+150 °С	7.3. Стрілочний			
	7.4. Електричний (резистивний)			
Гвинтовий робочий орган				
9. Профіль спіралі		10. Конструкція спіралі	11. Конструкція патрубка	
9.1. Суцільна		10.1. З одним кроком	11.1. U-подібний 11.2. Круглий 11.3. Конічний 11.4. Оригінальної форми	
9.2. Стрічкова		10.2. З різним кроком		
9.3. Лопатева без регулювання отворів		10.3.Однозахідна		
9.4. Лопатева з регулюванням отворів		10.4. Багатозахідна		
9.5. Гофрована		10.5. Однакова		
9.6. З розрізами, отворами чи вирізами		10.6. Різна		
9.7. Вузькострічкова		10.7. З валом		
9.8. Широкострічкова		10.8. Безвальна		
9.9. Еластична		10.9. Циліндрична		
9.10. Із загинами на зовнішній кромці спіралі		10.10. Конічна		
9.11. Пружинна (кругла)		10.11. Лівостороння		
9.12. Зі змінними додатковими елементами		10.12. Правостороння		
Бункер				
12. Профіль	13. Об'єм	14. Наявність додаткових елементів	15. Принцип вивантаження	
12.1. Суцільний	13.1. Постійний	14.1. Використовуються	15.1. Гравітаційний 15.2. Активний	
12.2. Секційний	13.2. Змінний	14.2. Не використовуються		
16. Механізм розвантаження		17. Опорно-руховий механізм		
16.1. Розвантажувальний отвір з шибером		17.1. Без можливості зміни розташування конструкції		
16.2. Розвантажувальний патрубок з шибером		17.2. З можливістю зміни розташування конструкції		

Література

1. Гевко І. Моделювання характеру навантаження на гвинтові робочі органи. Вісник ТНТУ, Том 16. № 1.- Тернопіль, 2011, Ст. 69-77.

РОЗРОБЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗМІШУВАЧІВ

I. Hevko, Dr., Prof., A. Bryksa, A. Nikityuk

DEVELOPMENT OF SPECIAL DESIGNS OF SCREW WORKING BODIES OF MIXERS

Інтенсивність перемішування у гвинтових змішувачах безперервної дії (в режимі забезпечення прямоочності руху суміші) характеризується низькими показниками порівняно з альтернативними технічними рішеннями. Ця особливість обумовлює, що досягнення високих показників однорідності багатокомпонентних сумішей можливе виключно за умови збільшення часу їхнього перелопачування у робочій зоні механічної системи. Технологічна реалізація цього підходу призводить до зростання часових та енергетичних витрат, а також до збільшення габаритів (довжини) робочого органу, що, підвищує собівартість як самого змішувача, так і всього технологічного процесу. У зв'язку з цим, для інтенсифікації процесу перемішування в конструкціях гвинтових конвеєрів-змішувачів обґрунтовано є розробка та впровадження спеціалізованих гвинтових робочих органів [1-6]. Відповідно до зазначеної потреби, з метою вдосконалення процесу змішування багатокомпонентних систем, нами було розроблено спеціальні конструкції гвинтових робочих органів змішувачів (рис. 1 і рис. 2).

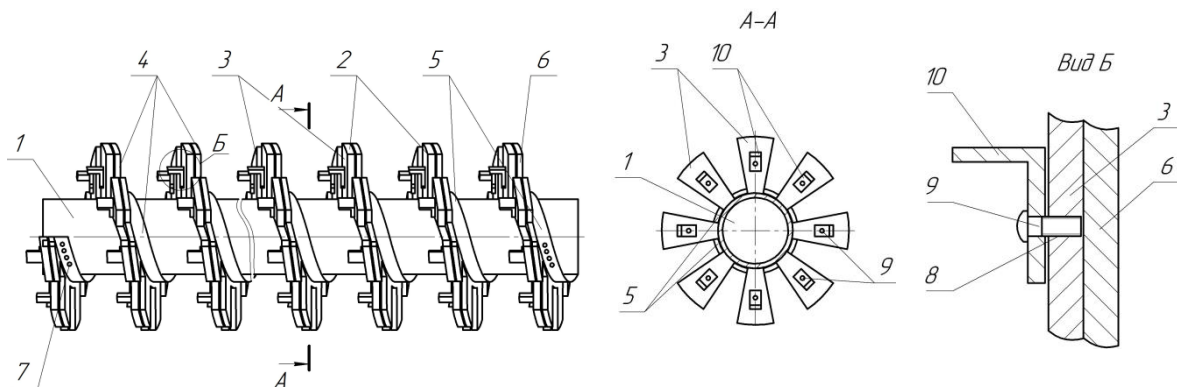


Рисунок 1. Гвинтовий робочий орган змішувача: 1 - вал; 2 - гвинт; 3 - нерухома лопатева спіраль; 4 - рухома лопатева спіраль; 5 - суцільна внутрішня циліндрична частина спіралі 4; 6 - лопатева зовнішня частина спіралі 4; 7 - гвинти зміни положення; 8 - кріпильні отвори; 9 - кріпильні гвинти; 10 - елементи Г-подібної форми

З їх допомогою існує можливість значної інтенсифікації процесу перемішування багатокомпонентних сумішей у конструкціях конвеєрів-змішувачів. При цьому, розроблені конструктивні рішення володіють універсальністю регулювання зазору просипання матеріалу при реалізації технологічного процесу для його кращого перемішування, що особливо є необхідним для перемішування матеріалів різних фракцій. Також у конструкції змішувача (рис. 1) є можливість змінювати розташування елементів Г-подібної форми по відношенню до лопатей для покращення процесу, а розроблена конструкція гвинтового робочого органу транспортера-змішувача (рис. 2) наділена функціональною здатністю використання у режимі змішувача та в режимі транспортера.

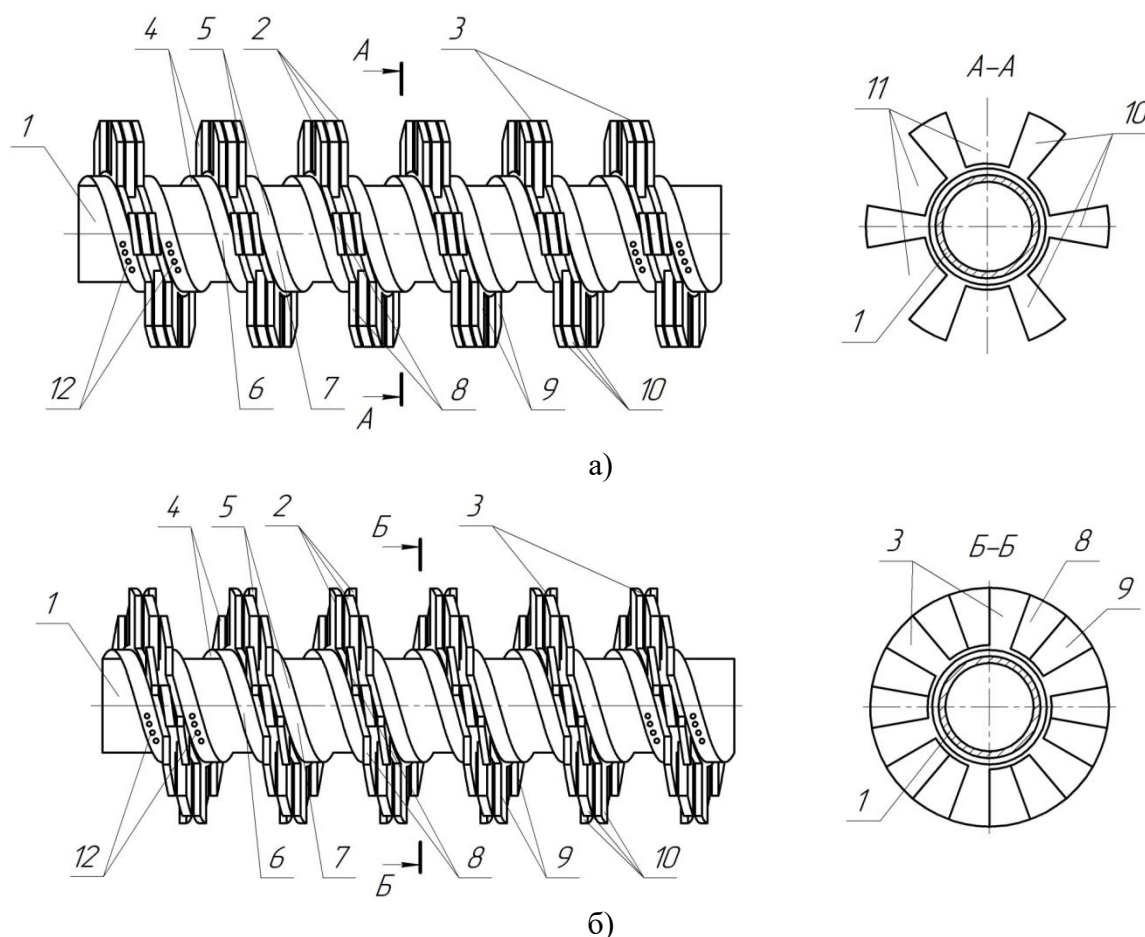


Рисунок 2. Гвинтовий робочий орган транспортера-змішувача: а) вигляд для використання у режимі змішувача; б) вигляд для використання у режимі транспортера; 1 - вал; 2 - гвинт; 3 - базова лопатева спіраль; 4 і 5 - відповідно спіралі Г-подібної форми; 6 і 7 - відповідно внутрішні суцільні циліндричні частини спіралей 4 і 5; 8 і 9 - відповідно зовнішні спіральні лопатеві частини спіралей 4 і 5; 10 - лопаті; 11 - зазор між лопатями; 12 - кріпильні гвинти

Література

1. Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Гудь В. З., Дячун А. Є., Мельничук А. Л., Слободян Л. М. Перспективні гвинтові конвеєри: конструкції, розрахунок, дослідження : монографія. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. – 212 с.
2. Гевко І.Б., Вітровий А.О., Гурик О.Я. Динамічна модель процесу транспортування сипких матеріалів гвинтовим конвеєром. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Випуск 8.- Луцьк, 2001. Ст. 72-82.
3. Гевко І. Модельовання характеру навантаження на гвинтові робочі органи. Вісник ТНТУ, Том 16. № 1.- Тернопіль, 2011, Ст. 69-77.
4. Технологічне проєктування та виготовлення гвинтових транспортно-технологічних робочих органів / Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Гупка А.Б., Третяков О.Л. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2025. – 457 с.
5. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей / Гевко Б.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Драган А.П., Новосад І.Я. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 367 с.
6. Гвинтові конвеєри з еластичними поверхнями / Гевко Р.Б., Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Дячун А. Є., Залуцький С. З., Станько А. І., Довбуш Т. А. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. – 239 с.

С.М. Паньків; І. І.Головач; А.О.Скоропляс

(Тернопільський національний технічний університет імені І.Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ДЛЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОНВЕЄРІВ

S. P. Pankiv; I. I. Golovach; A.O. Skoroplyas

CALCULATION ALGORITHM FOR THE PRODUCTIVITY OF MULTIFUNCTIONAL CONVEYORS

Для розрахунку протуктивності багатофункціональних конвеєрів була розроблена програма на мові C#. На основі математичної моделі багатофункціонального конвеєра нами було розроблено наступний алгоритм роботи програми рис. 1. Згідно нашої моделі ми вибрали найбільш істотні параметри і здійснили розрахунок продуктивності для кожної відповідної комбінації вхідних параметрів рис. 2.

1. Першим кроком ми вводимо діапазон допустими величин для кожного набору даних і формуємо крок обрахунку. 2. Другим кроком кроком ми обраховуємо потужність на основі фіксованих величин вхідних параметрів. 3. Третім короком ми обраховуємо продуктивність на основі тих самих фіксованих величин вхідних параметрів. 4. Перевірки на валідність отриманих результатів. 5. Отримані дані зберігаємо для подальшого аналізу отриманих результатів. 6. Змінюємо крок вхідного параметра і проводимо обрахунки повторно. 7. По закінченню всіх обрахунків ми отримали продуктивність для кожного набору вхідних даних. 8. Вибираємо найоптимальніший результат для отриманого наботу даних.

Враховуючи що в нас є п'ять основних параметрів і необхідно було провести обрахунки для всіх можливих варіантів вхідних параметрів нами було прийняте рішення розділити обрахунки в окремі потоки. В програмі були використані наступні технології: 1.Parallel Tasks. Розділення в окремі потоки допомогло зробити обрахунок набагато швидче. 2.Рекурсія. Для пошуку розв'язку були розроблені рекурсивні процедури. 3. LINQ. Пошук найоптимальнішого результату здійснювався за допомогою мови запитів LINQ (проміжні результати були збережені в п'ятивимірному масиві, по кількості вхідних параметрів). 4. ADO.NET. Проміжні результати обрахунків зберігалися в таблицях на SQL Server. 5. DynamicDataDisplay. Ця бібліотека з відкритим кодом використовується для побудови графіків. 6. Linear Programming. Ця бібліотека була використавна для математичних обрахунків.

Програма зберігає всі проміжні результати розрахунків і вони можуть бути викоратстані для додаткового аналізу. В наслідок складності математичної моделі була проведена додаткова валідація отриманих проміжних результатів.

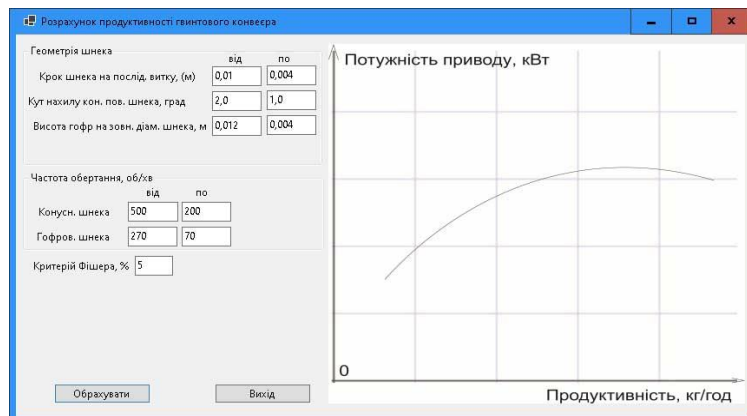


Рисунок 1. Вікна програми розрахунку продуктивності

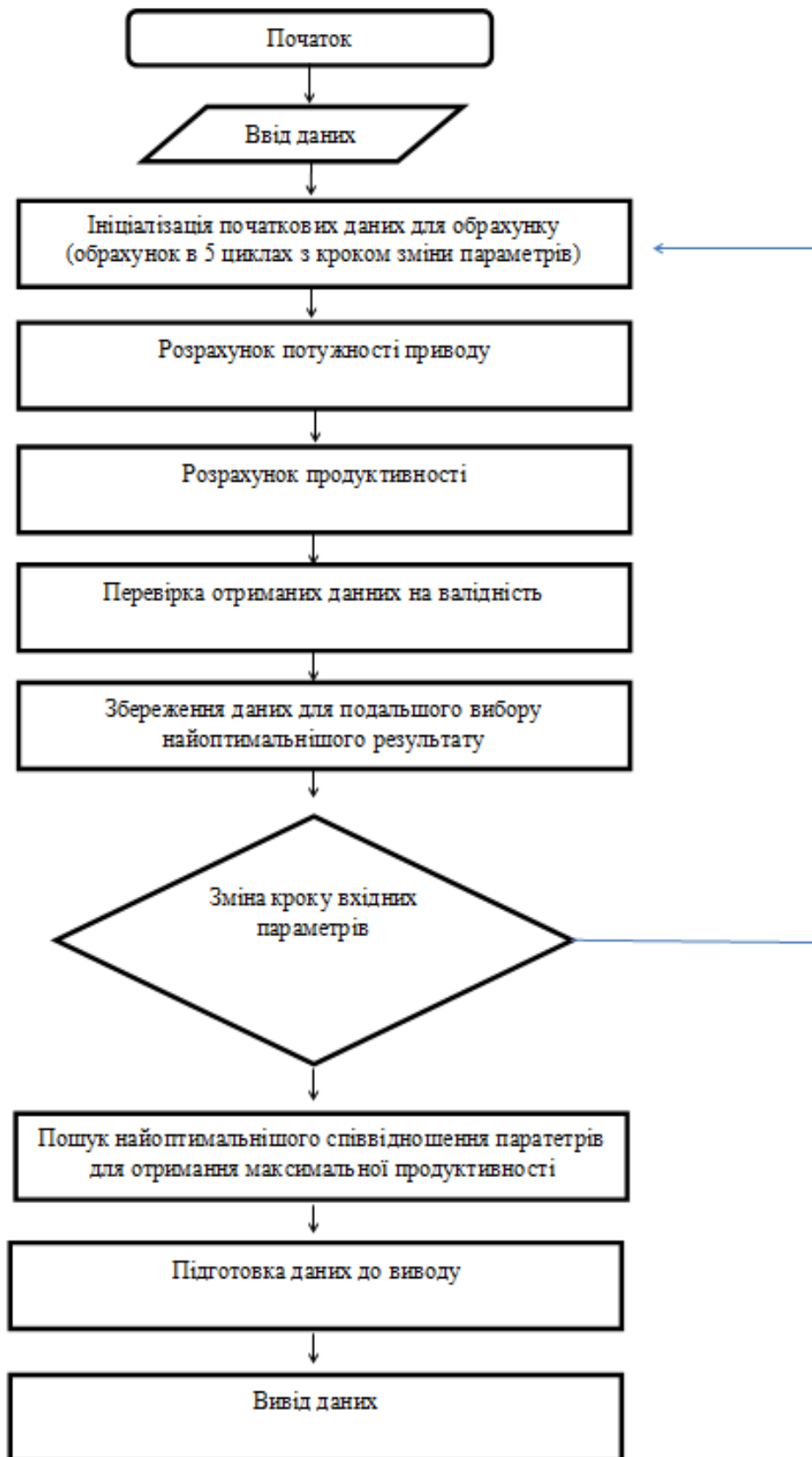


Рисунок 2. Блок-схема перевірки адекватності математичної моделі

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

I. S. Didych, Ph.D., V. V. Andrushkiv, B. V. Nazarevych

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR EQUIPMENT CONDITION CLASSIFICATION BASED ON MACHINE LEARNING METHODS

Автоматизація технічної діагностики є одним із важливих напрямів розвитку сучасного промислового виробництва, оскільки надійність обладнання безпосередньо визначає ефективність технологічних процесів та стабільність роботи підприємства. У роторних машинах, зокрема, електродвигунах, насосах, турбінах, вентиляторах і компресорах, критично важливим елементом є підшипникові вузли. Саме вони забезпечують передачу обертового руху, зменшення тертя та підтримання геометричної стабільності ротора. Загалом, до 50% несправностей роторного обладнання пов'язані з підшипниками кочення. Їх руйнування може призводити до зупинки виробництва, аварійних ситуацій, значних ремонтних витрат і втрати ресурсу механізмів. У зв'язку з цим виникає потреба у створенні автоматизованих систем моніторингу стану, здатних своєчасно розпізнавати відхилення в роботі підшипника та попереджати його відмови.

Методи машинного навчання (МН) відкривають нові можливості для автоматизації процесу діагностики, підвищення точності розпізнавання дефектів та зменшення часу на обробку вібраційних сигналів. На відміну від традиційних методів, моделі МН здатні самостійно виявляти приховані закономірності у даних, адаптуватися до змінних умов експлуатації обладнання та функціонувати в режимі реального часу. Це забезпечує суттєве підвищення ефективності систем технічного моніторингу, особливо за наявності великого обсягу інформації та високого рівня шумів у сигналі.

Метою роботи є розроблення та дослідження автоматизованої системи класифікації стану підшипникового вузла на основі методів машинного навчання, здатної забезпечити високу точність розпізнавання дефектів за вібраційними сигналами.

Алгоритми МН, такі як k -найближчих сусідів, опорно-векторних машин, випадкові ліси та підсилені дерева, забезпечують ефективне розділення різних типів дефектів на основі характеристик вібраційних сигналів. Тоді як нейронні мережі, зокрема, багатошарові перцептрони, дозволяють моделювати складні нелінійні залежності й досягати високої точності при роботі на великих масивах даних [1]. Загалом, машинне навчання дає змогу суттєво автоматизувати процес технічної діагностики та скоротити час аналізу вібраційних даних.

У низці сучасних досліджень показано, що методи машинного навчання здатні класифікувати стани підшипникового вузла з точністю понад 90% [2–3]. У цій роботі розглядаються такі стани: нормальний стан, дефект внутрішнього кільця (IRF), дефект зовнішнього кільця (ORF) та дефект тіла кочення (BF). Кожен із цих станів характеризує певний тип пошкодження, що проявляється у зміні вібраційних характеристик, тому саме клас стану підшипника виступає вихідною змінною моделі машинного навчання.



Рисунок 1. Типові дефекти підшипника: нормальний стан, дефект зовнішнього кільця (Outer Fault), дефект внутрішнього кільця (Inner Fault) та дефект тіла кочення (Ball Fault) [4].

В якості вхідних ознак застосували параметри, обчислені з вібраційних сигналів, зокрема статистичні (середнє значення, стандартне відхилення, RMS, асиметрія, ексцес), амплітудні (peak-to-peak, crest factor, impulse factor) та спектральні характеристики (домінантна частота, енергія у визначеній частотній смузі). Сукупність цих ознак формує інформаційний простір, на основі якого моделі машинного навчання здійснюють класифікацію станів підшипника.

Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої автоматизованої системи класифікації стану обладнання, побудованої на методах машинного навчання. Висока точність розпізнавання станів підшипникового вузла, що перевищує 90%, демонструє здатність моделей МН точно відтворювати характерні особливості вібраційних сигналів та надійно визначати тип дефекту. Узгодженість модельних результатів з експериментальними даними засвідчує коректність обраної методики та її практичну значущість для підвищення надійності та ефективності роботи промислового обладнання.

Література

1. Haykin, S., 2009 “Neural Networks and Learning Machines”, Third Edition, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada, 938 p.
2. Raj, K. K., Kumar, S., Kumar, R. R., & Andriollo, M. (2024). Enhanced Fault Detection in Bearings Using Machine Learning and Raw Accelerometer Data: A Case Study Using the Case Western Reserve University Dataset. Information, 15(5), 259. <https://doi.org/10.3390/info15050259>.
3. Yoo Y, Jo H, Ban SW. Lite and Efficient Deep Learning Model for Bearing Fault Diagnosis Using the CWRU Dataset. Sensors (Basel). 2023 Mar 15;23(6):3157. doi: 10.3390/s23063157.
4. Masalegoo, S. E., Soleimani, A., & Saeedi Masine, H. (2022). Experimental fault detection of rotating machinery through chaos-based tools of recurrence plot and recurrence quantitative analysis. Archive of Applied Mechanics. <https://doi.org/10.1007/s00419-022-02326-8>.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВИСОТНОГО КОМПЛЕКСУ

I.O. Zakharevych, T.O. Ilyuk

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF VARIOUS CONSTRUCTION SYSTEMS FOR DESIGNING A HIGH-RISE COMPLEX

Дослідження присвячене комплексному аналізу проектування та реалізації висотного адміністративного комплексу. Метою роботи є визначення оптимальної конструктивної схеми, що забезпечує раціональне співвідношення міцності, економічності та технологічності.

У дослідженні застосовано порівняльний підхід до вибору конструктивної схеми. Розглянуто два альтернативних варіанти каркасу: залізобетонний в'язевий та комбінований (залізобетон + сталь). Для кожного варіанту проведено розрахунки витрат матеріалів, маси будівлі, трудомісткості та техніко-економічних показників.

Перший варіант включає застосування жорстких залізобетонних ядер, діафрагм та колон, що формують просторову стійкість споруди. Другий варіант передбачає використання сталевих колон та балок у поєднанні із залізобетонним ядром, що сприяє зменшенню маси та підвищенню технологічності монтажу.

Комбінований каркас забезпечує зменшення маси будівлі на 18–27% для різних башт, що знижує навантаження на фундамент та стилобат. Трудомісткість робіт зменшується на 11–15%, що потенційно скорочує загальні строки будівництва. Водночас в'язевий каркас характеризується меншим споживанням сталі, але потребує значно більших витрат бетону. Об'ємно-планувальна структура забезпечує поєднання адміністративних, торговельних та рекреаційних функцій.

Висновок. Проведене дослідження підтверджує доцільність застосування комбінованої конструктивної схеми як більш технологічно та економічно ефективної. Вона забезпечує зниження матеріаломісткості, оптимізацію будівельних процесів і підвищення функціональної ефективності об'єкта при збереженні вимог міцності та надійності.

Література

1. Йолтухівський, С., and Михайло Іванович Гудь. "Варіантне проектування висотних будівель." *Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“* (2022): 155-157.
2. Бодрова, Людмила Гордіївна, О. В. Поліщук, and Ю. Ю. Данилевич. "Конструктивні рішення великопорітних консолей." *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“* (2024): 25-26.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ ТА ТОЧНОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ СТОЛІВ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ

A.V.Gagaliuk, Ph.D., M.Yu.Ivasechko

ANALYSIS OF RESEARCH ON THE DYNAMICS AND ACCURACY OF MILLING MACHINE TABLE MOVEMENT.

У механообробній промисловості спостерігається зростання попиту на використання багатоосьових обробних центрів. Значну кількість верстатів складають китайські аналоги, попит на які зумовлений низькою ціною. Попри використання комплектуючих прийнятної якості, загальна якість та надійність, на жаль, не відповідають світовим брендам. Враховуючи такий стан, проведення діагностичних тестів фрезерних верстатів з ЧПК, що використовуються в даний час, набули важливості.

Визначення поточного технічного стану верстата та передбачуваність його змін з часом призводить до покращення його властивостей. Зрештою, це призводить до збереження основних властивостей фрезерного верстата, що впливає на точність фрезерованих виробів. Детальний опис ідентифікації помилок фрезерних верстатів з ЧПК, що використовуються, та прогнозування їх виникнення на основі історії змін технічного стану фрезерного верстата був опублікований. Також описано дослідження, яке включало прикладний аналіз точності фрезерного верстата з ЧПК, визначеної методом ballbar [1, 2]. Були виявлені та описані вибрані помилки з їх відповідними причинами, а також запропоновані методи їх мінімізації. Для діагностування геометричної точності фрезерного верстата використовують: лазерний інтерферометр, HMS (Head Measurement System) – система вимірювання головки, R – тест та QC – 20 ballbar. Ознайомитися з цим методом діагностики [3] можна перейти за qr-кодом. Ballbar – це спеціальний прилад у вигляді штанги з кульковими шарнірами на кінцях і сенсором довжини, який використовується для перевірки стану системи приводу та кінематики.

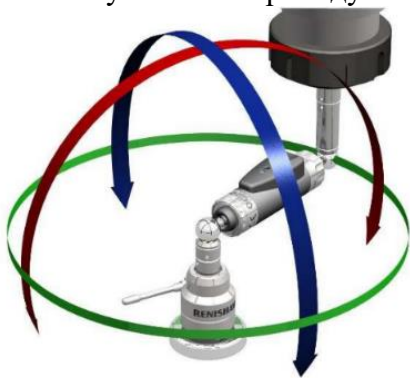


Рисунок 1. Вимірювання похибок верстатів за допомогою Ballbar QC20-W [3, 4]

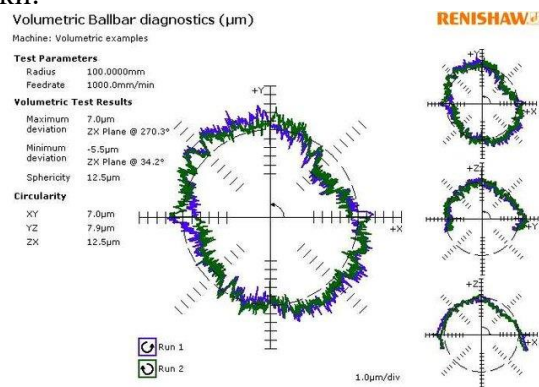


Рисунок 2. Результати випробування на круглість траєкторії [3]

Один кінець шарнірної штанги кріпиться до шпинделя або тримача інструменту, інший – до столу або опорної точки (рис.1). Тоді верстат виконує запрограмований круговий рух (інтерполяція X-Y), а прилад вимірює відхилення від ідеальної траєкторії (рис.2). Прилад дозволяє перевірити відхилення від ідеального кола, люфт у напрямних та гвинтових передачах, нелінійності в системі приводу, геометричні похибки (перпендикулярність осей, люфт, похибки масштабу), динамічні характеристики (вібрації,

прискорення). До переваг варто віднести швидкість перевірки (10–15 хв) та забезпечення комплексної оцінки точності без розбирання верстата. Також цей тест виконують для планового технічного обслуговування, сертифікації та усунення несправностей. У статті [4] представлено фактори та потреби, які зумовлюють необхідність підвищення точності верстатів. Описано типи помилок верстатів, їх причини та способи їх виявлення, вимірювання, зменшення та компенсації. Обговорено та класифіковано найефективніші методи виявлення помилок верстатів. Методи та інструменти вимірювання порівнюються з урахуванням їхнього діапазону застосування, витрат часу, вартості, доступності на ринку та основних обмежень.

В дослідженні [5] аналізують динаміку руху столу 3-осьового фрезерного верстата з ЧПК FV580A під час обробки з фіксованими технологічними параметрами різання. Дослідження включає вимірювання швидкості, прискорення та уповільнення, а також параметрів відстані та часу, пов'язаних з рухом столу верстата під час запуску та гальмування під час робочих випробувань. Аналіз, представлений у публікації, включає порівняння результатів параметрів руху, отриманих як функції швидкості подачі v_f . Результати отриманих випробувань та їх аналіз обговорюються та представлені у вигляді графіків і таблиць. Автори дослідження вважають, що явище заїдання-ковзання в столі, виникає при низьких швидкостях подачі елементів, між якими виникає тертя. Проте, це явище зводиться до нуля, коли верстат працює на вищих швидкостях оскільки потужність приводів верстата перевищує опір обробного столу, як статичного тертя. Після аналізу значень середніх швидкостей при запуску та гальмуванні столу можна побачити, що робота верстата є правильною, а явище заїдання-ковзання не впливає на лінійний рух столу під час робочого випробування.

Література

- 1 Jian-xiong Chen, Shu-wen Lin, Xiao-long Zhou, Tian-qi Gu. A ballbar test for measurement and identification the comprehensive error of tilt table // International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2016, Volume 103, p. 1-12. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2015.12.002>
- 2 Wolny, R. Accuracy Analysis of Milling Machine Based on Test Piece Machining and Measurement, Chapter 04 in DAAAM International Scientific Book 2022, pp.047-058, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, Vienna, Austria. URL: <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2022.04>
- 3 Ballbar testing explained. URL: <https://www.renishaw.com/en/ballbar-testing-explained--6818?srsltid=AfmBOooMolHH3IPKpJzLIooWwWKGrN3sBzS30uV5jpKeFRSQW0HK7hi4>
- 4 W. Kwasny, P. Turek, J. Jedrzejewski. Survey of Machine Tool Error measuring Methods // Journal of Machine Engineering, Vol. 11, No. 4, 2011, pp.7-38
- 5 Leleń M, Sałamacha D. Machine Tool Table Dynamics Tests when Starting and Braking during an Operation Test // Advances in Science and Technology Research Journal 2023, 17(1), p. 64–74. DOI: <https://doi.org/10.12913/22998624/157113>

**ІНТЕГРОВАНІЙ АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ
РЕКОНСТРУКЦІЇ, ПІДСИЛЕННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬ****V.V. Kalinchuk, P.V. Kalinchuk, S.V. Koretchuk; B.P. Fylypovych; T.G. Chaplynska**
**INTEGRATED ANALYSIS OF ENGINEERING AND CONSTRUCTION SOLUTIONS
FOR RECONSTRUCTION, REINFORCEMENT, AND DESIGN OF MODERN
STRUCTURES**

Дослідження узагальнює комплекс матеріалів із п'яти різних проєктів: реконструкції торгових комплексів, підсилення фундаментів і стін, проєктування багаторівневих та автоматизованих паркінгів, а також висотних будівель із металевими та монолітними конструктивними системами. Наукова робота спрямована на порівняльний аналіз конструктивних схем, інженерно-геологічних умов, параметрів навантаження та вибору оптимальних рішень для забезпечення стійкості споруд.

Сучасні тенденції у проєктуванні та реконструкції будівельних об'єктів вимагають застосування інженерних методів, здатних забезпечити надійність, довговічність та адаптивність конструкцій до складних умов експлуатації.

Метою роботи є встановлення спільних закономірностей у виборі конструктивних рішень для різних за типологією споруд, а також визначення ключових інженерних факторів, що впливають на стійкість і надійність будівель. Основні завдання: проаналізувати архітектурно-конструктивні рішення поданих об'єктів; зіставити параметри навантаження та роботу конструктивних систем; визначити особливості проєктування в умовах різних інженерно-геологічних ситуацій; сформулювати узагальнену систему критеріїв ефективності конструктивних рішень.

Методи дослідження включають: порівняльний структурний аналіз конструктивних систем (каркасних, оболочкових, рамно-зв'язевих); аналіз розрахункових параметрів навантаження: снігового, вітрового, власної ваги, експлуатаційних; оцінку інженерно-геологічних умов для визначення впливу ґрунтів на фундаментні системи; вивчення дефектів та деформацій як факторів підсилення будівель; систематизацію техніко-економічних характеристик конструктивних рішень.

Архітектурно-конструктивні рішення торгових комплексів продемонстрували домінування рамно-зв'язевої та металевої каркасної систем, які забезпечують гнучкість планувань і достатню просторову жорсткість. Використання профільованого настилу й плит перекриття дозволяє оптимізувати масу та прискорити монтаж, що є характерною рисою реконструкцій виробничих будівель під громадські функції.

У проєкті паркінгу виділяється поєднання автоматизованих та традиційних систем зберігання транспорту. Сталева каркасна схема та розвинена ригельна система дозволяють сприймати значні експлуатаційні навантаження при мінімізації внутрішніх колон, що підвищує ефективність використання площ. Важливим інженерним завданням виступає забезпечення просторової стабільності на похилому рельєфі, яке досягається за допомогою жорстких дисків перекриття та достатньої кількості вертикальних зв'язків.

Висотна офісна будівля є найбільш складним об'єктом серед досліджених. Проєкт розглядає декілька варіантів конструктивних систем: рамно-в'язеву, оболонкову, а також системи з монолітним диском перекриття. Всі схеми базуються на монолітному залізобетонному ядрі жорсткості, що забезпечує сприйняття горизонтальних навантажень (вітрових, сейсмічних). Система із зовнішньою оболонкою демонструє підвищену

жорсткість, рівномірний розподіл зусиль та зниження деформацій за рахунок роботи стрижневих елементів як просторової ґратки.

У роботах із підсилення будівель ключовими факторами визначено дефекти, спричинені нерівномірними осіданнями ґрунтів. Виявлені тріщини в стінах і перекриттях, а також випадки суфозії ґрунтів зумовили вибір залізобетонної “обойми”, яка відновлює просторову роботу будівлі. Метод посилення поздовжніми та поперечними поясами дозволяє перерозподілити зусилля та попередити подальші деформації. Проєкт надбудови автоцентру демонструє комплексний підхід до перерозподілу навантажень при збільшенні поверховості. Особливу увагу приділено перевірці несучої здатності існуючих фундаментів і простінків, що є типовим для об’єктів реконструкції, де важливо забезпечити сумісну роботу старих і нових елементів.

Висновок. Інтегроване дослідження показало, що незалежно від функціонального призначення будівель, основними факторами формування конструктивної системи є інженерно-геологічні умови, характер навантажень та необхідність забезпечення просторової жорсткості споруди. Найефективнішими є сталеві та змішані каркасні схеми, поєднані з жорсткими дисками перекриттів або монолітними ядрами. У випадках реконструкції— ключовим залишається підсилення елементів, здатних сприймати додаткові навантаження. Отримані результати дозволяють сформулювати цілісний підхід до проєктування, порівняння та аналізу конструктивних рішень різнотипних об’єктів сучасного будівництва.

Література

1. Йолтухівський, С., and Михайло Іванович Гудь. "Варіантне проєктування висотних будівель." *Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“* (2022): 155-157.
2. Крамар, Галина Михайлівна, Р. Я. Васирик, and К. В. Клименко. "Просторові великопролітні покриття." *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“* (2024): 23-23.
3. Ігнат'єва, В. Б., Паньків, В. О., Тимкович, В. М., Синюк, С. В., & Сокотов, Ю. В. (2024). Великопролітні арокні конструкції покриття. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 20-21.
4. Ігнат'єва, В. Б. (2022). Аналіз роботи профільних виробів, армованих волокнами композитів у конструкції. *Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“*, 60-61.

УДК 621.91

Ю.Б. Капаціла, к. т. н, М.С. Стефанчук, Кіт С.Б.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОГЛЯД ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА

Y.B. Kapatsila, Ph. D, M.S. Stefanchuk, Kit S.B.

OVERVIEW OF INNOVATIVE METHODS FOR RESEARCHING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF INDUSTRIAL ROBOTS

Сучасні промислові робототехнічні комплекси відіграють ключову роль у

забезпеченні високої продуктивності, гнучкості технологічних процесів та стабільної якості продукції. Для підвищення ефективності роботизованої автоматизації необхідно оптимізувати як конструктивні елементи робота, так і алгоритми керування ним. Одним із найважливіших аспектів у цьому контексті є дослідження динамічних характеристик промислових роботів, що визначають їх здатність виконувати точні та швидкі переміщення в умовах змінних навантажень, контактних взаємодій і зовнішніх впливів.

Класичні підходи – аналітичне моделювання, лінеаризація процесів, експериментальні вимірювання – нині вже не забезпечують необхідної точності, особливо для роботів нового покоління: високошвидкісних маніпуляторів, колаборативних роботів, платформ із гнучкими ланками та складними сервоприводами. Сучасні промислові роботи працюють у режимах, що супроводжуються значними динамічними навантаженнями, тепловими ефектами, нелінійністю електромеханічних елементів, деформаціями конструкцій при різких прискореннях. Тому традиційні моделі, які враховують лише механічну сторону динаміки, є неповними та не дозволяють адекватно прогнозувати поведінку системи.

Стрімкий розвиток обчислювальних технологій, інтелектуальних систем керування, високоточної сенсорики та спеціалізованих програмних комплексів сформував нове покоління методів дослідження динамічних характеристик. Ці методи дають змогу поєднувати реальні та віртуальні моделі, автоматизувати ідентифікацію параметрів та виконувати комплексний мультифізичний аналіз робототехнічних систем.

Мультифізичний аналіз (multiphysics analysis) – це комплексний підхід до моделювання, який враховує взаємодію кількох фізичних процесів у межах єдиної моделі. На відміну від класичного моделювання, орієнтованого переважно на механіку, мультифізичний підхід розглядає робота як повноцінну мехатронну систему, у якій механічні, електричні, теплові та магніто-механічні процеси тісно пов'язані між собою.

До основних фізичних підсистем, що враховуються в мультифізичному аналізі, належать механічні процеси: кінематика та динаміка ланок, сили інерції, тертя, жорсткість та демпфування, коливання й резонансні явища, гнучкість конструкцій; електромагнітні процеси: робота сервоприводів, електромагнітні гальма, втрати у двигунах, поведінка датчиків та енкодерів; теплові процеси: нагрівання двигунів і редукторів, вплив температури на точність позиціонування та стабільність характеристик; структурні деформації: пружні та пластичні деформації ланок під дією динамічних навантажень; гідравлічні та пневматичні процеси (за наявності відповідних приводів).

Застосування мультифізичного аналізу дозволяє значно підвищити точність прогнозу динамічної поведінки робота, оптимізувати конструкцію під реальні режими роботи, забезпечити стабільність і надійність системи.

Одним із провідних інноваційних методів є використання цифрових двійників (digital twins) – віртуальних копій роботизованих систем, що синхронізуються з відповідним фізичним об'єктом у реальному часі. Цифровий двійник дозволяє відстежувати стан системи у режимі онлайн; прогнозувати динамічну поведінку та можливі відмови; оптимізувати траєкторії руху та режими роботи; аналізувати взаємодію робота з навколишнім середовищем та змінним навантаженням.

Поєднання цифрових двійників із мультифізичними моделями дає можливість створювати інтегровані високоточно узгоджені моделі, що відтворюють поведінку робота з максимальною достовірністю. Такий підхід є ключовим для реалізації концепцій Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0.

Впродовж останніх років значного поширення набули методи машинного навчання, які застосовуються не лише для керування роботами, а й для моделювання та прогнозування їхніх динамічних характеристик.

Сучасні моделі глибинного навчання – нейронні мережі, рекурентні та згорткові мережі, трансформери – здатні апроксимувати складні нелінійні взаємозв'язки між кутами, швидкостями, прискореннями, навантаженнями та зовнішніми збуреннями. Це

дозволяє отримувати високоточні моделі навіть у випадках, коли аналітичний опис є надмірно складним або неможливим.

Сучасні вимірювальні комплекси дають змогу проводити експериментальний аналіз динаміки з високою точністю. До таких систем належать: лазерні трекери, високошвидкісні 3D-сканери, системи субміліметрового відеоаналізу руху, віброакустичні системи для виявлення мікроколивань і резонансів. Ці засоби дозволяють вимірювати траєкторії руху ланок у реальному часі, діагностувати стан приводів, виявляти дефекти конструкції та проводити верифікацію моделювання.

Використання графічних процесорів (GPU) забезпечує можливість паралельного виконання великої кількості обчислень, що в десятки разів прискорює симуляцію динаміки роботизованих систем. Це відкриває можливість опрацювання тисяч сценаріїв навантаження, виявлення критичних режимів, автоматизованої оптимізації конструкції та алгоритмів керування. GPU-обчислення особливо ефективні для складних нелінійних моделей з великою кількістю ступенів свободи.

В процесі дослідження динамічних характеристик роботів важливу роль відіграють методи ідентифікації параметрів динаміки робота. Ідентифікація параметрів – це процес визначення фізичних характеристик робота, таких як маса ланок, моменти інерції, коефіцієнти тертя, жорсткість і демпфування. Серед сучасних методів ідентифікації виділяють субпросторові методи, рекурсивні фільтри (наприклад, фільтр Калмана), еволюційні та генетичні алгоритми, байєсівські методи, градієнтні оптимізаційні методи.

Методи Hardware-in-the-Loop (HiL), Software-in-the-Loop (SiL) та Model-in-the-Loop (MiL) дозволяють проводити тестування систем керування та динамічних моделей в умовах, максимально наближених до реальних. Такі методи дають змогу скоротити час і вартість розробки, підвищити безпеку тестування, перевіряти поведінку системи в критичних режимах без ризику пошкодження реального обладнання.

Огляд показує, що сучасні дослідження динамічних характеристик промислових роботів активно переходять від традиційних лінійних моделей до комплексних інтегрованих підходів. Найбільш перспективними напрямками є мультифізичне моделювання, використання цифрових двійників, машинне навчання, високоточна сенсорика, GPU-паралельні обчислення, сучасні методи ідентифікації параметрів, HiL/SiL/MiL-тестування. Використання цих методів забезпечує точне моделювання, оптимізацію та аналіз роботизованих систем і є критично важливим для розвитку сучасної промислової автоматизації.

УДК 631. 331.85

І.В. Карп, аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

I. Karp, graduate student

ANALYTICAL MODEL OF THE WORKING PROCESS OF A SCREW CONVEYOR OF GRAIN MATERIALS

Післязбиральна доробка урожаю зернових культур до необхідних кондицій потребує виконання транспортних операцій для переміщення зерна для його просушування, очищення, протруювання тощо [1]. На зернових токах багатогалузових фермерських господарств для виконання незначного обсягу таких робіт, найефективнішим способом є застосування малогабаритних шнекових транспортерів.

Основними вузлами шнекових механізмів (шнекового транспортера) є завантажувальний бункер 5 (рис. 1) і гвинтовий конвеєр 6, який виконує передавальну функцію сипких матеріалів і складається з кожуха, в середині простору якого встановлено шнек 8 із змінним кроком спіральних витків 10, який приводиться в обертальний рух за допомогою електродвигуна 2.

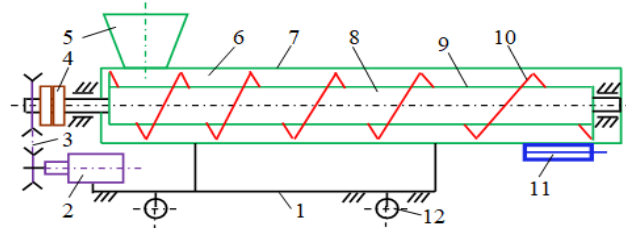


Рис. 3 – Конструктивна схема шнекового транспортера: 1 – рама; 2 – електродвигун; 3 – клинопосадова передача; 4 – муфта; 5 – бункер; 6 – гвинтовий конвеєр; 7 – кожух; 8 – шнек; 9 – барабан; 10 – спіральний виток; 11 – шибер; 12 – опорне колесо

Для розробки математичної моделі процесу переміщення зернового матеріалу гвинтовим конвеєром розглянемо складену схему діючих сил, (рис. 2), при цьому рівняння руху частинки тіла зернового матеріалу у нерухомій системі координат $Oxyz$ у векторній формі запису для I -го та II -го випадків має вигляд:

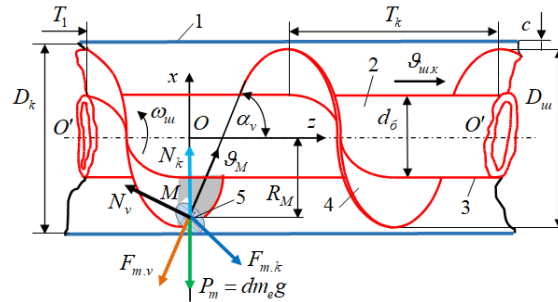


Рис. 2. Схема до розрахунку процесу переміщення зернового матеріалу у гвинтовому конвеєрі: 1 – кожух; 2 – шнек; 3 – барабан; 4 – спіральний виток; 5 – зерно

$$dV_m \rho_q \frac{d^2 \vec{R}_M}{dt^2} = dV_n \rho_q \vec{g} + \vec{R}_v \vec{n}_v (1 + f_v); t > 0; \quad (1)$$

$$dV_m \rho_q \frac{d^2 \vec{R}_M}{dt^2} = dV_n \rho_q \vec{g} + \vec{R}_v \vec{n}_v (1 + f_v) + \vec{R}_k \vec{n}_k (1 + f_k); t > 0, \quad (2)$$

Положення вектора одиничної нормалі $\vec{n}_v$ до робочої поверхні спірального витка та вектора одиничної нормалі $\vec{n}_k$ до робочої поверхні кожуха шнекового транспортера записано у вигляді:

$$\vec{n}_v = \begin{bmatrix} \left[T_1 + (k_z - 1) \frac{D_u (k_{Tk} - k_{T1})}{i - 1} \right] \sin \varphi_u; \\ - \left[T_1 + (k_z - 1) \frac{D_u (k_{Tk} - k_{T1})}{i - 1} \right] \cos \varphi_u; 2\pi R_M / a(R_M) \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$$\vec{n}_k = \left[\cos \left(2\pi \frac{d\varphi_u}{dt} t - \varphi_0 \right); -\sin \left(2\pi \frac{d\varphi_u}{dt} t - \varphi_0 \right); 0 \right]. \quad (4)$$

Тоді отримаємо аналітичні записи рівняння для I -го та II -го випадку переміщення частинки тіла елементарної маси dm_e зернового матеріалу:

- коли частинка тіла елементарної маси dm_e зернового матеріалу рухається по робочій поверхні спірального витка без контакту з внутрішньою поверхнею кожуха

$$\frac{ab^2 \rho_q}{(1-f_v)} \frac{d^2 \varphi_{uu}}{dt^2} = ab^2 \rho_q g + ab^2 \rho_q \frac{d^2 \varphi_{uu}}{dt^2} - \frac{(ab^2 \rho_q g; 0; ab^2 \rho_q g)}{\left(-T_k \sin \varphi_{uu}; T_k \cos \varphi_{uu}; \frac{2\pi R_M}{\sqrt{T_k^2 + 4\pi^2 R_M^2}} \right) \left(1 - f_v \frac{|\Phi|}{|\Gamma|} \right)}; \quad (5)$$

- коли частинка тіла елементарної маси dm_e зернового матеріалу рухається одночасно по робочій поверхні спірального витка та внутрішній поверхні кожуха

$$\frac{4ab^2}{3} \rho_q \frac{d^2 \varphi_{uu}}{dt^2} = \left(\frac{4ab^2}{3} \rho_q g \sin \varphi_{uu}; 0; -\frac{4ab^2}{3} \rho_q g \sin \varphi_{uu} \right) + \\ + R_v \left(-T_k \sin \varphi_{uu}; T_k \cos \varphi_{uu}; \frac{2\pi R_M}{\sqrt{T_k^2 + 4\pi^2 R_M^2}} \right) \left(1 - f_v \frac{|\Gamma|}{|\Pi|} \right), \quad (6)$$

$$\text{де } T_k = T_1 + (k_z - 1) \frac{D_{uu} (k_{T_k} - k_{T_1})}{i - 1}; \quad \Phi = \frac{dR_{uu}}{dt} - \left(-2\pi \frac{d\varphi_{uu}}{dt} \cdot y + \frac{dx_0(t)}{dt}; \frac{dy_0(t)}{dt} + 2\pi \frac{d\varphi_{uu}}{dt} \cdot x; 0 \right);$$

$$\Gamma = \frac{d\varphi_{uu}}{dt} - 2\pi \omega_{uu} \cdot y + \frac{d\varphi_0}{dt}; \quad \Pi = \frac{dR_M}{2dt} - 2\pi \omega_{uu} \cdot y + \frac{dx_0(t)}{dt}.$$

Отримані математичні моделі (5), (6) мають стаціонарні рішення відносно прискорення руху $d^2 \varphi_{uu} / dt^2 = a_m$ (м/с²) частинки, які відповідають точкам спокою:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \varphi_{uu}}{dt^2} = a_{Im} = g \sin \varphi_{uu} & \left[\frac{\left(\frac{\pi D_{uu}}{\sqrt{T_k^2 + \pi^2 D_{uu}^2}} \right) \left(\frac{1 + f_v^2 - f_v}{f_v - f_v^2} \right)}{\left(\frac{\pi D_{uu} \cos \varphi_{uu}}{\sqrt{T_k^2 + \pi^2 D_{uu}^2}} \right)} \right]; \\ \frac{d^2 \varphi_{uu}}{dt^2} = a_{IIm} = 0,5 g \sin \varphi_{uu} (1 - D_{uu}) (\sin \varphi_{uu} - 1) \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Література

1. Baranovsky V.M., Solomka V.O., Onyshchenko V.B. Choice of parameters when designing a screw conveyor. CDTUSG Herald. 2001. No 8 (2). P. 209-215.

УДК 66.041

Карпюк Т. О.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПЕЧЕЙ

Карпюк Т. О.

IMPROVING THE BAKING OVENS EFFICIENCY

Хлібопекарське виробництво традиційно залишається однією з провідних галузей харчової промисловості України, забезпечуючи населення соціально значущою продукцією. Водночас ця галузь характеризується високою енергоємністю виробництва, причому хлібопекарські печі споживають до семидесяти відсотків усієї енергії підприємства. В умовах сучасної енергетичної кризи та тривалої тенденції до зростання цін на енергоносії питання раціонального використання енергетичних ресурсів набуває стратегічного значення для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних виробників.

Виконано комплексний аналіз сучасних технологічних та організаційних підходів до підвищення ефективності роботи хлібопекарських печей з наступним визначенням найбільш перспективних напрямків їх модернізації в умовах вітчизняних підприємств.

Аналіз стану матеріально-технічної бази галузі свідчить, що значна частина обладнання, яке експлуатується на українських хлібопекарських підприємствах, є морально та фізично застарілим. Коефіцієнт корисної дії таких печей зазвичай не перевищує сорока п'яти – п'ятдесяти п'яти відсотків, тоді як сучасне обладнання здатне досягати показників на рівні сімдесяти п'яти – вісімдесяти відсотків. Це означає, що майже половина споживаної енергії витрачається нераціонально, що критично впливає на собівартість продукції та економічну ефективність виробництва загалом.

У ході дослідження нами було виокремлено п'ять основних напрямків технологічної модернізації хлібопекарських печей. Першим і найважливішим напрямком є оптимізація теплового режиму випікання через впровадження сучасних систем автоматичного регулювання температури. Такі системи забезпечують підтримання заданих температурних параметрів у кожній технологічній зоні печі з точністю до одного градуса Цельсія, що дозволяє досягти рівномірного пропікання виробів та мінімізувати непродуктивні витрати енергії. За результатами наших розрахунків, впровадження автоматизованих систем керування тепловим режимом забезпечує зниження енергоспоживання на вісім – дванадцять відсотків.

Другим важливим напрямком є комплексне покращення теплоізоляції печей. Проведені нами обстеження показали, що через недосконалу теплоізоляцію експлуатованого обладнання тепловтрати можуть досягати тридцяти – сорока відсотків від загального споживання енергії. Застосування сучасних вискоелективних теплоізоляційних матеріалів, зокрема керамічного волокна та багатошарових композитних панелей, дозволяє знизити теплові втрати до п'яти – десяти відсотків. При цьому особливу увагу необхідно приділяти ізоляції конструктивних елементів, через які найчастіше відбувається витік тепла: дверцят завантаження та вивантаження, оглядових вікон, технологічних отворів.

Третім перспективним напрямком є впровадження систем рекуперації теплової енергії відпрацьованих димових газів. Температура газів, що відводяться з робочої камери печі, становить двісті п'ятдесят – триста градусів Цельсія, що представляє значний енергетичний потенціал для вторинного використання. Встановлення теплообмінних апаратів дозволяє утилізувати це тепло для підігрівання технологічної води, повітря системи вентиляції або інших виробничих потреб підприємства. Економічна ефективність систем рекуперації підтверджується терміном окупності на рівні двох – трьох років при досягненні економії палива до п'ятнадцяти – двадцяти відсотків.

Четвертим напрямком модернізації є заміна застарілих пальникових пристроїв на сучасні вискоелективні моделі з електронною системою регулювання процесу горіння. Такі пальники забезпечують більш повне згоряння палива, точне дозування його подачі відповідно до технологічних потреб та зменшення викидів продуктів неповного згоряння. Модернізація пальникових пристроїв дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії печі на десять – п'ятнадцять відсотків та покращити екологічні показники виробництва.

П'ятим технологічним напрямком є впровадження частотно-регульованих електроприводів для вентиляторів та інших допоміжних механізмів печі. На відміну від традиційних систем, що працюють на постійній потужності, частотне регулювання дозволяє оптимізувати режими роботи обладнання відповідно до поточних виробничих потреб. Це забезпечує економію електроенергії на рівні тридцяти – сорока відсотків при терміні окупності інвестицій полтора – два роки.

Поряд із технічними заходами важливу роль у підвищенні ефективності відіграють організаційні чинники. До них належать оптимізація виробничого графіку з метою максимального завантаження печей, мінімізація технологічних простоїв обладнання, систематичне навчання обслуговуючого персоналу сучасним методам експлуатації та

обслуговування, а також впровадження автоматизованих систем моніторингу енергоспоживання для оперативного виявлення відхилень від нормативних показників.

Нами було проведено техніко-економічне обґрунтування комплексної модернізації типової хлібопекарської печі продуктивністю три тонни готової продукції на добу. Розрахунки показали, що впровадження описаних вище заходів забезпечує зниження витрат природного газу на вісімнадцять – двадцять п'ять відсотків та зменшення споживання електричної енергії на двадцять – тридцять відсотків. При цьому сукупні капітальні інвестиції окуповуються протягом двох – трьох років експлуатації модернізованого обладнання, що є економічно привабливим показником для підприємств галузі.

Підсумовуючи результати проведеного дослідження, необхідно зробити кілька принципових висновків. По-перше, підвищення ефективності роботи хлібопекарських печей потребує саме комплексного системного підходу, що поєднує технологічні, технічні та організаційні заходи. По-друге, найвищу економічну ефективність демонструє інтегроване впровадження декількох напрямків модернізації, зокрема покращення теплоізоляції у поєднанні з рекуперацією теплової енергії та автоматизацією технологічних процесів. По-третє, капітальні інвестиції в модернізацію печей є економічно обґрунтованими та характеризуються прийнятним терміном окупності. По-четверте, ефекти від підвищення енергетичної ефективності не обмежуються лише економією ресурсів, а також проявляються у покращенні якісних характеристик готової продукції та екологічних параметрів виробництва.

Перспективами подальших наукових досліджень у цьому напрямку ми вбачаємо поглиблене вивчення можливостей інтеграції альтернативних джерел енергії в технологічні процеси хлібопекарського виробництва, розроблення інтелектуальних систем управління тепловими режимами на основі штучного інтелекту, а також дослідження впливу різних варіантів модернізації на фізико-хімічні та органолептичні показники хлібобулочних виробів.

Література

1. Ворошук В.Я., Вітенько Т.М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks: навч. посіб. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 164 с.

УДК 621.9

О.С. Кобельник¹, к.т.н; В.І. Оліховський²; В.Р. Кобельник², к.т.н., доцент

(¹ВСП «Тернопільський фаховий коледж ТНТУ ім.І.Пулюя», Україна)

(²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗМІНИ ПОДАЧІ ПРИ СВЕРДЛІННІ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ

O.S. Kobelnyk, Ph. D; V.I. Olikhovskiy; V.R. Kobelnyk, Ph.D., Assoc. Prof.

DEVICE FOR ENSURING CHANGE OF FEED DURIN DRILLING OF THROUGH HOLES

Процес свердління наскрізних отворів та його характерні особливості висвітлені у працях [1-6]. Встановлено, що під час формування наскрізних отворів, у момент виходу свердла з тіла заготовки, виникають небажані ефекти у механізмах головного руху та подачі, як наприклад пружні деформації, що супроводжуються накопиченням потенціальної енергії. В момент виходу свердла із заготовки, ця енергія вивільняється та призводить до різкого зростання подачі S , що в свою чергу призводить до збільшення крутного моменту. Такий стрибок навантаження, є одним із основних факторів поломки свердла та утворення задирок при наскрізному свердлінні. Методами щодо мінімізації

впливу цих явищ, є зниження подачі S , як упродовж всього процесу свердління, або безпосередньо на етапі виходу ріжучого інструмента із матеріалу заготовки .

Аналіз конструктивних рішень і принципів роботи існуючих пристроїв [3-6], призначених для зменшення подачі під час виходу свердла із заготовки, свідчить про наявність низки суттєвих недоліків. Зокрема застосування таких пристроїв, з одного боку, звужує технологічні можливості вертикально-свердлильних верстатів, оскільки зменшується їхня ефективна робоча зона. З іншого боку, додаткові механічні елементи, спричиняють підвищені навантаження на вузли коробок швидкостей і подач. Це не лише знижує загальну надійність верстата, але й у ряді випадків, зумовлює потребу використання вертикально-свердлильних верстатів більших типорозмірів і потужності, що є економічно необґрунтованим та нераціональним.

Відомий пристрій для свердління наскрізних отворів, принцип роботи якого, полягає у регулюванні осьового зусилля при свердлінні наскрізного отвору, що запобігає різкому збільшенню подачі при виході інструменту, шляхом збереження осьової сили різання навіть після виходу свердла з деталі. Це зменшує навантаження на інструмент та покращує якість отриманих поверхонь. Недоліком даного пристрою є те, що неможливо точно центрувати підпорну п'ятку відносно осі шпинделя. Через це виникає підвищене зношення перемички свердла та появу ексцентриситету в момент виходу свердла, через неспівпадіння вісі свердла з віссю пристрою. Негативні наслідки неточності базування пристрою унеможливають продуктивну та точну роботу. У запропонованій конструкції, виконано опору п'ятки плаваючою для забезпечення руху по радіальних напрямках, що дозволяє системі самоцентруватися під час роботи та отримувати власну вісь обертання від інструменту, дублюючи її.

Опис принципу роботи пристрою. Для забезпечення процесу свердління свердло 5 отримує обертовий рух від шпинделя верстату через корпус 1, стержень 2 який має можливість осьового руху в цьому корпусі та палець 3, патрон 4. При виході свердла 5 з тіла деталі 6, виникає процес випучування матеріалу оброблюваної деталі, упор 7 сприймає це навантаження та через кульки 9, що позиціонуються за допомогою сепаратора 10, і передають зусилля на корпус 8 до пружин 14 стискаючи їх. Тоді при контакті свердла 5 з упором 7 виникає контакт, що зберігає осьове зусилля, як при різанні, а обертання свердла передається на упор 7 якій позиціонується та починає обертатися точно з віссю свердла. Величина компенсації зміщення осі обмежується

втулкою 12, що запресована на кришку 11. При досягненні крайнього значення відхилення осі, яке може компенсувати пристрій, упор 7 впирається у втулку 12. Для запобігання

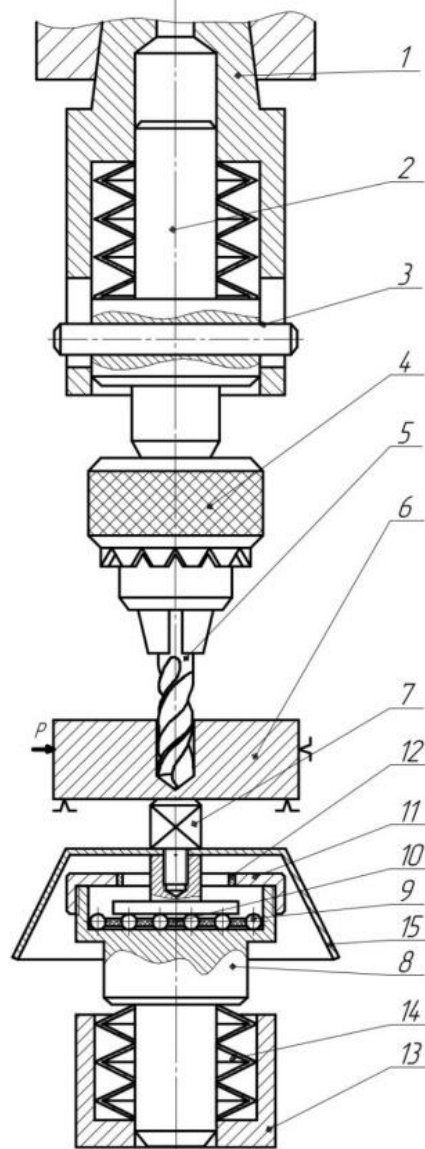


Рис. 1. Пристрій для свердління наскрізних отворів з плаваючим упором.

передчасному зносу, нижня частина упору 7, та верхня частина корпусу 8 гартується. При складанні пристрою в зону кульок вноситься консистентна змазка.

Таким чином запропонована конструкція пристрою для свердління наскрізних отворів дозволяє нівелювати відхилення від співвісності між свердлом та упором, що значно спрощує налагодження та дозволяє використовувати його при свердлінні деталей, як на вертикально-свердлильних верстатах так і на радіально-свердлильних верстатах

Література:

1. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. Т., 2013. 21 с.

2. Кривий П. Д., Кобельник В.Р., Кузьмін М.І. Про характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів. *Вісник ТНТУ : Науковий журнал.*: Тернопіль : ТНТУ, 2012. № 4 (68). С. 114–127.

3. Оліховський В.І., Кобельник В.Р. Механізм для забезпечення перемної подачі шпинделя верстата. Матеріали VI Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (27–28 квітня 2023 р.). Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 242 – 243.

4. Оліховський В., Кобельник В. Пристрої для свердління наскрізних отворів. Матеріали VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (25–26 квітня 2024 р.). Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 278 – 279.

5. Пат. 33445 Україна, МПК В 23 В 47/00. Механізм подач свердлильного верстату / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявник та патентовласник Терн. нац. тех. універ. ім. І. Пулюя. – № 200801364; заяв. 04.02.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. № 8.

6. Пат. 77698 Україна, МПК (2013.01) В 23 В 47/00. Пристрій для свердління наскрізних отворів / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявники і патентовласники Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І. № u201209347; заявл. 30.07.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4.

УДК 637.1.02

В.В. Колцун

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

НАПРЯМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПОТОКОВОЇ ЛІНІЇ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

V.V. Koltzun

DIRECTIONS FOR MODERNISING THE MILK PASTEURISATION FLOW LINE FOR SMALL-SCALE PRODUCTION ENTERPRISES

Підприємства невеликої продуктивності з переробки молока становлять значну частину молокопереробної галузі України. Однак вони часто стикаються з проблемою обмежених технологічних можливостей поточкових ліній пастеризації, що знижує їхню конкурентоспроможність та гнучкість виробництва. Розширення функціональності існуючого обладнання є економічно доцільним рішенням, яке дозволяє підвищити ефективність виробництва без значних капітальних інвестицій.

Сучасні ринкові умови вимагають від малих молокопереробних підприємств здатності швидко адаптуватися до змін у попиті споживачів, впроваджувати нові види продукції та забезпечувати стабільно високу якість. При цьому обмежені фінансові ресурси не завжди дозволяють здійснювати повну заміну виробничих ліній, що робить модернізацію існуючого обладнання оптимальною стратегією розвитку. Особливо це актуально для сільських підприємств, які відіграють важливу роль у переробці місцевої сировини та забезпеченні зайнятості населення.

Встановлення сучасних контролерів та датчиків дозволяє точно контролювати температурні режими, тиск та час витримки продукту. Система SCADA забезпечує візуалізацію процесу в реальному часі, автоматичне регулювання параметрів та ведення електронних журналів, що підвищує якість готової продукції та спрощує дотримання санітарних норм.

Перехід до модульної побудови лінії дозволяє легко змінювати конфігурацію залежно від потреб виробництва. Можливість швидкого демонтажу окремих секцій для

очищення або заміни скорочує час простою обладнання. Модульна конструкція передбачає використання стандартизованих з'єднань, що дозволяє комбінувати різні елементи лінії без складних інженерних рішень та мінімізує потребу у спеціалізованому монтажному інструменті.

Додавання нових модулів (гомогенізатора, деаератора, системи стандартизації) розширює асортимент продукції без повної заміни лінії. Гомогенізатор забезпечує рівномірний розподіл жирових кульок, що покращує органолептичні властивості молока та запобігає відстоюванню вершків. Деаератор видаляє розчинені гази, що подовжує термін зберігання продукції та покращує її смакові характеристики. Система стандартизації дозволяє точно регулювати жирність та інші показники, забезпечуючи стабільність якості готової продукції.

Модульна система дозволяє швидко переналаштовувати лінію для виробництва різних видів продукції протягом однієї зміни. Наприклад, вранці може оброблятися молоко для роздрібного продажу, а після обіду – сировина для виробництва сиру або йогуртів. Така гнучкість особливо цінна для малих підприємств, які працюють з обмеженими обсягами кожного виду продукції.

Впровадження системи рекуперації тепла дозволяє використовувати теплову енергію пастеризованого молока для попереднього підігріву сирого, що знижує енерговитрати на 30-40%. Встановлення частотних перетворювачів на електродвигунах насосів оптимізує споживання електроенергії. Теплова ізоляція трубопроводів та теплообмінників мінімізує втрати тепла в навколишнє середовище.

Використання пластинчастих теплообмінників з можливістю швидкої зміни пакетів пластин дозволяє адаптувати обладнання під різні продуктивності та види продукції. Сучасні конструкції забезпечують можливість проведення не тільки пастеризації, а й охолодження, підігріву та регенерації тепла в одному апараті. Різні типи пластин (з різною геометрією каналів) оптимізують теплообмін для продуктів різної в'язкості, від знежиреного молока до вершків з високим вмістом жиру.

Можливість швидкої зміни конфігурації пакета пластин дозволяє обробляти на одній лінії як низькожирні, так і високожирні продукти, молоко різних видів тварин (коров'яче, козяче, овече), а також рідкі молочні суміші для виробництва йогуртів або десертів. Це розширює можливості підприємства без додаткових інвестицій в окреме обладнання.

Автоматизована мийка без розбирання обладнання значно скорочує час на санітарну обробку лінії з 3-4 годин до 40-60 хвилин. Це дозволяє збільшити ефективний час роботи обладнання та знижує витрати води та миючих засобів на 20-25%. Програмоване керування забезпечує стабільну якість мийки та дезінфекції.

Підключення сепараторів-нормалізаторів дозволяє отримувати молоко різної жирності з однієї сировини. Встановлення гомогенізатора покращує консистенцію та подовжує термін зберігання продукції. Додавання системи дозування вітамінів або функціональних добавок розширює асортимент продукції з доданою вартістю.

Впровадження систем збору та аналізу даних (IoT) дозволяє відстежувати ключові показники ефективності обладнання, прогнозувати потребу в обслуговуванні та оптимізувати виробничі графіки. Підключення до хмарних сервісів забезпечує віддалений моніторинг та діагностику обладнання, що особливо важливо для підприємств з обмеженим штатом технічних спеціалістів.

Модернізація існуючого обладнання вимагає інвестицій у 3-5 разів менших, ніж придбання нової лінії, при цьому дозволяючи підвищити продуктивність на 15-25% та знизити собівартість продукції на 10-15%. Термін окупності таких проектів зазвичай становить 1,5-2,5 роки. Особливо ефективним є поетапне впровадження удосконалень, що дозволяє розподілити інвестиції в часі та мінімізувати фінансові ризики.

Розширення технологічних можливостей потокових ліній пастеризації для підприємств невеликої продуктивності є стратегічно важливим напрямком розвитку, який

забезпечує підвищення конкурентоспроможності, гнучкості виробництва та якості продукції. Комплексний підхід до модернізації, що включає автоматизацію, енергозбереження та цифровізацію, дозволяє малим підприємствам ефективно конкурувати на ринку та відповідати сучасним вимогам харчової безпеки та екологічності виробництва.

Успішна реалізація проектів модернізації вимагає ретельного аналізу специфіки виробництва, обґрунтованого вибору пріоритетних напрямків вдосконалення та залучення кваліфікованих спеціалістів на всіх етапах від проектування до введення в експлуатацію. За таких умов розширення технологічних можливостей стає надійною основою для сталого розвитку підприємства.

Література

1. Єресько Г. О., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання молочних виробництв : навч. посіб. Київ : ІНКОС, 2007. 344 с.
2. Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання консервної промисловості : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 284 с.
3. Ворощук В. Я., Вітенько Т. М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.

УДК 621.9

Р.Ю. Кружилка; В.А. Лясота

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИМОГИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІ

R.Yu. Kruzhilk; V.A. Lyasota

REQUIREMENTS FOR THE DESIGN AND OPERATION OF SPINDLE UNITS OF MILLING MACHINES

Шпиндельний вузол верстата є одним із надважливих виконавчих органів верстата, який забезпечує як і кількісні так і якісні характеристики в процесі обробки і складається зі шпинделя, його опор, приводного механізму. У конструкції шпинделя розрізняють передній кінець та міжопорну ділянку.

На шпиндель діють навантаження, викликані силами різання, силами в приводі, а також відцентровими силами, що виникають через незбалансованість деталей шпиндельного вузла. Проектування вузла включає: вибір типу приводу, опор, пристроїв для їхнього змащування і захисту від забруднень, а також визначення діаметра шпинделя, відстані між опорами і розробку конструкції всіх елементів.

Шпиндельні вузли мають відповідати вимогам:

1. Точність обертання шпинделя, що характеризується радіальним і осьовим биттям переднього кінця, впливає на точність оброблюваних деталей. Допустиме биття шпинделя універсальних верстатів має відповідати існуючим стандартам. Биття шпинделя спеціальних верстатів не перевищувати 1/3 допуску на лімітуючий розмір, обробленої на верстаті деталі.

2. Жорсткість шпиндельного вузла характеризується його деформаціями під дією навантажень. Допустима мінімальна жорсткість переднього кінця шпинделя верстатів складає 200 Н/мкм, а прецизійних – 400 Н/мкм. Допустимий кут повороту шпинделя в передній опорі приймається рівним 0,0001...0,00015 рад. Кут повороту шпинделя під приводним зубчастим колесом допускається від 0,00008 до 0,0001 рад., а прогин у цьому місці не повинен перевищувати 0,01*m* (*m* – модуль зубчастого колеса). Вимоги щодо

жорсткості шпинделя можна виразити по іншому. Для забезпечення працездатності опор (підшипників) шпиндельного вузла необхідно забезпечити співвідношення між діаметром d шпинделя і міжопорною відстанню l : $d \geq \sqrt[4]{(0,05 \dots 0,1)l^3}$. Допустиме радіальне переміщення переднього кінця шпинделя під дією навантаження має не перевищувати 1/3 допуску на розмір оброблюваної деталі.

3. Температурні деформації шпиндельного вузла впливають на точність обробки і працездатність опор. Припустимо нагрівання зовнішнього кільця підшипника зв'язаний із класом точності верстата так, наприклад, для верстатів нормальної точності температура може складати і 70°C, а для верстатів високої точності – 8...20°C.

Для передачі крутного моменту на шпиндель застосовують зубчасту або пасову передачі. Також у верстатах використовують так звані мотор-шпинделі. В особливо високоточних верстатах застосовують головний привід з відділенням від шпиндельної бабки регульованим електродвигуном.

Для мінімізації передачі вібрацій від електродвигуна на шпиндель, застосовують так званий інерційний привід, який дозволяє розганяти шпиндель до робочої швидкості, після чого двигун відключається від приводу. Обробка деталі відбувається після вимикання двигуна приводу. Іноді для збільшення запасу кінетичної енергії на шпиндель насаджують маховик.

УДК 621.91

В.-Н.В. Кубах, О.В. Прокопів, А.О. Блащисин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗАВАЛЬЦЬОВУВАННЯ КУЛЬОК У ТОНКОСТІННІ ЦИЛІНДРИЧНІ ВТУЛКИ

V.-N.V. Kubah, O.V. Prokopiv, A.O. Blashchyshyn

THE STUDY OF THE PARAMETERS OF THE BALL-ROLLING PROCESS IN THIN- WALLED CYLINDRICAL BUSHINGS

Розроблено інструмент для завальцьовування кульок у тонкостінні циліндричні втулки, представлено його конструкцію. Проведено дослідження методом кінцевих елементів, як у статті [1] напружено-деформованого стану деталей інструмента при дії зусилля деформування тонкостінного циліндричного елемента заготовки в напрямку до поверхні кульки. Встановлено, що величини напружень та деформацій, що виникають у конічному ролику, на осі, на якій обертаються ролики та корпусі інструмента лінійно залежать від величини зовнішньої нормальної та тангенціальної сил деформування циліндричної поверхні заготовки.

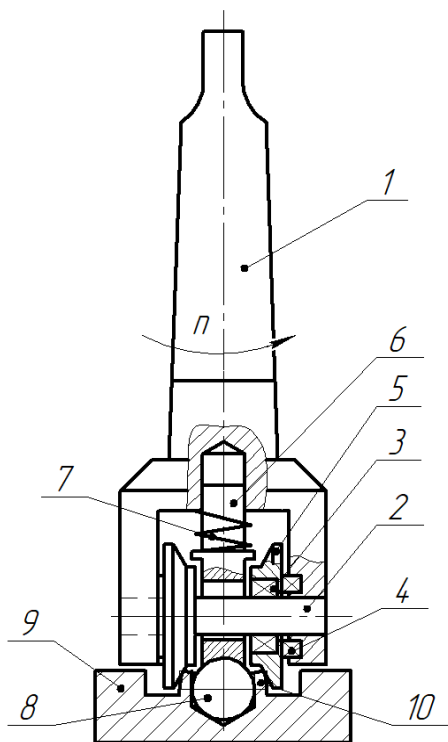


Рисунок 1. Конструкція інструмента для завальцьовування кульок у циліндричні втулки

На основі аналізу результатів моделювання визначено, що при зовнішньому навантаженні максимальні напруження виникають у роликах у місці контакту із циліндричною поверхнею, що піддається деформуванню (27 МПа), при основі роликів у місці контакту із упорними підшипником (23 МПа), а також на осі, на якій обертаються ролики (14 МПа).

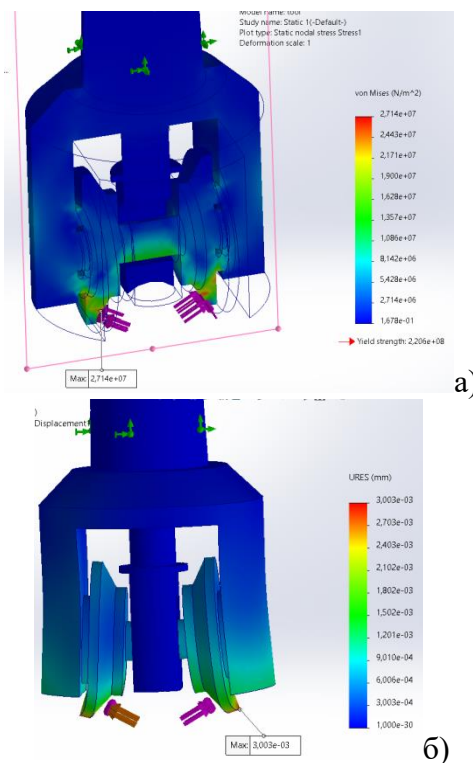


Рисунок 2. Величини напружень а) та деформацій б), що виникають в інструменті для завальцьовування кульок

Література

1. Дячун А.Є., Федоревич В.М., Грасовник В.Ю., Гинда Т.Ю., Дериш О.Б. Дослідження параметрів оправки з навивними стрічковими пружними гвинтовими затискними елементами. Перспективні технології та прилади. 2025. 1(26). С. 66-73.

УДК 624.954

К.М. Лукіячук; А. Грагі; А.П. Сорочак, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТІ ҐРУНТОВИХ УМОВ НА ОСІДАННЯ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЛІ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ

К.М. Lukiianchuk, A. Gragi, A.P. Sorochak Ph.D.

THE IMPACT OF SOIL CONDITION HETEROGENEITY ON THE SETTLEMENT OF THE FOUNDATIONS OF A LOGISTICS CENTER BUILDING

Актуальність дослідження впливу неоднорідності ґрунтових умов на осідання фундаментів будівлі логістичного центру зумовлена підвищеними ризиками нерівномірних деформацій основи, що можуть спричинити перекося несучих конструкцій, втрату експлуатаційної придатності та зниження загальної надійності споруди. Такі ризики виникають внаслідок варіацій фізико-механічних характеристик ґрунтів, зміни водонасичення та різної стисливості порід, що формують неоднорідне напружено-

деформоване поле під фундаментами та потребують детального аналізу для забезпечення безпечного проектування й експлуатації об'єкта.

Сучасні дослідження зосереджуються на моделюванні впливу стратиграфічної та просторової неоднорідності ґрунтів на нерівномірні осідання фундаментів і конструкцій [1, 2], а також на кількісній оцінці деформацій від зовнішніх техногенних впливів у ґрунтових середовищах з використанням стохастичних моделей [3].

У роботі досліджували конструкції стовпчастих фундаментів основної складської будівлі логістичного центру розмірами 34х70 м, неправильної форми в плані. Ґрунтові умови на майданчику будівництва характеризуються змінною потужністю шарів ґрунту та загальним ухилом ділянки. Це призводить до того, що фундаменти по осях 1–8 спираються на ІГЕ типу пісок мілкий середньої щільності ($C_n = 2$ кПа); по осях 9–11 – на ІГЕ типу супісок пилюватий, пластичний, лесовидний ($C_n = 14$ кПа); по осях 12–13 – на ІГЕ типу супісок пилюватий, твердий, лесовидний, просідний ($C_n = 10$ кПа).

Для оцінки нерівномірності осідань фундаментів залежно від типу ґрунту основи використовували моделювання за допомогою методу скінченних елементів у програмі ЛПА-САПР 2022 з модулем «Ґрунт». Розрахункова модель включала в себе тривимірну модель ґрунту, яка відповідала реальним шарам ґрунту та їхнім властивостям, визначеним на основі інженерно-геологічних вишукувань. Навантаження на фундаменти визначалися з окремої просторової розрахункової схеми для несучих металевих конструкцій будівлі з урахуванням експлуатаційного навантаження на конструкції підлоги та ґрунту зворотної засипки.

Внаслідок розрахунку встановлено, що відносна різниця осідань між крайніми фундаментами по осях 1 та 13 становить $\Delta s/L = 0,0031$ ($\Delta s = 218$ мм), що не перевищує допустимого (0,004) згідно з вимогами ДБН В.2.1-10:2018.

Література

1. Підгурський М.І., Підгурський І.М., Сорочак А.П., Биків Д.З. Дослідження осідань фундаментних плит металевих силосів при однорядному розташуванні та моделюванні варіантів їх завантаження. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, 2023, Вип. 44. С. 239-251. DOI: <https://doi.org/10.31713/budres.v0i44.27>.

2. Studziński R., Ścigała J., Ratajczak M., Ciesielczyk K. Impact of Heterogeneous Soil Conditions on the Life Cycle Assessment of a Multi-Storey Reinforced Concrete Structure. Sustainability, 2024, Vol. 16, Art. 6771. DOI: 10.3390/su16166771.

3. Pramanik R., Baidya D.K. Influence of Spatial Variability of Soil Elastic Modulus on Elastic Settlement of Rectangular Footing under Fuzzy Uncertainty. Innovative Infrastructure Solutions, 2022, Vol. 7, Art. 224. DOI: 10.1007/s41062-022-00819-7.

УДК 621.356.2

О.Л. Ляшук, О.І. Павлусь, Ю.В.Омелянський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СИНТЕЗ КОНВЕЄРІВ З РОЗШИРЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

O.L. Lyashuk; O.I. O.I. Pavlus'; Y.V. Omelianskyi

SYNTHESIS OF CONVEYERS WITH IMPROVED TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS

Сучасний стан розвитку транспортно-технологічних механізмів неперервної дії сільськогосподарського призначення вимагає пошуку нових шляхів покращення технологічних і експлуатаційних параметрів робочих органів, які дають змогу підвищити продуктивність та покращити якість транспортних процесів із метою зменшення

травмування насіннєвих матеріалів. У результаті проведеного аналізу впливу різних факторів на процес транспортування сипких матеріалів канатними робочими органами шляхом структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу [1-2] було визначено обмежену кількість їх складових елементів та зв'язків між ними, які представляють конструктивні ознаки, на основі чого складено морфологічну матрицю у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 Морфологічна таблиця конструктивних елементів гвинтового сепаратора

1. Механізми транспортування вантажу	2. Гнучкий елемент	3. Подавальні диски	4. Конструкції привідних елементів
1.1. U-подібне розміщення 1.2. S-подібне розміщення 1.3. прямолінійне горизонтальне розміщення	2.1. Канат 2.2. Ланцюг	3.1. круглий диск 3.2. круглий диск з отворами 3.3. фасонний диск	4.1. привідна зірочка 4.2. еласто – металічний шарнір (тип 1) 4.3. еласто – металічний шарнір (тип 2)
5. Механізм завантаження		6. Конструкції вивантаження пошкодженого матеріалу	7. Привід
5.1. Гравітаційний 5.2. Примусовий 5.3. Роздільний 5.4. З калібруванням		6.1 Жорсткий шнек 6.2. Гнучкий шнек 6.3. Безвальний шнек 6.4. Секційний шнек	7.1. Електродвигун 7.2. Пневмопривід 7.3. Вібропривід 7.4. Гідропривід

Морфологічну модель (табл. 1) можна представити у вигляді морфологічної матриці, що утворена шляхом числового позначення відповідних альтернатив розміщених у стовпцях морфологічної таблиці:

$$N_{ГС} = \left| \begin{array}{c|c|c|c} 1.1 & 2.1 & 3.1 & 4.1 \\ 1.2 & 2.2 & 3.2 & 4.2 \\ 1.3 & & 3.3 & 4.3 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c|c|c|c} 5.1 & 6.1 & 7.1 \\ 5.2 & 6.2 & 7.2 \\ 5.3 & 6.3 & 7.3 \\ 5.4 & 6.4 & 7.4 \end{array} \right| \quad (1)$$

Загальна кількість варіантів конструктивних виконань ГС, яка входять в морфологічну матрицю (1), є дуже значною $N = 3456$ і важко піддається повному перебору та вимагає багато часу для вибору найкращих рішень. Для забезпечення отримання найбільш раціональних конструктивних рішень запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу:

$$N_{ГС} = (K_{11}k_{11} \cdot K_{12}k_{12} \cdot K_{13}k_{13} \cdot K_{14}k_{14}) + (K_{21}k_{21} \cdot K_{22}k_{22} \cdot K_{23}k_{23} \cdot K_{24}k_{24}) + \dots + (K_{z1}k_{z1} \cdot K_{z2}k_{z2} \cdot K_{z3}k_{z3} \cdot K_{zi}k_{zi}) = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_{zi}k_{zi}, \quad (2)$$

де z – ієрархічний рівень; l – кількість ієрархічних рівнів; K_{zi} – альтернатива конструктивного елементу певного ієрархічного рівня; m – кількість альтернатив конструктивного елементу певного ієрархічного рівня. k_{zi} – коефіцієнт, що визначає економічну доцільність використання того чи іншого конструктивного елемента (табл. 2).

Таблиця 2 Коефіцієнти конструктивних елементів

1. Механізм транспортування вантажу	2. Гнучкий елемент	3. Подавальні диски	4. Конструкції привідних елементів	5. Механізм завантаження	6. Конструкції вивантаження пошкодженого	7. Привід

					го матеріалу	
1.1 $k_{11}=1,1 \dots 1,2$	2.1 $k_{21}=1,0 \dots 1,1$	3.1 $k_{31}=1,0 \dots 1,2$	4.1 $k_{41}=1,6 \dots 1,9$	5.1 $k_{51}=1,0 \dots 1,1$	6.1 $k_{61}=1,5 \dots 1,7$	7.1 $k_{71}=1,1 \dots 1,2$
1.2 $k_{12}=1,2 \dots 1,3$	2.2 $k_{22}=1,3 \dots 1,6$	3.2 $k_{32}=1,4 \dots 1,7$	4.2 $k_{42}=1,7 \dots 1,9$	5.2 $k_{52}=1,2 \dots 1,4$	6.2 $k_{62}=1,6 \dots 1,9$	7.2 $k_{72}=1,3 \dots 1,6$
1.3 $k_{13}=1,0 \dots 1,1$		3.3 $k_{33}=1,5 \dots 1,8$	4.3 $k_{43}=1,8 \dots 2$	5.3 $k_{53}=1,4 \dots 1,6$	6.3 $k_{63}=1,9 \dots 2,3$	7.3 $k_{73}=1,4 \dots 1,8$
				5.4 $k_{54}=1,3 \dots 1,5$	6.4 $k_{64}=1,7 \dots 2,2$	7.4 $k_{74}=1,6 \dots 1,9$

Запропонована модель транспортно-технологічної системи з канатним робочим органом, зображена на рис. 2. Згідно запропонованого групування до першої ієрархічної групи слід віднести такі конструктивні елементи: 1 – механізм транспортування вантажу; 2 – гнучкий канат; 3 – подавальні диски; до другої ієрархічної групи: 4 – привода зірочка; 5 – бункер; до третьої ієрархічної групи: 6 – конструкції вивантаження пошкодженого матеріалу; 7 – привід. Відповідно при кодуванні використаємо наступну схему кодів конструктивних елементів канатних конвеєрів з використанням символу «і» (де «і» змінюється в межах від 1 до ∞): 1_i – механізми транспортування вантажу; 2_i – гнучкі канати; 3_i – подавальні диски; 4_i – приводні зірочки; 5_i – бункери; 6_i – конструкції вивантаження пошкодженого матеріалу, 7_i – приводи. Якщо в конструкції міститься декілька ідентичних конструктивних елементів, то їх кількість доцільно записати відповідним степенем, наприклад: дві приводні зірочки - $(4_{12})^2$, а якщо міститься декілька різних конструктивних елементів одного виду, то їх доцільно записати наступним чином: два бункери - $(5_7 \cup 5_{92})$.

В результаті генерування альтернатив конструкцій, на першому ієрархічному рівні одержано такі альтернативи (рис. 2.):

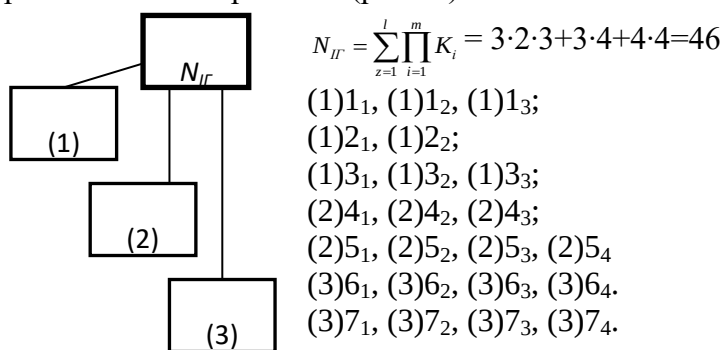


Рисунок 2. Модель механічної системи «гнучкий канатний і ланцюговий конвеєр» (1) – перший ієрархічний рівень; (2) - другий ієрархічний рівень; (3) - третій ієрархічний рівень

Література

1. Гевко І. Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : 05. 02.02. Львів, 2013. 42 с.
2. Ляшук О.Л. Структурний синтез гвинтових робочих органів механізмів машин. / О.Л. Ляшук, Р.О. Любачівський І.М. Кучвара // Вісник машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: серія «Машинобудування». 2013. - № 68. с.25-31.

ШНЕКОВИЙ ТРАНСПОРТЕР ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ТА ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ

V. Makarov, graduate student

SCREW CONVEYOR FOR GRINDING AND MIXING FEED

В основу розвитку аграрного сектору тваринництва закладено повноцінна годівля тварин відповідними кормами, придатними до згодовування. В сучасному тваринництві частка витрат, які пов'язані з механізованим приготуванням кормів перевищує 40...45% від загальних витрат виробництва продукції тваринництва [1]. Згідно з концепцією післявоєнної відбудови України, одним із стратегічних напрямків розвитку аграрного сектору, є зниження загальних витрат енергії під час застосування технічних засобів технологічних ліній на яких виробляють кормові суміші.

Тому питання приготування кормів в аспекті зниження енергозатрат, є важливою та обґрунтованою науково-прикладною задачею.

Мета досліджень – зниження енергоємності процесу приготування кормових сумішей шляхом обґрунтування параметрів комбінованого гвинтового подрібнювача-змішувача кормів для тваринництва.

У сучасних умовах розвитку тваринництва необхідно не тільки врахувати потреби тварин в поживних речовинах, а також правильно визначити відношення даних речовин. Тому основним напрямком в процесі приготування кормів є виробництво повноцінної кормової суміші з різноманітних компонентів за умови зменшення затрат праці та собівартості приготування кормових сумішей. Враховуючи тип годівлі тварин, в малих фермерських господарствах використовують різні види кормів і на базі них створені кормові суміші. Кормові суміші готують по різних технологічних схемах. Класичною та найбільш розповсюджена є наступна схема: прийом і зберігання сировини; очищення сировини від домішок; подрібнення, дозування; змішування, гранулювання (брикетування), зберігання. Можливий варіант: подача кормової добавки-одночасне подрібнення коренеплодів і кормової добавки та змішування подрібнених коренеплодів з кормовою добавкою.

До механічних способів приготування кормів відносяться очищення, миття, протряхання, просіювання, різання, подрібнення, розколювання, розминання, стирання, пресування, плющення, гранулювання, брикетування, змішування, дозування тощо.

Такі способи приготування кормів найбільш широко застосовуються як на дрібних, так і на великих тваринницьких комплексах, в кормоцехах і на комбікормових заводах. Корми з коренеклубнеплодів приготують у наступній послідовності: миття сировини - різання сировини; миття коренеплодів - різання коренеплодів та дозування сипучих кормів - змішування інгредієнтів; миття коренеплодів - запарювання коренеплодів та сипучих кормів - розминання інгредієнтів - змішування інгредієнтів; миття коренеплодів - подрібнення коренеплодів - дозування сипучих кормів - дріжджування суміші - змішування корму.

Нами для зменшення енерговитрат процесів приготування кормів запропоновано наукову гіпотезу, яка передбачає технічно-технологічну можливість поєднання двох окремих операцій подрібнення та змішування компонентів майбутнього корму в одну суміжну операцію, яку виконує комбінований робочий орган – гвинтовий подрібнювач-змішувач, який забезпечує зниження витрат енергії під час приготування кормових сумішей, рис. 1.

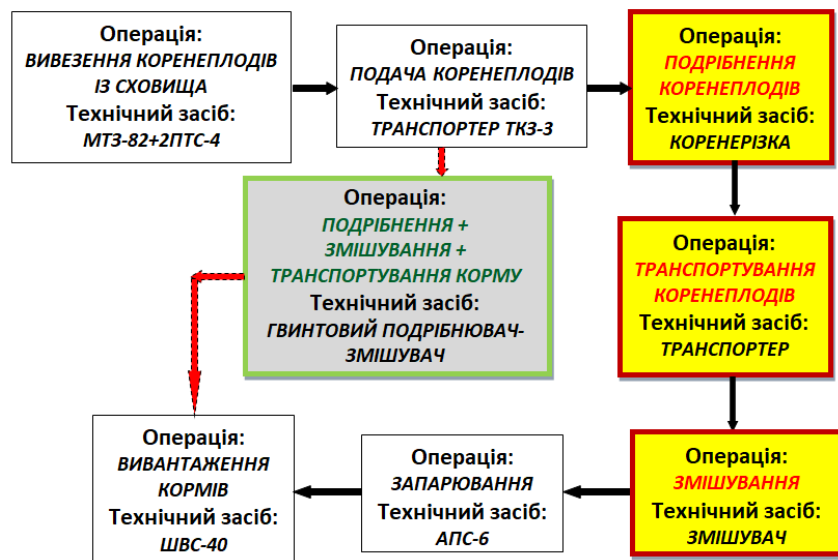


Рис. 1. Схема виконання основних операцій під час приготування кормів за базовим і удосконаленим способом

Основним робочим органом комбінованого гвинтового подрібнювача-змішувача є комбінований шнек 9 (рис. 2), який виконує операцію транспортування продуктів переробки (коренеплодів і кормових добавок), подрібнення коренеплодів і змішування подрібнених частин з кормовими добавками.

Комбінований шнек зони подрібнення коренеплодів являє собою барабан 10, на якому встановлено спіральні витки 11, на яких закріплено ріжучі ножі 13. Змішування подрібнених частин коренеплодів з кормовими добавками відбувається в зоні класично виконаного шнека зі змінним кроком спіральних витків. Отримана кормова суміш витками шнека переміщується до шиберу 12, дек вивантажується далі за призначенням.

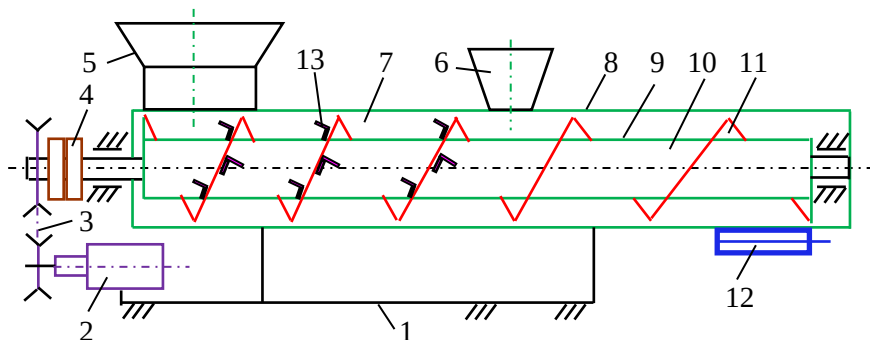


Рис. 2 – Конструктивна схема шнекового транспортера: 1 – рама; 2 – електродвигун; 3 – клинопасова передача; 4 – муфта; 5, 6 – бункер коренеплодів і кормових добавок; 7 – гвинтовий конвеєр; 8 – кожух; 9 – шнек; 10 – барабан; 11 – спіральний виток; 12 – шибер; 13 – ніж

Таким чином, технологічний цикл приготування кормів відбувається на одному транспортному механізмі, що значно знижує питому металомісткість процесу та забезпечує загалом здешевлення виробництва продукції

Література

1. Братішко В.В. Механіко-технологічні основи приготування повнораціонних комбікормів гвинтовими грануляторами : автореф. дис. ... д-ра. технічних наук : 05.05.11; Київ, 2017. 43 с.

РОЗРОБКА ПРИВОДУ ЗАТИСКУ ПАТРОНА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА**М.Р. Markovskii****DEVELOPMENT OF A LATHE CHUCK CLAMPING DRIVE**

В токарних верстатах, як правило застосовують трикулачкої патрони для затиску заготовок. Приводи затиску патрона токарних верстатів виконують ключову роль із забезпеченням надійної фіксації заготовки, стабільності процесу різання та безпеки роботи. Від конструкції та характеристики приводу затиску значною мірою залежить точність обробки, допустимі сили різання та швидкість переналагодження верстата. Сучасні конструкції приводів еволюціонують у напрямку підвищення автоматизації, енергоефективності й надійності. Хоча в більшості верстатів, навіть з ЧПК, привод затиску – ручний, проте існують пневматичні, гідравлічні, електромеханічні тощо.

Розроблено патрон з електромеханічним приводом для затиску патрона токарного верстата (рис. 1)

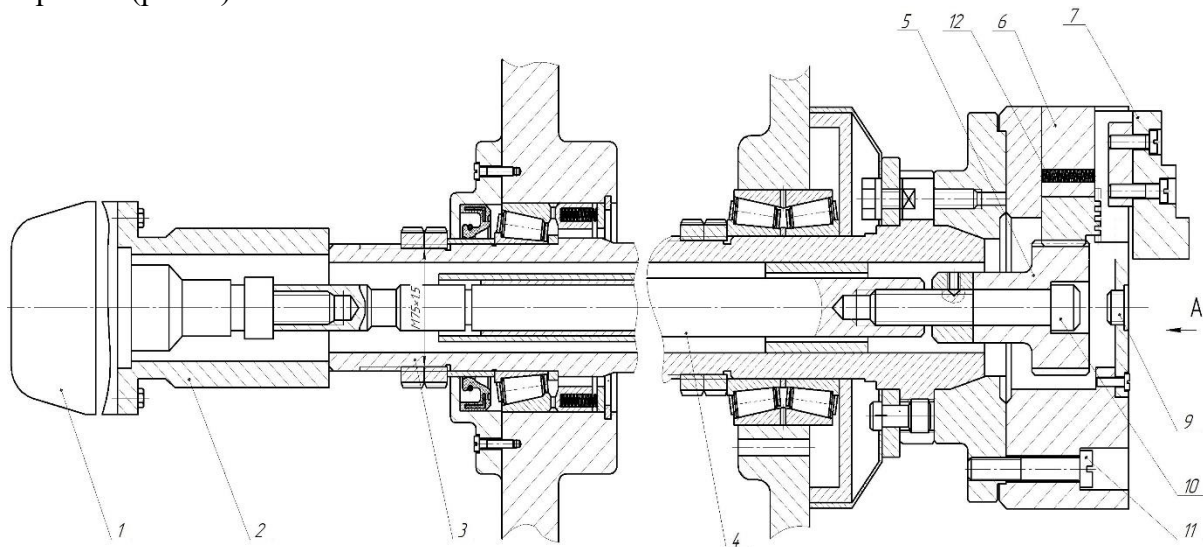


Рис. 1. Схема патрона з електромеханічним приводом

Затискання і розтискання заготовки здійснюється від електромеханічного приводу, що передає обертання через тягу (поз. 4) на зубчасте колесо (поз. 5), поворот якого призводить до обертання косозубої шестерні з архімедовою спіраллю (поз. 6), що знаходиться в зачепленні з кулачками патрона (поз. 7). Залежно від напрямку обертання приводу кулачки переміщуються вниз (затискання заготовки) або вгору (розтиск заготовки).

Література

1. Конструювання і розрахунок металорізальних верстатів і верстатних комплексів: Посібник до дипломного проектування для студентів спеціальності “Металорізальні верстати і системи” освітньо-кваліфікаційних рівнів “спеціаліст”, “магістр” / Укл. К.Я. Охріменко. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 183с
2. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: підручник; за ред. Сіліна Р.І. – Львів: Бескид Біт, 2008. – 448 с.
3. Practical Finite Element Simulations with SOLIDWORKS 2022: An illustrated guide to performing static analysis with SOLIDWORKS Simulation / Khameel B. Mustapha. – Packt Publishing Ltd, 2022. – 480с.

УДК 629.358.42

О. П. Марунич; О.В. Лакх; А.О. Старих

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА КОНІЧНОЇ ФОРМИ

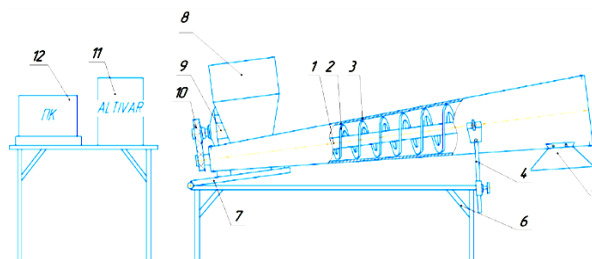
О.Р. Marunych, O.V. Lakh; A.O. Starykh

EXPERIMENTAL STUDIES OF A CONICALLY SHAPED SCREW CONVEYOR

Для проведення експериментальних досліджень кінематики руху сипкого матеріалу у гвинтовому конвеєрі конічної форми спроектовано та виготовлено спеціальну лабораторну установку, до складу якої входять: багатофункціональний гвинтовий конвеєр; змінні кожухи конічної форми; шнеки зі змінним кроком витків; шнеки з гофрованою поверхнею та змінним кроком витків для змішування матеріалів в процесі транспортування. Установку представлено на рис. 1.



а)



б)

Рисунок 1. Експериментальна установка для дослідження характеристик гвинтових транспортерів-змішувачів конічної форми: а – загальний вигляд установки; б –принципова схема установки; 1 – вал шнека; 2 –гвинтова поверхня із наростаючим зазором між валом і шнеком; 3 – кожух конічної форми; 4 – механізм регулювання висоти перевантаження; 5 – вивантажувальний патрубок; 6 – рама; 7 – рухомий стіл; 8 – бункер; 9 – електропривод; 10 – пасова передача; 11 – перетворювач частоти обертання приводу; 12 – персональний комп'ютер; 13 – акселерометр ДН-3-М1; 14 – акселерометр ДН-4-М1

Після розрахунків, проектування та виготовлення гвинтових конвеєрів встановлено такі межі варіювання вхідних факторів: величина збільшення кроку шнека на кожному наступному витку $\Delta T = 0,004-0,01$ м; кут нахилу твірної конічної поверхні шнека $\alpha = 10-20^\circ$; частота обертання шнека конічної форми $n = 200-500$ гртм; висота виступів (гофр) на зовнішньому діаметрі гвинтової поверхні шнека $A = 0,004-0,012$ м; частота обертання гофрованого шнека $n_1 = 70-270$ об/хв.

Для реалізації процедури обробки експериментальних даних за методикою, описаною в [<https://www.hbmprenscia.com>. <https://www.ncode.com>.], побудовано робочий проект, який містить такі структурні елементи (гліфи): Exel Input, Multi Column To Time Series, Butterworth Filter, Meta Data Display, Time Series To Multi Column Output, Frequency Spectrum and XY Display. Результати обробки експериментальних даних у середовищі nCode GlyphWorks для окремих комбінацій досліджуваних параметрів подано на рис. 2 –5.

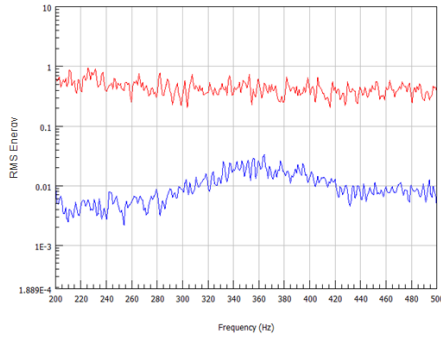


Рисунок 2. Частотний спектр середньоквадратичного відхилення густини енергії коливань (10 Гц, 200 об/хв)

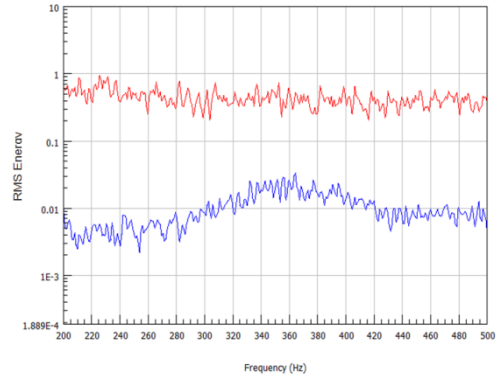


Рисунок 3. Частотний спектр середньоквадратичного відхилення густини енергії коливань (20 Гц, 300 об/хв)

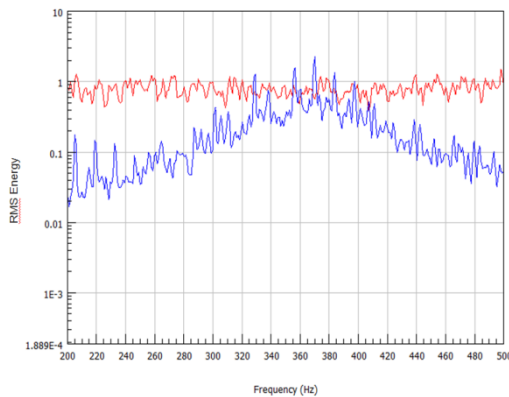


Рисунок 4. Частотний спектр середньоквадратичного відхилення густини енергії коливань 30 Гц, 400 об/хв)

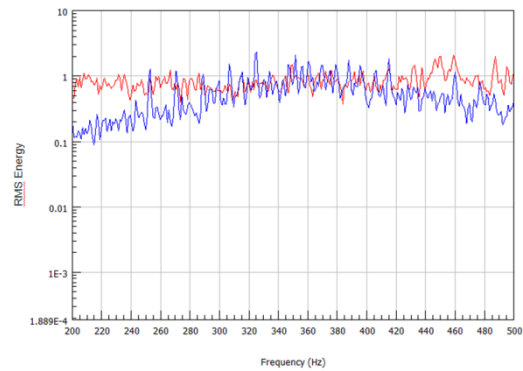


Рисунок 5. Частотний спектр середньоквадратичного відхилення густини енергії коливань (40 Гц, 500 об/хв)

За допомогою пакету прикладних програм було створено комп'ютерну модель гвинтового конвеєра для транспортування сипких матеріалів. Для моделювання секундної продуктивності гвинтового конвеєра використано метод дискретних елементів (discrete element method). В процесі моделювання гвинтового конвеєра для транспортування сипкого матеріалу встановлено, що для $\beta = 10^\circ$ і $n = 300$ об/хв максимальна продуктивність гвинтового конвеєра спостерігається між 7-10 сек після його вмикання при заповненому матеріалом бункері. Саме в цьому проміжку часу відбирали проби та зважувати зерновий матеріал для встановлення секундної продуктивності гвинтового конвеєра.

На підставі аналізу результатів комп'ютерного моделювання процесу транспортування зернового матеріалу встановлено, що секундна продуктивність Q гвинтового конвеєра при частоті обертання n робочого органу в межах від 200 до 500 об/хв зростає за лінійною залежністю, однак подальше збільшення n не сприяє росту продуктивності конвеєра, а навіть дещо зменшує її значення. Це пояснюється тим, що нормальному завантаженню конвеєра перешкоджають значні відцентрові сили. При визначенні секундної продуктивності гвинтового конвеєра для інших значень β і n встановлені відповідні часові межі, при яких продуктивність конвеєра була максимальною.

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВУЗЛА ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА У МАКАРОННИХ ПРЕСАХ

M.V. Metsan

WAYS TO IMPROVE THE DOUGH MIXING UNIT IN PASTA PRESSES

Вузол замішування тіста є одним із найважливіших елементів макаронного преса, що безпосередньо впливає на якість готової продукції. Від ефективності процесу замішування залежать реологічні властивості тіста, однорідність його структури, вологість та міцність макаронних виробів. Сучасні вимоги до продуктивності обладнання та якості продукції зумовлюють необхідність постійного вдосконалення конструкції замішувальних пристроїв.

У класичних макаронних пресах вузол замішування часто характеризується недостатньою інтенсивністю перемішування, нерівномірним розподілом вологи, утворенням комків та перегріванням тіста внаслідок тривалого механічного впливу. Ці недоліки призводять до погіршення пластичності тіста, збільшення кількості браку та зниження продуктивності устаткування. Крім того, традиційні конструкції мають високе питоме енергоспоживання та складні в обслуговуванні.

Одним із найперспективніших напрямків удосконалення змішувального обладнання є кардинальна зміна форми та просторового розташування замішувальних лопатей. Традиційні прямолінійні або прості геометриї лопаті поступово замінюються складнопрофільними конструкціями, розробленими на основі комп'ютерного моделювання потоків та експериментальних досліджень динаміки тістових мас.

S-подібні лопаті змінної кривизни представляють собою якісно новий підхід до організації процесу замішування. Їх геометрія характеризується плавною зміною радіуса кривизни вздовж робочої поверхні, що створює складний тривимірний профіль. При обертанні такі лопаті генерують багаторівневі потоки матеріалу: основний потік уздовж напрямку руху лопаті поєднується з вторинними вихровими потоками, що виникають завдяки змінній кривизні поверхні. Це забезпечує більш інтенсивне переміщення компонентів не тільки в горизонтальній, але й у вертикальній площині, що критично важливо для досягнення максимальної однорідності тістової маси.

Спіральні лопаті з оптимізованим кутом нахилу реалізують принцип безперервного осьового транспортування матеріалу одночасно з його інтенсивним перемішуванням. Оптимальний кут нахилу спіралі, який знаходиться в діапазоні 35-45° залежно від реологічних властивостей тіста, дозволяє досягти ідеального балансу між швидкістю переміщення маси та ефективністю її гомогенізації.

Перспективним та інноваційним підходом є використання комбінованих робочих органів, що поєднують елементи різної конфігурації в межах однієї змішувальної системи. Така концепція базується на розумінні того, що оптимальні умови замішування змінюються на різних стадіях процесу, і жоден універсальний тип лопатей не може забезпечити максимальну ефективність впродовж усього циклу.

Імпульсний режим роботи, що передбачає чергування періодів інтенсивного перемішування та пауз, сприяє кращому набухання борошна та формуванню клейковинного каркасу без надмірного механічного навантаження.

Удосконалення системи зволоження є критичним фактором покращення якості тіста. Застосування форсунок розпилювачів замість простого зливу води забезпечує утворення дрібнодисперсного аерозолу, що рівномірно розподіляється по всьому об'єму борошна. Це дозволяє скоротити час змочування та уникнути утворення крупних згустків.

Перспективним є впровадження систем з багатоточковим подаванням рідини через декілька розпилювачів, розташованих по периметру змішувальної камери. Автоматичне регулювання температури води (40-45°C) прискорює процеси гідратації та покращує реологічні властивості тіста.

Модернізація форми змішувальної камери з урахуванням аеродинамічних та гідродинамічних властивостей відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного процесу змішування. Рационально спроектована геометрія камери дозволяє уникнути утворення застійних зон, де матеріал залишається нерухомим або недостатньо перемішаним, що призводить до нерівномірності структури готового продукту.

Облицювання внутрішніх поверхонь камери матеріалами з низьким коефіцієнтом тертя та високою зносостійкістю (нержавіюча сталь, спеціальні полімерні покриття) зменшує налипання тіста та полегшує очищення обладнання.

Встановлення датчиків контролю консистенції тіста, що працюють за принципом вимірювання крутного моменту на валу приводу, дозволяє в реальному часі коригувати кількість води або тривалість замішування. Це забезпечує стабільність якості тіста незалежно від коливань властивостей сировини.

Впровадження програмованих логічних контролерів (ПЛК) з можливістю збереження рецептур для різних типів макаронних виробів дозволяє швидко переналагоджувати обладнання та мінімізувати вплив людського фактора.

Оснащення змішувальної камери системою охолодження (водяна сорочка або повітряне обдування) запобігає перегріванню тіста вище критичної температури 40°C, що призводить до часткової денатурації білків та погіршення пластичності маси. Підтримання температури в діапазоні 30-35°C забезпечує оптимальні умови для формування структури тіста.

Впровадження запропонованих удосконалень дозволяє досягти значних економічних переваг. Зниження часу замішування на 20-25% підвищує продуктивність лінії. Покращення якості тіста зменшує кількість браку на 10-15% та підвищує міцність готових виробів. Оптимізація енергоспоживання забезпечує економію електроенергії до 18%. Автоматизація процесу знижує вимоги до кваліфікації персоналу та зменшує операційні витрати.

Удосконалення вузла замішування тіста у макаронних пресах є комплексним завданням, що вимагає системного підходу. Найбільший ефект досягається при одночасному впровадженні декількох напрямків модернізації: оптимізації геометрії робочих органів, вдосконалення системи дозування води, автоматизації процесу та забезпечення термостабілізації. Правильно спроектований та модернізований вузол замішування є запорукою високої якості продукції, підвищення продуктивності та зниження собівартості макаронних виробів.

Подальший розвиток конструкцій замішувальних вузлів пов'язаний з впровадженням інтелектуальних систем керування на базі штучного інтелекту, що здатні самостійно оптимізувати параметри процесу залежно від властивостей конкретної партії сировини та аналізувати тренди для прогнозування якості продукції.

Література

1. Ворошук В., Вітенько М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.
2. Вітенько Ю., Ворошук В. Особливості удосконалення робочих органів обладнання із застосуванням Solidworks // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 91-ї Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів (Київ, 7–11 квіт. 2025 р.). Київ : НУХТ, 2025. Ч. 2. С. 24.

УДК 001(091)

Мірута Д. В., ст. гр. БП-31

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВКЛАД РИМО-КАТОЛИЦЬКОЇ ЦЕРКВИ У НАУКУ В ЕПОХУ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ

Miruta D. V., st. gr. BP-31

CONTRIBUTION OF THE ROMAN CATHOLIC CHURCH TO SCIENCE IN THE MIDDLE AGES

Європейське Середньовіччя часто асоціюють із домінуванням релігії у суспільному житті, проте Римо-Католицька Церква водночас була важливою інституцією, що сприяла збереженню і поширенню знань, зокрема через діяльність монастирів, які виступали центрами інтелектуальної активності.

Після занепаду Західної Римської імперії саме монастирі взяли на себе завдання збереження античної культурної спадщини. Бенедиктинські ордени, керуючись принципом «Молися і працюй», організували скрипторії для переписування і збереження класичних текстів, створюючи бібліотеки, де зберігалися роботи видатних мислителів античності.

Церква заснувала перші університети, такі як Болонський (1088) і Паризький (Сорбонна, 1253), які мали основою навчання сім вільних мистецтв, а богослов'я вважалося «царицею наук» [1, с. 88]. Це були роки народження схоластики — теологічно-філософської системи, що поєднувала віру і розум.

Монастирські лабораторії виконували функцію ранніх наукових центрів, де проводили дистиляцію, виготовляли лікарські препарати та фарби, поєднуючи практичні спостереження з теоретичними знаннями. Це заклало основу подальшого розвитку медичної науки. А монахи цистерціанського, бенедиктинського та траппістського орденів систематично вдосконалювали процеси вирощування винограду і ферментації, що згодом вплинуло на розвиток біохімії та мікробіології. Також система нотного запису, розроблена Гвідо д'Ареццо у XI столітті, дозволила впровадити стандартизацію передачі музики, що посилило розвиток музичної науки та її розповсюдження в Європі.

Одним із важливих технічних здобутків римо-католицьких монастирів Середньовіччя став механічний годинник, винайдений у XIII столітті, який забезпечував точне визначення часу для молитов та богослужінь. «Поява перших баштових годинників у монастирях Верден і Сент-Олбанс близько 1280–1300 років» [2, с. 310-325] стала початком розвитку машинобудування та кінематики, що пізніше вплинуло на розвиток точних наук та техніки. А близько 1280 року в Італії винайшли окуляри – прилад, який значно полегшив працю монастирських переписувачів рукописів, дозволяючи зберегти гостроту зору і тим самим підтримуючи наукову діяльність та розвиток освіти.

Римо-Католицька Церква підтримувала будівництво соборів у готичному стилі, застосовуючи передові інженерні рішення — ребристі склепіння і контрфорси, завдяки яким будівлі набули як міцності, так і естетичної досконалості [5, с. 50-90].

Астрономічні дослідження при Церкві відіграли ключову роль у створенні сучасного календаря. Церковні астрономи докладали значних зусиль, щоб вдосконалити неточності юліанського календаря. Так, «Папа Григорій XIII у 1582 році запровадив григоріанський календар, який використовується у світі до сьогодні» [4, с. 280].

Монастирські скрипторії були спеціальними приміщеннями, де монахи вручну переписували рукописи, використовуючи якісні чорнила і пергамент. Умови роботи вимагали великої точності і майстерності — від каліграфії до оздоблення тексту і ілюмінації, що стало основою для подальшого вдосконалення технік письма і оформлення

книг. Саме в цих майстернях «в монастирських скрипторіях виробилася традиція точності, каліграфії та текстового редагування — те, що згодом стало основою друкарської культури» [3, с. 80].

Висновок. Завдяки Римо-Католицькій Церкві Середньовіччя стало не лише добою віри, а й епохою технологічних і наукових інновацій. Бажання пізнати світ як творіння Бога спонукало ченців і богословів до пошуку закономірностей природи, точного вимірювання часу, вдосконалення музики, архітектури, медицини, сільського господарства. Механічний годинник, ноти, окуляри, готичні собори, григоріанський календар, розвиток хімії й агротехніки — усе це стало фундаментом наукової революції наступних століть. Таким чином, роль даної Церкви не обмежувалася духовною сферою: вона стала першою організованою системою наукового знання, що поєднала віру, розум і досвід.

Література

1. Ле Гофф Ж. Інтелектуали в Середньовіччі. Кембридж : Blackwell, 1993. 312 с.
2. Ліндберг Д. К. Початки західної науки: європейська наукова традиція в філософському, релігійному та інституційному контекстах (600–1450). Чикаго : University of Chicago Press, 2007. 480 с.
3. Педерсен О. Перші університети: Studium Generale та витоки університетської освіти в Європі. Кембридж : Cambridge University Press, 1997. 352 с.
4. Саузерн Р. Схоластичний гуманізм та об'єднання Європи. Foundations. Оксфорд : Blackwell, 1995. 330 с.
5. Wilson C. The Gothic Cathedral: The Architecture of the Great Church, 1130–1530. London : Thames & Hudson, 1990. 304 p.

Наук. кер.: д. іст. н., проф. Стоцький Я. В.

УДК 629.3

О.О. Окунський; О.П. Цьонь, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АКТИВНОГО ПЛОСКОГО НОЖА ДООБРІЗУВАЧА ГИЧКИ НА ОСНОВІ БАГАТОФАКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

O.O. Okunskyi; O.P. Tson, Ph.D.

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE ACTIVE FLAT KNIFE OF THE HIP TRIMMER BASED ON MULTIFACTOR MODELING

Аналіз існуючих конструкцій дообрізувачів гички та результатів попередніх досліджень показує, що традиційні підходи до вибору параметрів робочих органів переважно ґрунтуються на досвіді експлуатації машин і не завжди забезпечують раціональне поєднання якості очищення з мінімальною енергоємністю процесу. У наукових джерелах розглядаються окремі аспекти впливу геометрії ножа, режимів його руху та властивостей коренеплодів на результат зрізування, однак питання комплексної оцінки їх спільного впливу на силу різання, а також пошук оптимальних поєднань параметрів для активних плоских ножів дообрізувачів залишаються недостатньо вивченими.

Функцією відгуку (оптимізованим параметром) у даному дослідженні є узагальнена величина, що описується одним числовим значенням, має чіткий фізичний зміст і може бути визначена для будь-яких режимів роботи агрегату. У контексті процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків такою функцією

відгуку обрано силу, необхідну для зрізування залишків гички активним плоским ножом дообрізувача. Саме величина цієї сили є інтегральним показником енергоємності процесу та опосередковано характеризує якість роботи робочого органа й рівень пошкодження головок коренеплодів.

Аналіз технологічного процесу дообрізування гички показав, що на якість зрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків та на результуючу силу різання найбільший вплив мають такі керовані фактори:

- довжина ходу активного плоского ножа – визначає траєкторію руху робочого органа відносно поверхні головки коренеплоду і, відповідно, умови формування зрізу;
- кут заточування ножа – впливає на напружений стан матеріалу гички та коренеплоду в зоні різання і визначає співвідношення між силами різання та тертя;
- діаметр коренеплоду – є геометричною характеристикою об'єкта обробки, що зумовлює форму поверхні зрізу та зміну умов контакту ножа з головою;
- робоча швидкість бурякозбирального агрегату – характеризує кінематику взаємодії системи «ніж–коренеплід» і впливає як на навантаження робочих органів, так і на стабільність якості очищення.

На основі цих параметрів здійснюється побудова просторової математичної моделі процесу зрізування залишків гички з головок коренеплодів дообрізувачем активного типу та проводиться комплекс експериментальних досліджень, спрямованих на визначення раціональних поєднань параметрів, за яких забезпечуються мінімальні значення сили різання за умови належної якості очищення коренеплоду.

УДК 669.539

А.В. Олексюк, Т.А. Довбуш, к.т.н., доцент, В.П. Олексюк, к.т.н., доцент
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ СЕПАРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

A.V. Oleksiuk; T. A. Dovbush, Ph.D., Assoc. Prof.; V. P. Oleksyuk, Ph.D., Assoc. Prof.
**SEARCH FOR OPTIMAL DESIGNS OF SEPARATING DEVICES OF POTATO
HARVESTING MACHINES**

Виконання робіт картоплезбиральними машинами в осінній період на важких і вологих ґрунтах в більшості випадків є неефективним з огляду на недостатню сепарацію компонентів вороху картоплі, причиною якої є фізико-механічні особливості ґрунту.

Тому перспективним напрямком досліджень є удосконалення методів сепарації ґрунтів та розробка нових, оптимальних конструкцій сепаруючих пристроїв, які б забезпечували невеликі енергетичні затрати поряд із мінімальними пошкодженнями бульб.

Для того, щоб вибрати тип робочих органів, їх конструкцію та основні параметри, потрібно враховувати особливості залягання бульб в шарі ґрунту, їх розміри, форму та наявність бадилля. Ці параметри можуть суттєво відрізнятися в залежності від способу посадки картоплі, сорту та умов вирощування. Не останню роль відіграють також застосовувані агротехнічні заходи.

В конструкціях картоплезбиральних машин в якості сепаруючих робочих органів застосовують доволі різні типи [2], основні кінематичні схеми яких представлено на рисунку 1.

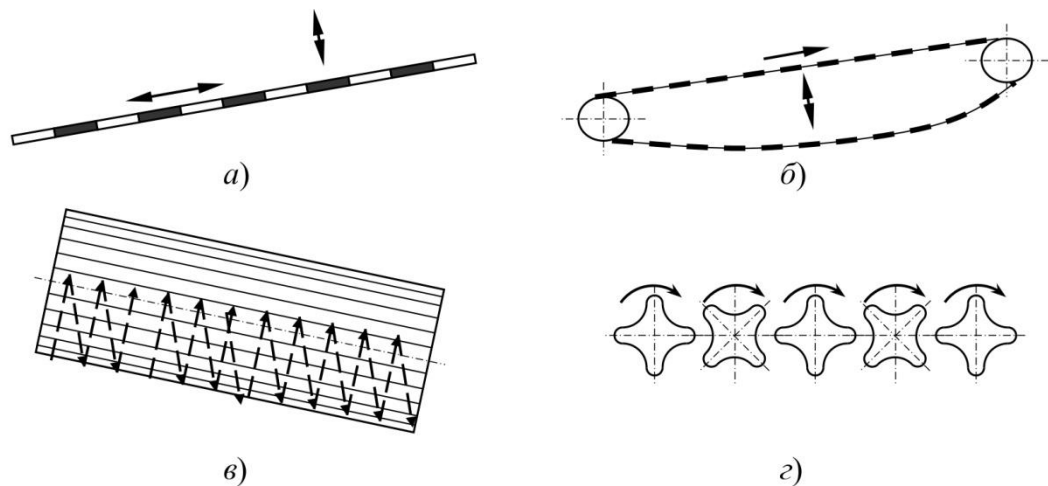


Рисунок 1. Кінематичні схеми сепаруючих робочих органів

Базово використовуються грохоти, решета яких здійснюють коливальні рухи (рис. 1, а), елеватори пруткового типу (рис. 1, б), барабанні грохоти (рис. 1, в), а також грохоти валкові (рис. 1, г).

Більшість зразків вітчизняної та закордонної картоплезбиральної техніки облаштовані прутковими елеваторами, в якості сепаруючих пристроїв. Простота конструкції та можливість одночасно з сепаруванням забезпечити транспортування маси вороху вгору при кутах нахилу $20...25^\circ$ відноситься до переваг таких сепаруючих пристроїв, поряд з низькою чутливістю до нахилів агрегату відносно поверхні поля. Недоліками пруткових елеваторів є значна кількість поверхонь тертя, в результаті відбувається швидке зношування поверхонь в абразивному середовищі, відповідно підвищені витрати енергії на привід елеватора; проміжки між прутками елеватора при роботі на вологих ґрунтах забиваються ґрунтом. Крім того велика металоємність, через меншу довжину робочої частини в порівнянні з загальною довжиною елеватора.

В конструкціях сучасних картоплекопальних агрегатів знайшли застосування грохоти, які здійснюють коливальні рухи, а також грохоти вібраційні та барабанного типу.

У грохотів вібраційного типу коливання решіт відбувається за рахунок наявності незрівноважених вантажів. Траєкторія та величина амплітуди коливань визначаються співвідношенням мас корпусу грохота і дебаланса. В такої конструкції грохотів амплітуда коливань може бути дуже низькою. Це явище спостерігається в моменти перенавантаження ґрунтоворохом, тобто коли вага грохоту збільшується. З огляду на це, вібраційні грохоти в конструкціях картоплезбиральних машинах не є прийнятними.

Найбільш широкого розповсюдження знайшли плоскі грохоти, які здійснюють позовжні коливання. Перевагами такого типу грохотів є можливість простою заміною решіт регулювати відстань між прутками в технологічно потрібних межах.

В ранніх конструкціях картоплезбиральних машин широко розповсюджені барабанні грохоти (рис.1, в), які є надійними в роботі та зносостійкими. У них відсутні невідновжені інерційні сили і є змога піднімати ворох на значні висоти. Як недолік барабани можуть забиватися бадиллям та вологим ґрунтом, відповідно може знижуватися сепарувальна спроможність. Крім того при виконанні робіт на ґрунтах з камінням бульби можуть зазнавати значних пошкоджень.

Провівши попередній аналіз, ми виявили, що розглянуті робочі органи для сепарації ґрунтової маси не мають значущих переваг. Через це в конструкціях машин для збирання картоплі найбільш поширеними сепаруючими пристроями є, все ж таки пруткові елеватори, з огляду на простоту їх конструкції.

Найбільш перспективними до застосування в картоплезбиральних машинах є сепаруючі пристрої, що забезпечують руйнування грудок не стисканням, як в більшості

серійних машин, а зусиллями розтягу та зсуву.

Для збирання картоплі варто застосовувати картоплезбиральні машини, які обладнані сепаруючими пристроями активного типу, використання яких дозволяє підвищити ефективність роботи.

Тому, для збільшення продуктивності збирання врожаю картоплі, зниження експлуатаційних затрат та зменшення пошкоджень бульб нами запропонована конструкція активного сепаруючого пристрою, у вигляді ланцюгового транспортера, яка враховує особливості збирання картоплі на важких, вологих ґрунтах.

Література

1. Головецький І.В., Бабій А.В. Конструктивні особливості та ефективність роботи міні картоплекопачів. Центральньо-український науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч.ІІ. С. 134-143.
2. Грушецький, С., Корчак, М. і Захаравец, Т. (2021) «Аналіз сепарувально-транспортувальних механізмів для коренебульбозбиральних машин», Науковий журнал «Інженерія природокористування», 4(22), с. 63- 72.
3. Операційна технологія виробництва картоплі / В.І.Дзюба, В.Г.Батюта, В.С.Куценко та ін.; За ред. В.І.Дзюби, В.Г.Батюти.: К.: Урожай, 1987. 200 с.
4. Tikuneh, D. B., Bedie, A. F., & Awoke, B. G. (2023). Design, manufacture, and performance evaluation of a single-axle tractor-operated potato digger elevator. Cogent Engineering, 10(2). <https://doi.org/10.1080/23311916.2023.2251744>.

УДК 621.91

О.Ю. Островський, В.Ю. Грасовник, Т.Ю. Гинда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ ТА ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ У ГВИНТОВІЙ ЗАГОТОВЦІ ПІД ЧАС ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ

O.Yu. Ostrovskiy, V.Yu. Grasonnyk, T.Yu. Gynda

THE STUDY OF STRESS-STRAIN CONDITIONS IN A SCREW-TYPE WORKPIECE DURING TURNING OPERATION

В процесі теоретичних досліджень проведено 3D моделювання гвинтових заготовок за допомогою прикладної програми. Після цього досліджено методом кінцевих елементів, як у статті [1] стан напружень та деформацій гвинтових заготовок в процесі токарної обробки. Моделювання при дослідженнях проводилось для таких трьох випадків: 1. Проточування гвинтової заготовки без центрального вала із закріпленням на двох опорах: в патроні та обертовому задньому центрі. Такі заготовки використовуються у гнучких гвинтових конвесрах. 2. Проточування гвинтової заготовки із центральним валом та закріпленням на двох опорах: в патроні та обертовому задньому центрі. Такі заготовки використовуються у шнекових транспортерах. 3. Проточування гвинтової заготовки з центральним валом із консольним закріпленням в патроні. Одержували графічне відображення напружень та деформацій (рис. 1), що виникають у гвинтовій заготовці під час дії на неї сили різання.

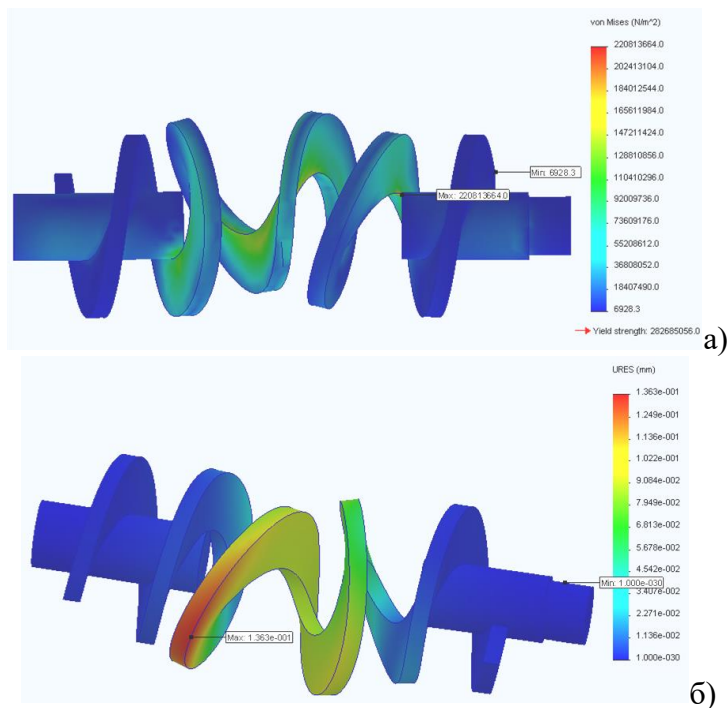


Рисунок 1. Напруження а) та деформації б), що виникають у гвинтовій заготовці без центрального вала на двох опорах

із консольним закріпленням в патроні максимальні напруження зменшуються у 5,26 та 1,68 рази відповідно, а деформації - у 26 та 16 разів відповідно.

В результаті аналізу результатів моделювання встановлено, що при проточуванні гвинтової заготовки без центрального вала із закріпленням в патроні та обертовому задньому центрі максимальні напруження досягають 220 МПа при основі витків, максимальні деформації - 0,14 мм, при цьому запас міцності становив 1,28.

Встановлено, що найкращим варіантом є проточування гвинтової заготовки з центральним валом із закріпленням в патроні та обертовому задньому центрі, оскільки порівняно із проточуванням гвинтової заготовки без центрального вала та проточуванням гвинтової заготовки з центральним валом

Література

1. Дячун А.Є., Федоревич В.М., Грасовник В.Ю., Гинда Т.Ю., Дериш О.Б. Дослідження параметрів оправки з навивними стрічковими пружними гвинтовими затискними елементами. Перспективні технології та прилади. 2025. 1(26). С. 66-73.

УДК 621.9

К.С. Польщин, М.Р. Фецович

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПАНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРОЕКТОВАНОГО ВЕРСТАТУ

K.S. Polshchyn, M.R. Fetsovyh

OPTIMIZATION OF THE LAYOUT SCHEME OF THE DESIGNED MACHINE TOOL

Оптимізація компоновки верстата є ключовим етапом у проектуванні сучасних металообробних систем і визначає їхню технологічну гнучкість, точність, енергоефективність та довговічність. Компоновочна схема формується на основі модульного підходу, який дозволяє систематизувати всі конструкційні елементи у вигляді модульного комплексу (МК), технологічного модуля (ТМ) та конструкційного модуля (КМ). Такий підхід дає можливість не лише однозначно описувати структуру верстата, а й порівнювати її з іншими варіантами, проводити кількісний аналіз та обґрунтовувати вибір найбільш раціональної конфігурації.

У процесі кількісного аналізу визначають загальну кількість рухів d , кількість блоків U , число рухомих блоків U_d та число ступенів свободи K_d інструмента і заготовки. Це дозволяє оцінити універсальність компоновки, визначити можливі обмеження у технологічних переходах та оцінити придатність компоновки для обробки деталей різної

складності. Важливою структурною одиницею є технологічний модуль, що складається зі стаціонарного та рухомих блоків, відповідальних за формоутворюючі рухи. Саме він є основою для формування матриць можливих компоновок фрезерних верстатів.

Побудова матриць горизонтальних та вертикальних компоновок дозволяє отримати всі можливі структурні варіанти розміщення блоків (О, Х, Y, Z), а кількість таких варіантів, з урахуванням орієнтації шпинделя, сягає 48. Поділ компоновок за структурними та конструктивними ознаками дає можливість виділити базові типи (Е, F, G, Q — для малих верстатів, та I, K, L — для великих). Кожен тип визначається особливостями розташування стаціонарного блока, напрямками переміщень та вимогами до вертикальних рухів. Методика побудови узагальнених структурних формул дозволяє формалізувати кожен тип та полегшує їх застосування у проектуванні.

Важливою складовою оптимізації є метод перетину множин структурних умов. Узагальнені формули умов М1–М5 (вплив маси, точність, динаміка, завантаження, уніфікація) дозволяють математично відбирати лише ті компоновки, що відповідають конкретним технологічним вимогам. Додатковим важливим аспектом є забезпечення динамічної стійкості та жорсткості системи за рахунок правильного розподілу мас, мінімізації консольних переміщень та зменшення впливу власних коливань. Компоновки, у яких рухомі маси розташовані по обидві сторони від стаціонарного блока, демонструють кращі показники точності на високих швидкостях різання, що є важливим для сучасних верстатів з числовим програмним керуванням. Також суттєвий вплив на якість обробки має правильне розміщення блоку аксіального переміщення шпинделя, яке забезпечує мінімальні похибки при температурних деформаціях.

Таким чином, застосування структурно-модульного підходу в проектуванні компоновок верстатів забезпечує системність вибору рішень, дозволяє обґрунтовано порівнювати альтернативи та формувати оптимальну компоновку з урахуванням жорсткості, точності, технологічної гнучкості та експлуатаційних вимог. Метод перетину множин структурних ознак є ефективним інструментом для створення раціональних конструкцій сучасних фрезерних та свердильних верстатів.

УДК 621.313

В.Б. Савків, к.т.н., доцент, І.П. Федорів, В.В. Довжанин, Я.М. Довжанин
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ТИРИСТОРНИМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

V.B. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., I.P. Fedoriv, V.V. Dovzhanyn, Ya.M. Dovzhanyn
**IMPROVEMENT OF ALGORITHMS FOR CONTROLLING THYRISTOR ELECTRIC
DRIVES OF PUMPING STATIONS**

Енергетична ефективність роботи потужних насосних станцій (продуктивністю десятки тисяч м³/добу) значною мірою визначається надійністю електроприводів насосних агрегатів. Для двигунів потужністю 500 кВт і вище, особливо синхронного типу, критичним елементом є система керування збудженням. Сучасні тенденції вимагають переходу від аналогових регуляторів до цифрових систем, здатних забезпечити не лише стабілізацію напруги, а й оптимізацію реактивної потужності ($\cos\phi$), безударний пуск та інтеграцію в єдину систему автоматизованого диспетчерського керування (SCADA).

Існуючі аналогові системи керування часто не забезпечують необхідної швидкодії при аварійних збуреннях та не дозволяють інтегрувати агрегат у SCADA-систему підприємства. Метою даної роботи є аналіз структури та вдосконалення алгоритмів функціонування тиристорної системи збудження (ТСЗ) для насосних агрегатів.

Розглянута система базується на принципах підпорядкованого регулювання координат електроприводу і складається з функціональних модулів, що реалізують як силову комутацію, так і логічну обробку сигналів.

Система керування реалізована за блочно-модульним принципом і складається з чотирьох функціонально незалежних вузлів, взаємодія яких забезпечує повний цикл керування синхронною машиною.

Блок автоматичного регулювання (блок А) - формує закон керування струмом збудження в функції параметрів статора (напруги, струму) для підтримки заданого коефіцієнта потужності.

Блок логіки, обмеження та захисту (блок Б) - виконує функції арбітра, визначаючи пріоритетність сигналів керування (ручний/автоматичний/аварійний) та реалізує захисні алгоритми.

Фазоімпульсний перетворювач (блок В) - безпосередньо формує імпульси відмикання тиристорів, перетворюючи аналоговий сигнал керування у фазовий кут α .

Блок живлення та синхронізації (блок Г) - забезпечує гальванічну розв'язку та формування опорної напруги.

Керування силовими тиристорами здійснюється через суматор сигналів, куди надходять команди від автоматичного регулятора (блок А) або від потенціометра ручного задавання через перемикач режимів. В основу роботи покладено фазовий метод керування випрямлячем.

Регульовальна характеристика системи має інверсний характер:

$$I_f = f(U_{кер}) = K \cos(\alpha_0 + k U_{кер})$$

Згідно з алгоритмом роботи блоку В, збільшення керуючої напруги призводить до збільшення кута фазового зсуву імпульсів α . Оскільки вихідна напруга випрямляча пропорційна $\cos \alpha$, збільшення кута призводить до зниження напруги збудження і, відповідно, до зменшення струму ротора. Ця особливість вимагає інвертування сигналу в контурі зворотного зв'язку регулятора.

Для забезпечення стійкої комутації тиристорів критично важливою є точна синхронізація з мережею живлення. У розробленій системі синхронізуюча напруга формується в блоці живлення таким чином, що вона має фазовий зсув у 30° відносно вторинної напруги силового трансформатора. Це дозволяє компенсувати апаратні затримки у формувачах імпульсів та забезпечити симетрію фаз.

Специфіка насосного навантаження вимагає особливого підходу до захистів. Система реалізує багаторівневий захист.

Захист від перевантаження (обмеження струму ротора), реалізовано як залежну характеристику витримки часу. Давач струму ротора побудовано на базі трьох трансформаторів струму Т2...Т4, включених у вторинне коло Т1, сигнал з яких випрямляється діодним мостом. При перевищенні уставки струму система не просто відключає двигун, а спочатку намагається зменшити струм збудження, збільшуючи кут α . Час спрацювання захисту зворотно пропорційний кратності перевантаження ($t \sim 1/I^2$), що дозволяє використовувати теплову ємність обмоток для короточасних форсувань.

Випадіння з синхронізму є найбільш небезпечним режимом. Алгоритм захисту від асинхронного ходу базується на контролі змінного струму в колі збудження. При асинхронному ході в обмотці ротора індукуються ЕРС ковзання, що викликає протікання змінного струму через пусковий опір. Цей струм фіксується герконовим реле, яке подає сигнал на аварійне відключення або ресинхронізацію.

При відключенні агрегату система автоматично переводиться в інверторний режим ($90^\circ < \alpha < 150^\circ$). Енергія, накопичена в індуктивності обмотки збудження, рекуперується в мережу, що забезпечує швидку зупинку електромагнітних процесів та захищає ізоляцію ротора від перенапруг.

Пуск потужного синхронного двигуна насоса є складним електромеханічним процесом. Реалізовано комбінований алгоритм керування пуском: пуск по струму; реакторний пуск; пуск у функції ковзання.

При пуску по струму контроль здійснюється трансформатором у колі статора. Поки пусковий струм перевищує уставку, подача імпульсів збудження блокується, двигун розганяється як асинхронний.

При реакторному пуску, для зниження просадок напруги використовується введення реактора в коло статора. подача збудження відбувається з фіксованою витримкою часу після шунтування реактора.

Пуск у функції ковзання - це найбільш досконалий метод. Система вимірює частоту ЕРС, наведену в роторі. Збудження подається лише в момент, коли ковзання з низується до критичного значення (вхід у підсинхронну зону), що гарантує успішне втягування в синхронізм без значних механічних ударів на валу насоса.

Розроблений алгоритм керування передбачає циклічне опитування стану датчиків. Після ініціалізації та успішного проходження самодіагностики ("Тестування системи"), мікроконтролер перевіряє наявність напруги на силовому трансформаторі. Далі відбувається активація попередніх підсилювачів та подача відмикаючих імпульсів на тиристори.

В процесі роботи безперервно аналізується сигнал від датчика струму ротора: при виявленні струмів короткого замикання відбувається миттєве блокування імпульсів блоку В та подача команди на вимикач, оминаючи режим інвертування.

Отже, запропонована структура системи керування тиристорним збуджувачем дозволяє реалізувати енергоефективні режими роботи синхронних двигунів насосних станцій. Використання фазового методу керування в поєднанні з алгоритмами захисту від асинхронного ходу та функцією інвертування забезпечує високу живучість обладнання. Подальший розвиток системи вбачається в інтеграції мікропроцесорних контролерів для реалізації цифрового обміну даними з АСУ ТП станції.

УДК 681.518

В.Б. Савків, к.т.н., доцент, І.П. Федорів, В.М. Скицько, М.О. Федчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТІСТОВИХ ЗАГОТОВОК У ТІСТОРІЗДІЛЮВАЧАХ

V.B. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., I.P. Fedoriv, V.M. Skytsko, M.O. Fedchuk

AUTOMATED COMPLEX FOR CONTROLLING DOUGH PARAMETERS IN DOUGH DIVIDER

Сучасне хлібопекарське виробництво вимагає безпрецедентної стабільності якості продукції. Це вимагає відмови від застарілих та схильних до дрейфу аналогових методів вимірювання на користь високоточних цифрових рішень. Метою даного дослідження є інтеграція комплексу автоматизованого контролю параметрів тістових заготовок (температури, тиску, рівня) з передовими технологіями комп'ютерного зору та глибокого навчання для забезпечення повного, простежуваного та гнучкого процесу відбракування.

Для забезпечення надійності та гігієнічності контролю використовуються сенсори індустриального класу, розроблені спеціально для харчової промисловості, з дотриманням найвищих стандартів санітарної обробки.

Вимірювання температури, критичного параметра для реології тіста, здійснюється за допомогою платинових термометрів опору (RTD) типу Pt1000. RTD-давачі забезпечують

високу лінійність, мінімальний дрейф та точність до класу А (± 0.15 °C) у робочому діапазоні.

Для гігієнічності давачі монтуються в корпусах з харчової нержавіючої сталі AISI 316 з полірованою поверхнею та санітарними приєднаннями (наприклад, Tri-Clamp), забезпечуючи ступінь захисту IP69K для стійкості до високотемпературного миття. Вимірювальний тракт повністю цифровий, використовує спеціалізовані перетворювачі сигналу (Sigma-Delta АЦП) з чотирипровідною схемою. Це програмно компенсує опір підвідних дротів і надає дані у вигляді цифрового потоку (по протоколу SPI або Modbus), повністю виключаючи аналогові шуми та необхідність використання каліброваних аналогових ланцюгів.

Для контролю тиску на тісто в бункері застосовуються мембранні давачі тиску на основі технології MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems). MEMS-давачі вирізняються високою чутливістю, компактністю та інтегрованим компенсатором температурного дрейфу.

Для в'язких середовищ використовують давачі з плоскою діафрагмою, яка розташована врівень з внутрішньою поверхнею бункера. Це запобігає накопиченню продукту в порожнинах, що могло б спотворювати вимірювання та створювати санітарні ризики. Давачі мають уніфікований промисловий вихід 4-20 мА або цифровий інтерфейс, що гарантує високу заводо захищеність і легку інтеграцію з промисловим контролером.

Для досягнення мінімальної похибки вимірювання температури в умовах динамічного виробництва впроваджуються ряд методів калібрування та обробки даних. Висока точність досягається не лише завдяки використанню Pt1000, але й за рахунок програмно-апаратних методів.

Замість одноточкового калібрування, давач калібрується за декількома еталонними точками в робочому діапазоні тіста (18°C-35°C). Це дозволяє мікроконтролеру використовувати інтерполяційні таблиці або поліноміальну корекцію (наприклад, рівняння Каллендара-Ван Дусена) для підвищення точності, виходячи за межі стандартної лінійної залежності.

Застосовуються алгоритми цифрової фільтрації, наприклад фільтр Калмана, для зниження високочастотного шуму, наведеного від промислового обладнання. Це особливо важливо для м'яких середовищ, наприклад тіста, де вимірювання може бути чутливим. Обов'язковим стандартом є використання 4-провідної схеми, що повністю виключає вплив опору дротів на вимірювання.

Для стабілізації показів давача тиску в бункері застосовуються наступні інженерні рішення: температурна корекція тиску; віброізоляція та демпфування; диференціальний контроль тиску

Хоча сучасні MEMS-давачі мають вбудовану компенсацію, тісто є саме термозалежним в'язким середовищем. Зміна температури тіста (виміряна Pt1000) безпосередньо впливає на його в'язкість і, відповідно, на тиск у бункері. Мікроконтролер виконує програмну корекцію показань тиску, використовуючи температуру як вхідну змінну, згідно з емпірично встановленою моделлю в'язкості.

Навіть у цифрових давачах вібрація, спричинена механізмами тісторозділювача, може впливати на покази. Впроваджується апаратне демпфування (наприклад, через гелеве заповнення корпусу давача) та програмне низькочастотне фільтрування для усунення високоамплітудних імпульсів, спричинених роботою поршнів.

Замість вимірювання абсолютного тиску, може використовуватись диференціальний контроль, тобто вимірювання різниці тисків у різних точках бункера. Це дозволяє більш точно оцінити напруження стиснення тіста і, відповідно, його готовність до поділу, виключаючи вплив атмосферного тиску.

На відміну від систем, що ґрунтуються лише на вимірюванні Т, Р і рівня, сучасний комплекс доповнюється якісним аналізом форми та структури заготовок.

Контроль якості перенесено у віртуальну площину шляхом встановлення високошвидкісних промислових камер високої роздільної здатності (Machine Vision Cameras) на виході тісторозділювача. Застосовується контрольоване світлодіодне освітлення (наприклад, кільцеве або коаксіальне) для мінімізації тіней та підкреслення текстури, що є важливим для виявлення дефектів. Усі дані з давачів та зображення обробляються високопродуктивним програмованим логічним контролером (ПЛК) або індустріальним ПК із підтримкою паралельних обчислень.

Ключовим елементом системи є програмний модуль, що використовує згорткові нейронні мережі (CNN) для прийняття рішення про відповідність заготовки. Мережа, навчена на тисячах еталонних та дефектних заготовках, здатна визначати не лише геометричні відхилення, але й якісні ознаки: неоднорідність структури, дефекти формування. Інтелектуальний контроль поєднує виміряні фізичні параметри (Т, Р) із візуальним аналізом. Якщо CNN-модель фіксує аномальну структуру, ініціюється відбракування та видається попередження.

Впровадження інтелектуальної системи мультимодального контролю, що базується на прецизійних цифрових RTD/MEMS-давачах та машинному зорі з глибоким навчанням, дозволяє підняти автоматизацію тісторозділювачів на новий якісний рівень. Це забезпечує:

- максимальну точність (ліквідацію похибок, притаманних аналоговим ланцюгам та компенсаційним схемам);
- гнучке відбракування (прийняття рішень на основі комплексних критеріїв, включаючи якісні візуальні характеристики);
- повну простежуваність (збір усіх параметрів у цифровій формі для детального аналізу та відповідності вимогам харчової безпеки, що є критичним елементом сучасного виробництва).

УДК 637.523

Т.М. Савулій, Т.М. Вітенько, д.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ АБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЛУЩІННЯ КРУП ЛУЩИЛЬНО-ШЛІФУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ А1-ЗШН-З

T.M. Savuliy, T.M. Vitenko, Prof.

APPLICATION OF ABRASIVE MATERIALS FOR GRAIN PULLING WITH A PULLING AND GRINDING MACHINE A1-ZShN-Z

Лушіння та шелушіння круп — це важливий технологічний процес у переробці зернових культур, який полягає у видаленні оболонки з зерна для отримання ядра. Для цієї мети в харчовій промисловості широко застосовуються різні абразивні матеріали, кожен з яких має свої особливості та переваги. Карборундові матеріали є одними з найпоширеніших абразивів у лущильно-шліфувальних машинах. Карборунд (карбід кремнію) відзначається високою твердістю та зносостійкістю, що дозволяє ефективно видаляти лушпиння з різних видів круп. Його використовують у вигляді циліндрів, дисків або накладок у лущильно-шліфувальних машинах [1], зокрема у машині марки А1-ЗШН-З. Особливо ефективний карборунд при обробці твердих зернових культур, таких як ячмінь та овес. Наждачні матеріали на основі корунду також знайшли широке застосування в технології лушіння. Вони забезпечують рівномірне зняття оболонки завдяки своїй зернистій структурі. Наждачні валики та диски різної зернистості підбираються залежно від виду зерна та бажаної ступеня обробки. Дрібнозерниста наждачна обробка застосовується на завершальних етапах для отримання гладкої поверхні крупи. Абразивні камені природного походження, такі як пісковик та граніт, традиційно використовувалися

в старих конструкціях лушильних машин [1]. Хоча сьогодні вони менш популярні через нижчу продуктивність, деякі виробництва все ще застосовують їх для делікатної обробки особливо цінних круп. Сучасні технології також передбачають використання композитних абразивних матеріалів, які поєднують різні компоненти для досягнення оптимального балансу між ефективністю шелушіння та збереженням цілісності зернівки. Ці матеріали часто містять полімерні зв'язувальні речовини та абразивні зерна різної твердості. Вибір абразивного матеріалу залежить від багатьох факторів: виду зернової культури, початкової вологості зерна, необхідної продуктивності обладнання та вимог до якості кінцевого продукту. Правильний підбір абразиву дозволяє мінімізувати втрати ядра, знизити дроблення зерна та забезпечити високу якість готової крупи та дозволяє оптимізувати енергетичні витрати лушильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-З.

Література

1. Вітенько Т.М., Ворошук В.Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. / за ред. Дейниченко Г.В. ХДУХТ, 2019. С. 108–109.

УДК 621.91

П.А. Свистун, Р.В. Кузь, Я.В. Мензак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ КАНАВОК СПЕЦІАЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

P.A. Svystun, R.V. Kuz, Ya.V. Menzak

THE STUDY OF THE GROOVE FORMING PROCESS USING SPECIALIZED TOOLING

Серед методів покращення властивостей поверхневого шару радіусної канавки є використання методів поверхневого пластичного деформування, які дозволяють сформувати на обробленій поверхні залишкові напруження стиску, що запобігають створенню тріщин при втомних навантаженнях [1]. З метою виконання вказаного процесу розроблено спеціальний інструмент для розкочування внутрішніх канавок роликми, для якого на основі розрахункової схеми рис. 1 встановлено взаємозв'язок конструктивних параметрів процесу із його силовими параметрами.

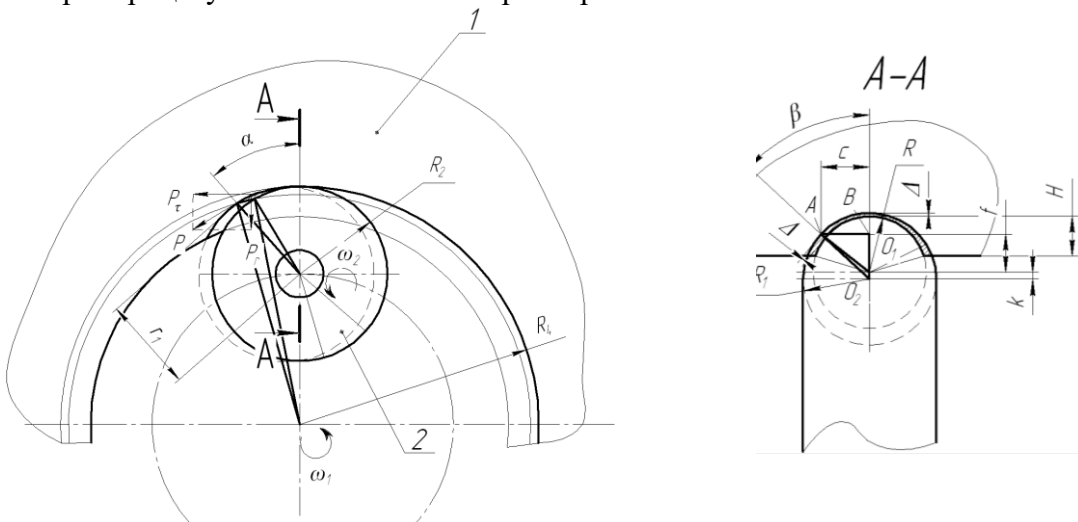


Рисунок 1. Розрахункова схема визначення параметрів процесу розкочування внутрішніх канавок: 1 – заготовка; 2 – ролик

Розглянуто узагальнений випадок, коли радіус R_1 при вершині ролика є більшим за радіус R попередньо розточеної канавки, при цьому центр радіусної поверхні при вершині ролика зміщений відносно радіусної поверхні попередньо розточеної канавки на величину k .

Виведено рівняння для знаходження сили F розкочування канавки:

$$F = 2\sigma_T R_2 R_1 \int_0^{\arccos\left(1 - \frac{H}{R}\right)} \arccos\left(1 - \frac{\sqrt{\cos^2 \beta \cdot k^2 + R_1^2 - k^2} - k \cos \beta - R}{R_2}\right) d\beta, \quad (1)$$

де σ_T - границя текучості матеріалу заготовки; R_2 - радіус ролика; H – глибина канавки в поперечному перерізі; β – кут контакту між поверхнями ролика та канавки в поперечному перерізі.

Література

1. Дячун А.Є., Дзюра В.О., Клендій В.М., Третяков О.Л. Дослідження методом 3d сканування шорсткості гвинтових поверхонь після процесу ударного зміцнення. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Луцьк, 2017. №38. С. 66 - 74.

УДК 624

М.М. Сеньків, І.А. Трофимець, В.А. Москалюк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ У ПРОЄКТАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА НОВОГО БУДІВНИЦТВА

M.M. Senkiv, I.A. Trofymets, V.A. Moskalyuk

COMPARATIVE ANALYSIS OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION SOLUTIONS IN RECONSTRUCTION AND NEW CONSTRUCTION PROJECTS

Метою даного дослідження є систематизація та порівняльний аналіз трьох інженерно-будівельних проєктів: реконструкції дитячого садка з прибудовою актової зали, надбудови мансардного поверху готелю та спорудження футбольного стадіону з дерев'яних піварок. Дослідження спрямоване на виявлення закономірностей формування архітектурно-планувальних структур та конструктивних систем у сучасному будівництві..

Проєкт реконструкції дитячого садка вирізняється формуванням нового функціонального простору — актової зали, що розширює освітньо-культурні можливості закладу. Важливими параметрами є аналіз існуючої споруди, її планувальних особливостей, кліматичних характеристик та сейсмічної небезпеки регіону. Сформовано логічну вертикально-горизонтальну структуру, що відповідає освітнім стандартам та вимогам безпеки.

У проєкті надбудови мансарди для готелю акцент зроблено на ефективному використанні об'єму будівлі, підвищенні функціональності та збереженні архітектурної ідентичності. Об'ємно-планувальні рішення спрямовані на створення житлових та обслуговуючих приміщень у межах полегшеної конструктивної системи.

Архітектура стадіону базується на застосуванні дерев'яних піварок, що визначають силует споруди, забезпечують просторову сталість та створюють багатофункціональне середовище для спортивних подій. Планувальна структура зорієнтована на розподіл

людських потоків, оптимізацію глядацької інфраструктури та формування логістично впорядкованої просторової системи.

Висновки. Аналітичний огляд показує, що архітектурно-конструктивні рішення значною мірою визначають ефективність розвитку об'єктів громадської та спортивної інфраструктури. Кожен з проєктів демонструє комплексний підхід до формування архітектурної та конструктивної моделі, адаптованої до вимог функціонування, кліматичних умов та типології будівлі.

Література

1. Левчук, Ю. В., and Денис Ярославович Баран. "Чисельний метод в дослідженнях напружено-деформованого стану несучих конструкцій." *Матеріали VIII науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології “* (2020): 195-195.

2. Дзьоба, В., Стасюк, О., Данильченко, С. М., & Чорномаз, Н. Ю. (2022). Дослідження роботи комбінованого каркасу із залізобетону та дерева багатоповерхової житлової будівлі при дії вітрового навантаження. *Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій “*, 49-50.

УДК 663.6

Б. Р. Сигіль

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

КЛАСИФІКАЦІЯ ПЛЯШОК ДЛЯ РОЗЛИВУ МІНЕРАЛЬНОЇ ВОДИ

B. R. Syhil

CLASSIFICATION OF BOTTLES FOR MINERAL WATER BOTTLING

У сучасному ринку мінеральної води упаковка — це не лише функціональна тара для перевезення й зберігання, але й елемент маркетингу, екологічної відповідальності та безпеки. Вибір матеріалу, конструкції пляшки, обсягу і типу багаторазовості має значний вплив на експлуатаційні характеристики, споживчу привабливість і екологічний слід.

Основні підходи до класифікації пляшок для мінеральної води можна згрупувати за такими ознаками:

- матеріал виготовлення (скло, поліетилентерефталат — PET, інші полімери, металеві/алюмінієві варіанти);
- тип використання (одноразові / багаторазові; повернення/неповернення тари);
- об'єм / місткість (наприклад: 0,5 л, 0,7 л, 1 л, 1,5 л тощо);
- призначення води (звичайна мінеральна — негазована; мінеральна газована; лікувально-столова);
- конструктивні особливості (форма пляшки, товщина стінки, тип кришки, маркування).

Скляні пляшки традиційно вважаються найбільш «елітними» для розливу мінеральної води: вони забезпечують кращий захист від газу/водяної передачі, сприйняття преміум-якості, але мають значно більшу масу і охоплюють вищі витрати на транспортування. Поліетилентерефталат (PET) є легшим, здешевлює логістику та дозволяє різні об'єми, проте має свої обмеження щодо терміну зберігання, проникності й екологічного навантаження. [1]

У класифікації важливим є поділ на пляшки, що призначені для одного використання, й ті, що можуть бути повернуті й наповнені повторно. У цьому контексті маса тари, її міцність, конструкція значно відрізняються. У дослідженні було показано, що

одноразові PET-пляшки мають значно вищу ефективність за показником «об'єм напою / вага тари», ніж багаторазові тари.[2]

Ще одним важливим фактором є її об'єм та енергоефективність. Об'єм пляшки впливає не лише на зручність для споживача, але й на співвідношення тари до рідини: більші об'єми можуть знижувати відносну вагу тари на одиницю напою, покращуючи економічну та екологічну ефективність.

Не забуваємо і про екологію. У класифікації не можна оминати аспектів екологічності (витрати ресурсів, утилізація, повторне використання) та безпеки (міграція речовин з упаковки, вплив матеріалу на якість води). Наведене дослідження підкреслює, що матеріал тари впливає на втрати CO₂, водяну втрату та, відповідно, на термін придатності води.

Хотілося б дати декілька рекомендацій щодо класифікації для виробника. Виробникам мінеральної води доцільно розробити власну систематику тарної упаковки, що враховує: матеріал, об'єм, багаторазовість, цільовий сегмент споживачів, екологічні стандарти.

Наприклад: «Скло/0,7л/одноразова/преміум», «PET/1,5л/багаторазова/масмаркет». Така класифікація спрощує стандартизацію, закупки, логістику, маркетинг.

Підсумовуючи можна констатувати, що класифікація пляшок для розливу мінеральної води має комплексний характер і повинна враховувати не лише технічні параметри тари (матеріал, об'єм, тип), але й економічно-екологічні аспекти. Відповідна систематизація сприяє оптимізації витрат, підвищенню споживчої привабливості та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Література

1. Gress A., Müller K., Sänglerlaub S. Packaging Material Use Efficiency of Commercial PET and Glass Bottles for Mineral Water. *Beverages*. 2024;10(2):25. <https://doi.org/10.3390/beverages10020025>
2. Welle F. Packaging material made from polyethylene terephthalate (PET). *DLG Expert Report 04-2016*. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG). 2016. Available at: <https://www.dlg.org/en/mediacenter/food-technology/dlg-expert-report-04-2016-packaging-material-made-from-polyethylene-terephthalate-pet>.

УДК 621.91.06

Р.А. Скларов, к.т.н.; Н.В. Гребенюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОСОБЛИВОСТІ ОПИСУ ПОЛОЖЕННЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА В КОМПОНУВАННІ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ ПОБУДОВАНИХ НА АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПІ

R.A. Skliarov, Ph.D; N.V. Hrebenuk

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

SPECIFICS OF SPINDLE UNIT POSITIONING IN THE LAYOUT OF LATHES DESIGNED ON THE AGGREGATE-MODULE PRINCIPLE

У сучасній науково-технічній літературі простежується виразна тенденція до перегляду базових принципів конструювання верстатного обладнання. Особливий акцент робиться на його інтеграцію в автоматизовані та гнучкі виробничі системи. Дослідники зосереджують увагу на оптимізації структурних рішень, створенні нових компоновальних

моделей та забезпеченні високої адаптивності технологічних комплексів до змінного асортименту продукції.

Проведений аналіз літературних джерел підтвердив актуальність теми та різноманітність підходів до опису компоновки верстатів. У роботі [1] обґрунтовано застосування фасетного методу класифікації для структурного опису та кодування конструкцій верстатів із паралельною кінематикою. Запропонована система забезпечує формалізацію ознак конструктивних елементів у вигляді кодів, що відкриває можливості для автоматизованої обробки, варіативності компоновок та реконфігурації виробничих систем.

У публікації [2] розроблено метод первинної генерації координатних кодів металорізальних верстатів, який ґрунтується на геометрії відтворюючих ліній оброблюваних поверхонь. Використання матриць перетворення координат дозволяє формалізувати функції формоутворення та встановити їхній зв'язок зі структурою виконавчих вузлів верстату, що створює основу для синтезу нових компоновок і вдосконалення технологічних рішень.

У роботах [3, 4] розглянуто формалізовані методи опису компоновки металорізальних верстатів із використанням стандартизованих позначень кінематичних функцій та структурних елементів. У [3] застосовано систему VDI 3255 для опису переміщень і орієнтації вузлів, а у [4] рухи подано у послідовності передачі енергії від приводу до інструмента, використовуючи символи X, Y, Z для лінійних та A, B, C для обертальних переміщень за стандартом JIS B6310. Це забезпечує уніфікований опис кінематичної структури з урахуванням функціонального навантаження.

У публікації [5] запропоновано опис положення шпиндельного блока через рівняння площини торця та операторну форму, що уточнює орієнтацію нормалі, координати центра й параметри переміщення. Такий підхід дозволяє формалізувати просторове розташування вузла та забезпечує його узгодженість із кінематичною структурою верстата. Водночас аналіз цієї роботи показав наявність неоднозначності у позначеннях типу 1Ch, 2Ch: числовий префікс може інтерпретуватися як множник, номер блока або кількість шпинделів. Це ускладнює систематизацію та потребує уточнення правил інтерпретації для уникнення двозначності.

При побудові верстатів на агрегатно-модульному принципі можуть застосовуватись як одношпиндельні, так і багатошпиндельні блоки (див. рис. 1). Для уникнення двозначності у позначеннях запропоновано уточнену систему маркування, яка враховує кількість шпинделів, просторову орієнтацію та положення блока в координатному просторі.

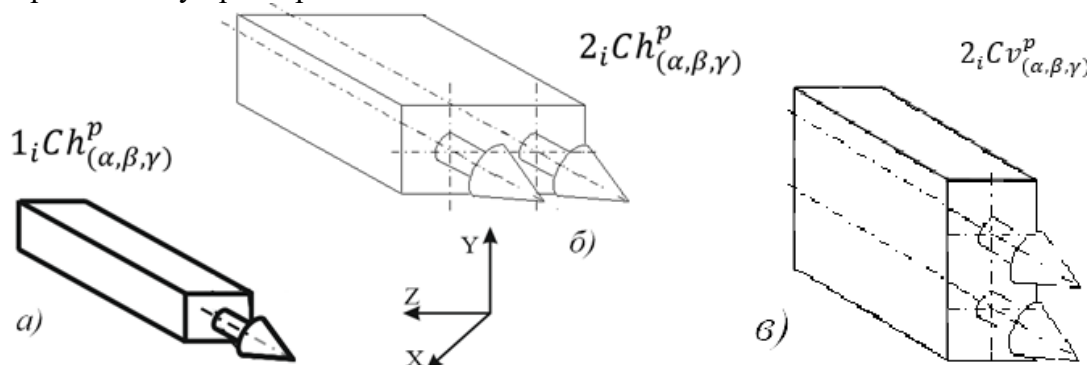


Рисунок 1. Приклади опису шпиндельних блоків:

- а) одношпиндельний блок - $1_iCh^p_{(\alpha,\beta,\gamma)}$; б) двошпиндельний горизонтальний блок - $2_iCh^p_{(\alpha,\beta,\gamma)}$; в) двошпиндельний вертикальний блок - $2_iCv^p_{(\alpha,\beta,\gamma)}$

Для уникнення неоднозначності у трактуванні позначень запропоновано вдосконалену систему класифікації шпиндельних блоків.

Одношпиндельний блок записується у вигляді:

$$1_i Ch_{(\alpha, \beta, \gamma)}^p \quad (1)$$

де, i - позначає порядковий номер блока в загальній структурі; (α, β, γ) - набір параметрів, що визначають просторову орієнтацію нормалі до торцевої площини; p - показник, який задає відстань від початку координат до цієї площини вздовж нормалі.

Двошпиндельні блоки можуть мати два варіанти позначення:

$$2_i Ch_{(\alpha, \beta, \gamma)}^p \quad (2)$$

або

$$2_i Cv_{(\alpha, \beta, \gamma)}^p \quad (3)$$

де, i - відповідає номеру вузла з двома шпинделями, що мають спільну базову площину та фіксовану геометрію; Ch використовується для горизонтального блока, коли осі шпинделів спрямовані вздовж координатної осі X ; Cv застосовується для вертикального блока, коли осі шпинделів орієнтовані вздовж координатної осі Z .

Запропоновані позначення дозволяють чітко відрізнити одно- та двошпиндельні вузли, уникати плутанини у числових префіксах та забезпечують однозначне визначення їхнього положення й орієнтації у компоновці верстата.

Література

1. Ковалевський С. В., Ковалевська О. С. Кодування інформації як основа створення інноваційних виробничих систем // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Технології в машинобудуванні. – 2018. – № 6 (1282). – С. 132–135.
2. Данильченко Ю. М., Кривошея А. В., Карська А. О., Сторчак М. Г., Пастернак С. І. Первинна генерація координатних кодів металорізальних верстатів // *Сучасні технології в машинобудуванні*. – 2011. – № 6. – С. 22–27.
3. Salje E., Redeher W. Konzipieren von Drehmaschinen. Ein Beispiel für das methodische Konstruieren spanender Werkzeugmaschinen // *Konstruktionen*. – 1975. – Nr. 6. – S. 240–245.
4. Saito J., Ito J., Ohtsyka T. Automatisierte Darstellung und Entwurfszeichnungen für Werkzeugmaschinen // *Konstruktionen*. – 1980. – Nr. 10.
5. Кузнєцов Ю. М., Склярів Р. А. Формалізований опис шпиндельного вузла як основної компоненти багатошпиндельного токарного автомата. Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. - Краматорськ : ДДМА, 2009. - Вип. 25. – С. 139-146

УДК 621.91.06

Р.А. Склярів, к.т.н.; Б.І. Штик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СЛІДКУЮЧОЇ СИСТЕМИ МЕХАНІЗМУ ЖИВЛЕННЯ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТІВ

R.A. Skliarov, Ph.D; B.I. Shtyk

DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL SCHEME AND SIMULATION OF THE FOLLOW-UP CONTROL SYSTEM OF THE FEEDING MECHANISM OF MULTI-PURPOSE MACHINE TOOLS

У сучасних виробничих системах важливе місце займають механізми живлення, що забезпечують автоматизовану подачу заготовок у зону обробки. Їх застосування підтримує безперервність технологічного процесу, скорочує час допоміжних операцій, мінімізує

участь оператора та підвищує продуктивність обладнання. Особливе значення має створення механізмів для роботи з штучними заготовками, які потребують високої точності позиціонування та узгодження з системою керування верстатом.

Для ефективної подачі корпусних деталей у багатоцільові верстати доцільним є використання промислових роботів маніпуляторного типу. Вони характеризуються гнучкою архітектурою та здатністю до перепрограмування, що дозволяє адаптувати їх під різні виробничі завдання. Завдяки багатофункціональності маніпулятори виконують не лише транспортування та позиціонування заготовок, але й для виконання інших робіт, таких як просторова орієнтація деталей чи інтеграція з системами контролю якості.

Запропоновано кінематичну структуру маніпулятора (рис. 1), яка реалізує переміщення виконавчого органа у межах циліндричної системи координат із трьома ступенями свободи: обертання навколо вертикальної осі, лінійне переміщення вздовж осі Z та радіальне висування від центра обертання. У сукупності ці рухи забезпечують просторове позиціонування захоплювача для виконання технологічних операцій.

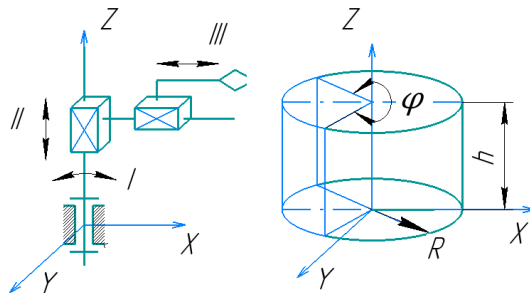


Рисунок 1. Кінематична схема маніпулятора в циліндричній системі координат

На основі сформованої кінематичної схеми було реалізовано структурну модель системи керування маніпулятором (рис. 2), яка відображає логіку взаємодії між функціональними вузлами. Така модель узгоджує рухи виконавчого органа відповідно до трьох ступенів свободи: обертання навколо вертикальної осі, лінійного переміщення вздовж осі Z та радіального висування від центра обертання. У сукупності ці рухи забезпечують просторове позиціонування захоплювача та створюють основу для виконання технологічних операцій.

Кожен канал формує замкнений контур регулювання: задавальний пристрій (ЗП) генерує сигнал, двигун (Д) перетворює його в механічну дію, передавальний перетворювач руху (ППР) узгоджує параметри, виконавчий механізм (ВМ) здійснює переміщення, а робочий орган (РО) взаємодіє з технологічним обладнанням.

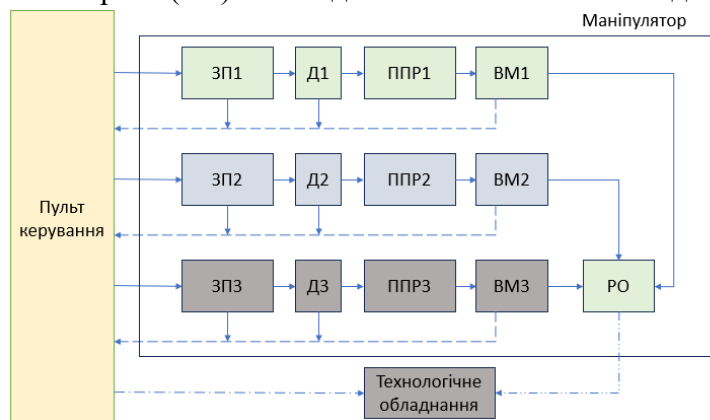


Рисунок 2. Структурна схема маніпулятора з трьома ступенями рухомості

Запропоновано структурну схему слідкуючої моделі (рис.3), в якій реалізовано послідовність елементів, що формують замкнений контур усіх каналів для автоматичного регулювання. Схема включає задавальний пристрій $W_1(s)$, коригувальну ланку $W_2(s)$, підсилювач-перетворювач $W_3(s)$, електромеханічний привід $W_{дв}(s)$, механічну передачу

$W_7(s)$, а також давачі швидкості $W_8(s)$ та положення $W_9(s)$, що забезпечують стабільність і точність позиціонування.

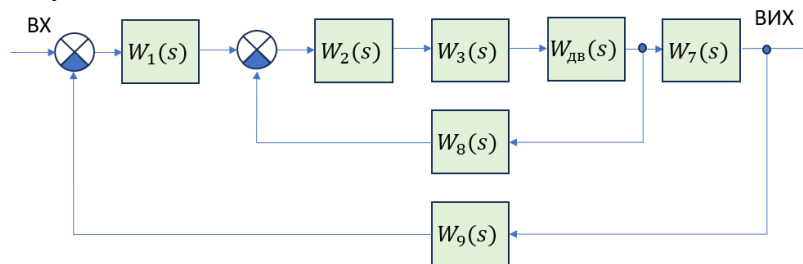


Рисунок 3. Узагальнена структурна схема слідкуючої системи

У середовищі VisSim реалізовано слідкуючу систему механізму живлення, яка дозволяє змодельовати динаміку електропривода. Отримана структура (рис.4) формалізує поведінку незмінної частини привода та створює основу для подальшого введення коригувальної ланки.

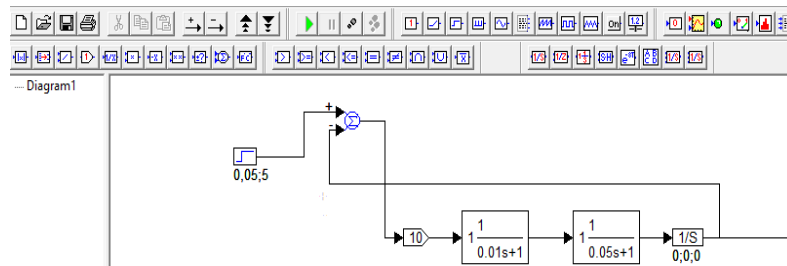


Рисунок 4. Модель незмінної частини сервоприводу в середовищі VisSim

Література

1. Бінковська А. Б., Стипанович М. О., Кузьминих В. В. Система керування електроприводом робота з двигуном постійного струму. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2024. Вип. 105. С. 7–12. – DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.105.0.7. – Режим доступу: <http://bulletin.khadi.kharkov.ua/article/view/306451>
2. Склярів Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій. *Вісник ТНТУ*. 2011. Том 16. № 1. С.117-125.

УДК 629

О.А. Юр'єв; Л.М. Слободян, к.т.н.; О.П. Цьонь, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ ШНЕКА ПРИ ПЕРЕХОДІ ЧЕРЕЗ РЕЗОНАНС У ГВИНТОВОМУ ЗАВАНТАЖУВАЧІ

O.A. Yuriev; L.M. Slobodian, Ph.D.; O.P. Tson, Ph.D.

ESTIMATION OF DYNAMIC STRESSES OF THE SCREW WHEN PASSING THROUGH RESONANCE IN A SCREW LOADER

Для обидвох віток амплітуда поперечних нерезонансних коливань визначається величиною початкового збурення та крайовими умовами. Що до частоти коливань – то вона значною мірою залежить від кутової швидкості обертання робочого органу, погонної маси зернової суміші, швидкості її переміщення вздовж робочого органу. Тому і

резонансні явища, а відтак максимальні динамічні напруження за відповідних амплітуд переходу через резонанс приймають різні значення.

На рисунку 1 наведено для заданої кутової швидкості обертання робочого органу завантажувача-змішувача відношення максимальних напружень у шнеку за різних швидкостей переміщення зернової суміші відносно нього.

Аналізуючи динамічні напруження, що виникають в горизонтальній та крутонахилений вітках гвинтового завантажувача з пересипом, які зумовлені їх згинальними коливаннями можна зробити висновок:

1. При тих самих фізико-механічних та геометричних характеристик шнека резонанс за більших значень кутової швидкості його обертання має місце для меншої частоти зовнішнього періодичного збурення;

2. Резонансні динамічні напруження шнека з урахуванням кутової швидкості його обертання є більшими для менших значень “власних динамічних частот”;

3. Резонансні динамічні напруження за значних кутових швидкостей обертання шнека у декілька разів перевищують резонансні напруження, що виникають у ньому при його нерухомому стані, що слід враховувати в проектуванні завантажувача при виборі коефіцієнту запасу міцності.

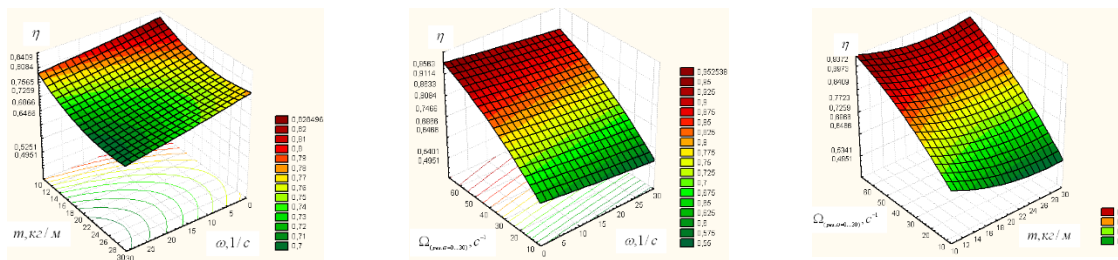


Рисунок 1. Графічні залежності коефіцієнту затухання поперечних коливань робочого органу зумовленого рухом сипкого матеріалу

Встановлено, що із зростанням кількості руху зернової суміші від 250 кгм/с до 375 кгм/с спричиняє зменшення амплітуди переходу через резонанс на 30%, а резонансні динамічні напруження за значних кутових швидкостей обертання у декілька разів перевищують резонансні напруження «статичного пружного тіла» (яке не обертається), що і є базою для урахування динамічного коефіцієнту запасу міцності.

УДК 621.791:539.3:62-4

П.Д. Стухляк, д-р техн. наук, проф., К.О. Трояк, О.А. Дідуник

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ АДДИТИВНОМУ СТВОРЕННІ ВИРОБІВ МЕТОДОМ ЗВАРЮВАННЯ

P.D. Stukhliak, Dr., Prof., K.O. Troyak, O.A. Didunyk

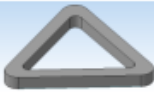
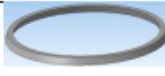
RESIDUAL STRESSES IN ADDITIVE PRODUCTION BY WELDING METHOD

Процеси адитивного виробництва з металів більше не обмежуються застосуваннями швидкого прототипування та знаходять все більше застосування в багатьох галузях для виробництва інструментів та готової продукції. Можливість проектувати деталі практично з нульовими відходами, високою точністю, складною геометрією та виготовленням на замовлення є одними з переваг цього виробничого підходу. Одним з недоліків цієї методики є рівень продуктивності, оскільки деталі

виготовляються шар за шаром, що також збільшує виробничі витрати. Більше того, навіть робочий простір обмежений, особливо для методу порошкового наплавлення. З огляду на ці недоліки та для того, щоб гарантувати прибутковість цього процесу, він повинен бути орієнтований на виробництво складних компонентів, які мають обмежений обсяг, з конструкцією, адаптованою до адитивного виробництва. Одним із рішень, за допомогою якого можна обійти ці недоліки, є поєднання процесу 3D-друку з традиційними виробничими процесами. Під час проектування виробів можна використовувати адитивне виробництво для створення локально складних деталей та їх складання з деталями, виготовленими традиційними процесами.

В роботі досліджувалися та моделювалися залишкові напруження для різних типів прототипів, які були виготовлені адитивним зварюванням, які наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Геометричні розміри та типи зразків для аналізу

Робоча назва	Kiltsevuļ	Trukutņij	Kvadrat	KonusR	KonusS
Моделльний зразок					
Характерний розмір	Ø	Довжина сторони	Довжина сторони	Ø _{низ} /Ø _{верх}	Ø _{низ} /Ø _{верх}
Значення, мм	40	50	50	60/64	60/56

В результаті було створено установку для адитивного друку, виготовлено серію виробів та промодельовано внутрішні напруження. Встановлено, що для всіх зразків рівень еквівалентних напружень не перевищує границі міцності та зменшується в напрямку друку.

Література

1. Hamdi Selmi, Jean Brousseau, Gabriel Caron-Guillemette, Stéphane Goulet, Jacques Desjardins, Claude Belzile. Weldability of 316L Parts Produced by Metal Additive Manufacturing. J. Manuf. Mater. Process. 2023, 7(2), 71; <https://doi.org/10.3390/jmmp7020071>.

СЕКЦІЯ 4 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 621.891

В.Я. Бабій, Р.М. Меленчук, Н.В. Тхір

(Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя)

ТРИБОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОРІЗКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

V.Ya. Babi, R.M. Melenchuk, N.V. Tkhir

TRIBOLOGICAL BASIS OF DESIGNING EQUIPMENT FOR CUTTING AUTOMOTIVE TIRES

Корисне тертя широко використовується в машинобудуванні для створення принципово нових технологічних процесів і відповідного обладнання для їх реалізації. Проблема використання і перероблення вторинної сировини є актуальною і має важливе народногосподарське значення. Тому концепція одержання готових виробів з використанням автомобільних протекторів реалізована в конструкції спеціального верстата для вирізання ободів з транспортних засобів і інших деталей з використанням трибо логічних взаємодій між ріжучим інструментом і тілом автомобільної шини. Відсутність або надзвичайно складний характер взаємозв'язку між окремими елементами шини, її якісними і кількісними характеристиками, в більшості випадків значно ускладнює порізку. Порізка також залежить від щільності та твердості шини, яка коливається в межах HSh 30-95, а в деяких випадках виходить за межі HSh 45-80. Особливістю при порізці є застосування в діагональних шинах тканевого або металічного корду, нитки якого перетинаються під кутом 95...1150, а в радіальних – від борта – до борта, які не перетинаються, що зменшує число шарів каркасу і полегшує процес різання.

Спосіб для порізки вторинних автомобільних шин та пристрій для його реалізації показано на рисунку 1.

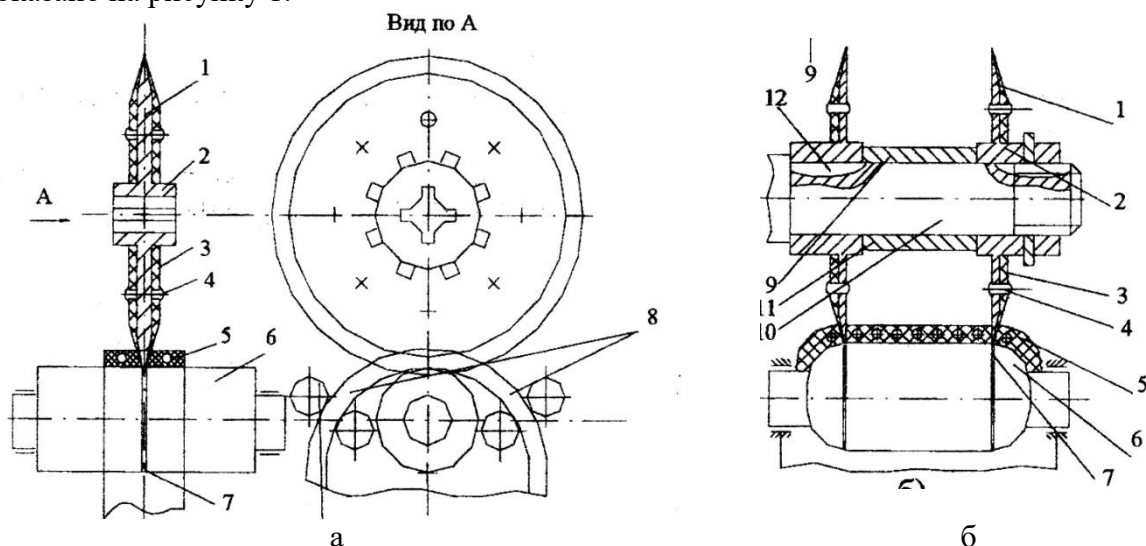


Рисунок 1. Спосіб для порізки вторинних автомобільних шин та пристрій для його реалізації

а – порізка одією фрезою; б - порізка двома фрезами

Процес різання ускладнюється тим, що поряд з м'якою основою (гумою) в автомобільних шинах є металеві переплетені корди високої густини, які виготовленні з

високоміцних сталей. Використання звичайних лезвійних фрез неефективне, так як металічний корд не має жорсткої і міцної кріпильної основи, тому він не буде різатися, а буде витягуватися із тіла шини.

Для порізки автомобільних шин з кордами використовують процес різання гладким циліндричним диском із гострим кутом заточування з однієї або двох сторін, який виконує роль пуансона. Роль матриці виконує опорний ролик, який встановлено навпроти циліндричних різальних дисків з кутовими канавками для їх заходу, з відновленим зазором для подачі дисків в процесі різання.

Пристрій для порізки складається з дискової циліндричної фрези 1 з двохсторонніми ступцями 2, які виконані у вигляді шліців по зовнішньому діаметру і взаємодіють з відповідними шліцями внутрішнього діаметра фрикційних дисків 3, які за допомогою заклепок 4 жорстко кріпляться до торців дискової циліндричної фрези 1. Зовнішній діаметр дискової циліндричної фрези на 3...5 мм більший від зовнішнього діаметра фрикційних дисків і разом формують кут заточування по колу. На робочих торцевих поверхнях фрикційних дисків 3 нанесені радіальні насічки для реалізації максимального тертя між поверхнею фрези 1 і тілом шини 5, що забезпечує її кругове обертання навколо своєї осі і реалізації процесу різання.

Кріплення шини 5 здійснюється на центральний опорний ролик 6, вісь обертання якого розміщена горизонтально осі диска циліндричної фрези 1. Посередині ролика 6 виконано паз 7, який виконує роль матриці і має форму ріжучого профілю диска циліндричної фрези 1 (рис. 1 а). Зліва і з права центрального опорного ролика 6 розміщені опорні ролики 8 для повертання шини 5, а для їх фіксації служить втулка 9.

Дискова циліндрична фреза 1, яка використовується для порізки шин на дві рівні частини (рис. 1 а) має двохсторонню заточку, а для обрізки країв шини (рис. 1 б) має односторонню заточку і нахилена під певним кутом в сторону торців шини 5. Дискові циліндричні фрези 1 встановлені на шпиндель пристрою 10, віддаль між якими визначається регульованою втулкою 11, довжина якої є рівною ширині обода, який вирізають із шини, фрези на оправці жорстко кріпляться за допомогою шліців або шпонок 12.

На початку технологічного процесу порізки шин включається пристрій і дискова циліндрична фреза 1 врізається в шину 5 з радіальним зусиллям до тих пір, поки шина не почне повертатися від тертя між поверхнями ріжучої кромки циліндричної фрези 1 і матеріалом шини 5. Прорізавши один круговий виток фрезу переміщують на глибину різання з подачею 0,1...0,3 мм/об і продовжують різання шини по колу до повного її розрізання. Завершується процес розрізання шини коли ріжуча кромка дискової циліндричної фрези знайде в паз матриці 7 з зазором 5...10% від товщини проволок корда шини.

При порізці шин необхідно враховувати, що металокорд буває різних марок в залежності від числа дртинок 21Л15, 22Л15, 39Л15, 40Л15 та інші. Металокордом також може бути обмоточний дріт з більш м'якої сталі, який навивається з кроком не більше 4 мм. Діаметр дроту при виготовленні металокорду знаходиться в межах від 0,175 до 0,265 мм при крокові навивання від 0,5 до 15,0 мм. Міцність зв'язку дртинок з гумою знаходиться в межах 250...350 Н.

Характерною особливістю процесу розрізання шин є те, що дискова фреза забезпечує також коловий рух подачі шини, що дозволяє розрізати заготовку при необмеженій довжині ліній розрізу, враховуючи радіус шини. На величину зони різання впливає товщина шини, кут захоплення і радіус дискової фрези.

Запропонований спосіб та вибраний ріжучий інструмент для порізки відпрацьованих шин забезпечує якісний і продуктивний процес розрізання нежорстких виробів з армованим металічним кордом, який має складний переплетений профіль

УДК 656.025

М.В. Бабій, канд. техн. наук, доцент; В.Т. Матвіїшин, здобувач освіти;

Я.О. Капустинський, здобувач освіти

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДИНАМІКА ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ У КОНТЕКСТІ СТРУКТУРНИХ ЗМІН ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

**M. Babii, Ph.D., Assoc. Prof.; V. Matviishyn, education seeker; Ya. Kapustynskyi,
education seeker**

DYNAMICS AND TRENDS OF DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORTATION IN UKRAINE IN THE CONTEXT OF STRUCTURAL CHANGES IN THE TRANSPORT SYSTEM

Сучасна світова економіка характеризується високою динамічністю та ускладненням міжгалузевих і міжрегіональних зв'язків, що визначає зростання ролі транспортної системи як ключового елементу забезпечення сталого функціонування національних економік. В Україні транспорт, зокрема автомобільні перевезення, відіграє провідну роль у формуванні логістичних потоків, задоволенні внутрішнього попиту та забезпеченні міжнародних зв'язків. Особливістю ринку автомобільних перевезень є домінування приватних перевізників. Ринок транспортних послуг відзначається високим рівнем диференціації, значною територіальною нерівномірністю та чутливістю до змін економічної кон'юнктури.

Аналіз розвитку пасажирських автомобільних перевезень свідчить, що у 2010–2016 рр. спостерігалася тенденція до скорочення обсягів перевезень та транспортної роботи. Автомобільний транспорт забезпечував близько половини всього пасажиропотоку та займав перше місце серед інших видів транспорту. Зниження показників пояснювалося як економічними факторами, так і змінами у структурі мобільності населення. Протягом 2020–2022 рр. додатковий вплив мали пандемічні обмеження, що призвели до різкого зменшення міських і приміських перевезень та зміни напрямів пасажиропотоків. Після 2022 року структура мобільності змінилася ще суттєвіше: зросли міжобласні пасажирські перевезення у напрямку західних регіонів та до кордонів ЄС, збільшилася роль автобусного транспорту в гуманітарних та евакуаційних маршрутах. Зберігається високий рівень територіальної неоднорідності показників рухомості населення, що підтверджується значним коефіцієнтом варіації між регіонами.

Вантажні автомобільні перевезення виявилися більш стійкими та адаптивними до змін зовнішніх умов. У 2010-2013 рр. обсяги перевезень зростали, а після 2014 року відбулося суттєве скорочення вантажопотоків, зумовлене військовими подіями, втратою промислових районів та зміною логістичних маршрутів. У 2016–2019 рр. ринок стабілізувався, а головними драйверами зростання стали аграрний сектор та внутрішні торговельні потоки. Після 2020 р. розвиток електронної комерції сприяв зростанню внутрішніх перевезень на короткі відстані.

На початку повномасштабної війни у 2022 р. автомобільний транспорт став ключовою ланкою національної логістики: частково замістив залізничні та морські маршрути, забезпечивши доставку гуманітарних вантажів, товарів оборонного призначення та критично важливих ресурсів. Значно збільшився обсяг міжнародних автоперевезень у напрямку країн ЄС. Водночас транзитні потоки скоротилися через зміну географії міжнародної торгівлі та обмеження на кордонах із країнами, що втратили статус партнерів.

Важливим аспектом, який впливає на розвиток ринку, залишається технічний стан автопарку. Близько 70% вантажних автомобілів експлуатуються понад 10 років, що обумовлює зростання витрат на перевезення, підвищення аварійності та перевитрати

пального. Така ситуація ускладнює інтеграцію України у транспортні ланцюги ЄС, де екологічні та технічні вимоги є більш жорсткими. Водночас останні роки характеризуються поступовою адаптацією нормативної бази України до європейських стандартів та впровадженням інструментів, спрямованих на розширення мультимодальних логістичних рішень.

Експорт та імпорт транспортних послуг до 2022 року зберігали стабільну структуру, де автомобільний транспорт забезпечував близько 4-5% експорту транспортних послуг. Після запровадження у 2022 р. «транспортного безвізу» між Україною та ЄС обсяги міжнародних автомобільних перевезень суттєво зросли, а роль автотранспортних компаній у міжнародній логістиці зміцнилася. При цьому імпорт транспортних послуг зменшився, що пов'язано зі скороченням морських перевезень та переорієнтацією логістики на автомобільні маршрути.

Аналіз розвитку ринку за останні роки дає підстави стверджувати, що автомобільні перевезення в Україні продемонстрували високий рівень адаптивності та гнучкості. Саме автомобільний транспорт забезпечує стабільність функціонування логістичних ланцюгів у період війни та слугує основним інструментом інтеграції України до європейської транспортної системи. Разом з тим ключовими проблемами галузі залишаються фізичне старіння автопарку, недостатній рівень інвестицій в інфраструктуру, дисбаланс між регіонами та низький рівень впровадження інноваційних логістичних рішень.

Комплексний розвиток транспортної системи України потребує модернізації рухомого складу, впровадження сучасних логістичних технологій, розширення мультимодальних рішень, гармонізації національних стандартів із регламентами ЄС та посилення державної транспортної політики. За умов збереження попиту на вантажні та пасажирські перевезення, а також подальшої інтеграції до європейського ринку, автомобільні перевезення залишатимуться ключовим фактором динамічного розвитку транспортної галузі України.

Література

1. Поліщук В.П. Теорія транспортного потоку. Методи і моделі організації дорожнього руху: навчальний посібник. К.: Знання України, 2008. 175 с.
2. Розумний транспорт і логістика для міст : навчальний посібник / [авт. колетив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.]. Житомир : «Житомирська політехніка», 2021. 612 с.
3. Бабій М.В., Лачук П.І. Етапи модернізації транспортної системи України. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „ Актуальні задачі сучасних технологій “, 24-25 листопада 2021 року – Т. : ТНТУ, 2021 – Том I. – С. 63.
4. Босняк М.Г. «Вантажні автомобільні перевезення». Навчальний посібник, - К.: Видавничий Дім «Слово», 2010.- 408 с.
5. Бабій М.В., Дзюра В.О., Бабій А.В., Рожко Н.Я., Валяшек В.Б. Обґрунтування оптимальної схеми перевезення насипних вантажів при взаємодії різних видів транспорту. Центральнотрапінський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 125-133.
6. Бабій М.В., Бабій В.А., Мартинчук А.О. Інтелектуальні системи безпеки руху. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем». Кропивницький: ЦНТУ, 2023р. С. 156.

ОРГАНІЗАЦІЯ РЕГУЛЯРНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ**V.Z. Balych; O.P. Tson, Ph.D.; M.Iu. Zablotyski****ORGANIZATION OF REGULAR PASSENGER TRANSPORTATION IN TERRITORIAL COMMUNITIES**

Організація регулярних автомобільних пасажирських перевезень здійснюється в межах чинного законодавства України та місцевих програм розвитку транспорту, із чітким розмежуванням повноважень між виконавчим комітетом селищної ради (як замовником перевезень у межах громади), обласною військовою адміністрацією (щодо внутрішньообласних маршрутів) і уповноваженим центральним органом виконавчої влади (щодо міжобласних і міжнародних сполучень). Вихідною передумовою є планувальна модель «мережа-маршрут-графік»: виконавчий комітет на підставі потреб населення, звернень підприємств і установ, даних обліку пасажиропотоків та результатів громадського обговорення формує маршрутну мережу, параметри руху і вимоги до доступності, безпеки та якості послуг. Ведення реєстру міських/сільсько-селищних маршрутів, затвердження їх паспортів, відкриття та закриття (з одночасним внесенням змін до реєстру) належить до компетенції замовника перевезень; припинення обслуговування здійснюється за завчасним рішенням, а у випадку непереборної сили - невідкладно, з інформуванням пасажирів та організацією альтернативних рейсів.

Добір перевізників здійснюється через відкриті конкурси з прозорими критеріями, що включають безпеку дорожнього руху, екологічні та технічні характеристики рухомого складу, регулярність виконання рейсів, наявність систем GPS-диспетчеризації та електронного обліку (е-квиток), а також дотримання соціальних зобов'язань (перевезення пільгових категорій, доступність для маломобільних пасажирів). За результатами конкурсу організатор укладає договір про організацію перевезень на визначений строк; для внутрішньообласних маршрутів договори укладаються за участі обласної військової адміністрації, а для міжобласних - на підставі дозволів, які видаються в установленому порядку уповноваженим центральним органом. Умови договору деталізують вимоги до структури і віку автобусів (категорія та клас відповідно до виду сполучення), до технічного та санітарного стану, переліку обов'язкових документів у водія, порядку інформування пасажирів і алгоритмів роботи зі скаргами.

Контроль і нагляд за дотриманням ліцензійних умов, безпекових стандартів, режимів праці та відпочинку водіїв, а також вагових/габаритних норм здійснюються уповноваженими державними органами. Замовник перевезень впроваджує систему управління якістю на основі ключових показників ефективності (KPI): виконання рейсів за графіком, рівень скарг, доступність маршрутів, частка рухомого складу з низькою підлогою, оснащення валідаторами та GPS. Дані з е-квитка і диспетчеризації використовуються для періодичного коригування розкладів (особливо у «пікові» години), оптимізації інтервалів, визначення резервної місткості та прийняття тарифних рішень. Усі зміни маршрутів і розкладів комунікуються через офіційні канали громади та автостанційні сервіси. Така модель забезпечує баланс між безпекою і надійністю транспортних послуг, прозорістю взаєморозрахунків, доступністю для всіх категорій пасажирів і гнучкістю мережі в умовах змін зовнішнього середовища.

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЇ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ГІБРИДНОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Т. D. Begosh; M.A. Rebeza

THE ENERGY MANAGEMENT STRATEGY OPTIMIZATION OF A HYBRID ELECTRIC VEHICLE BASED ON DYNAMIC PROGRAMMING

Гібридні електричні транспортні засоби (HEV) є перспективним рішенням для зниження споживання палива та викидів CO₂ у транспортному секторі. Ефективність HEV критично залежить від стратегії енергоменеджменту (EMS), яка керує розподілом потужності між двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) та електричною силовою установкою. Оптимізація EMS дозволяє досягти зниження витрати палива на 20-40% порівняно з традиційними транспортними засобами.

Метою дослідження є розробка та впровадження оптимальної стратегії енергоменеджменту для паралельного гібридного електромобіля з використанням методу динамічного програмування та порівняльний аналіз різних підходів до управління енергопотоками. В якості об'єкту дослідження виступає паралельна архітектура гібридної силової установки, що включає дві незалежні системи тяги (рис. 1):

- електрична тяга – два синхронні електродвигуни на передній осі, з'єднані з колесами через фіксоване передавальне відношення;
- гібридна тяга – бензиновий ДВЗ, інтегрований стартер-генератор (ISG), зчеплення, 6-ступінчаста автоматична трансмісія, диференціал на задній осі;
- накопичувач енергії – літій-іонна батарея.

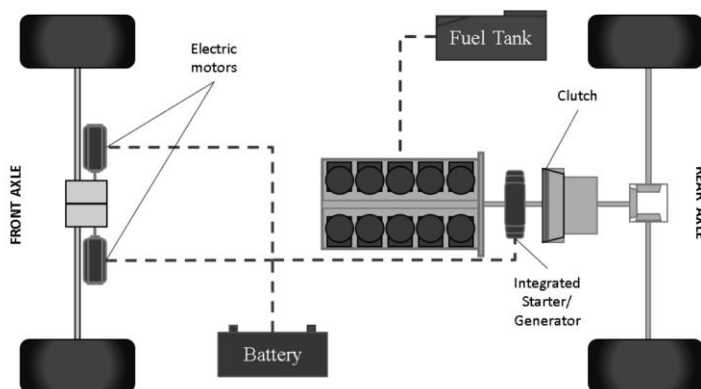


Рисунок 1. Архітектура паралельної гібридної силової установки

Основні технічні характеристики силової установки наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Технічні характеристики силової установки гібриду

Параметр	Значення
Номінальна ємність батареї	30 А·год
Номінальна/максимальна напруга батареї	355/450 В
Тривалий/піковий крутний момент електромотора	145/350 Н·м
Тривала/пікова потужність електромотора	64/140 кВт
Максимальний крутний момент ДВЗ	533 Н·м
Максимальна потужність ДВЗ	449 кВт
Сумарна максимальна потужність (тривала/пікова)	577/729 кВт

Задача оптимального управління енергопотоками формулюється як мінімізація функції витрат палива:

$$J = \sum(t = 0 \text{ to } t_F)[\dot{m}f(t) \cdot \Delta t] \rightarrow \min, \quad (1)$$

де: $\dot{m}f(t)$ – миттєва витрата палива; t_F – час завершення їздового циклу, Δt – крок дискретизації.

З обмеженнями на стан заряду батареї:

$$SOC_{min} \leq SOC(t) \leq SOC_{max}, \quad (2)$$

$$SOC(t_F) = SOC(0) \pm \Delta SOC, \quad (3)$$

де: SOC – рівень заряду акумуляторної батареї, в момент часу t , ΔSOC – допустиме відхилення кінцевого заряду (зазвичай $\pm 2\text{-}5\%$).

Для розв'язання задачі глобальної оптимізації застосовано метод динамічного програмування (DP), який базується на принципі оптимальності Беллмана. На відміну від евристичних та субоптимальних підходів, метод DP дозволяє знайти глобально оптимальне рішення для всього їздового циклу з урахуванням усіх нелінійностей моделі компонентів силової установки. Алгоритм DP працює шляхом зворотної рекурсії у часі, визначаючи оптимальну траєкторію управління для кожного можливого стану системи. Змінними стану є SOC батареї та швидкість транспортного засобу, керуючими змінними – розподіл крутного моменту між ДВЗ та електромоторами, вибір передачі, статус зчеплення.

Ієрархічна архітектура системи управління HEV представлена на рис. 2. Супервізорний контролер (HCU) отримує запит водія та керує компонентними контролерами (ДВЗ, електромоторів, батареї, трансмісії, гальм) згідно з реалізованою стратегією EMS.

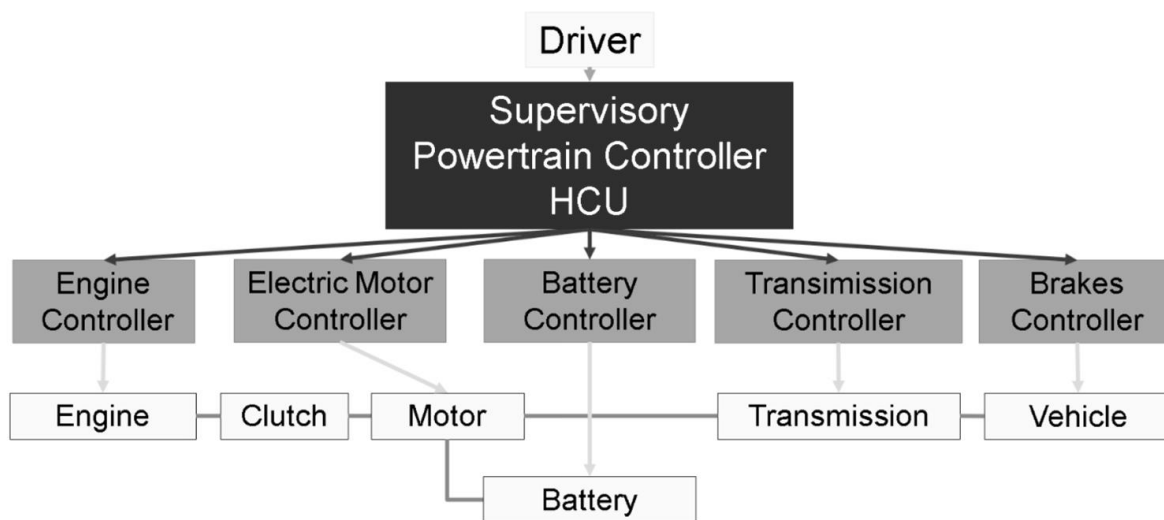


Рисунок 1. Архітектура системи управління гібридного автомобіля

Для вибору оптимальної стратегії енергоменеджменту проведено детальний аналіз ефективності різних стратегій на стандартних їздових циклах і отримано наступні результати:

– Евристичні контролери (rule-based) – найпростіші у реалізації та найшвидші у виконанні, проте показують витрату палива на 15-25% вищу за оптимальну через відсутність використання теорії оптимального управління. Потребують значних зусиль на калібрування порогових значень;

– Субоптимальні контролери (ECMS, MPC) – забезпечують локальну оптимізацію в кожен момент часу, що дає відхилення від глобального оптимуму на 5-12%. ECMS потребує точного визначення фактора еквівалентності, MPC – точної моделі прогнозування швидкості;

– Оптимальний контролер на основі DP – забезпечує глобальний оптимум витрати палива, проте вимагає знання повного їздового циклу наперед, що робить його непридатним для реалізації в реальному часі. Використовується як еталон (benchmark) для оцінки ефективності інших стратегій;

– Інтеграція інформації про майбутні дорожні умови (V2I, V2V комунікації, електронний горизонт) дозволяє субоптимальним контролерам наблизитися до показників DP, зменшуючи відхилення до 2-5%.

Таким чином метод динамічного програмування є оптимальним і показує потенціал зниження витрати палива на 28-35% порівняно з еквівалентним традиційним автомобілем на циклі WLTP.

Висновок. Проведено порівняльний аналіз ефективності різних класів стратегій енергоменеджменту, що дозволяє обґрунтовано обирати підхід залежно від вимог до продуктивності та обчислювальних ресурсів. Метод динамічного програмування забезпечує найкращі показники паливної економічності та може використовуватися для калібрування і валідації контролерів в реальному часі, а також для оцінки впливу системи прогнозування дорожніх умов на ефективність гібридних транспортних засобів.

Література

1. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46.
2. Aulin V, Liashuk O, Mironov D, Staliński P, Rutkowski M, Lysenko S. Management-Oriented Assessment of Transport Service Quality Using Logistics Monitoring System and Harrington's Desirability Function in Support of SDG 9. *Sustainability*. 2025; 17(17):7837.
3. Hawkins, Troy & Gausen, Ola & Strømman, Anders. (2012). Environmental impacts of hybrid and electric vehicles—A review. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 17. 997-1014. 10.1007/s11367-012-0440-9.
4. Lifecycle assessment and environmental impacts of hybrid electric vehicles fuelled by bioethanol and biogas, (2025), Laene Oliveira Soares, Jose Ricardo Sodre, Ronney Arismel Mancebo Boley. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 216, July 2025, 115652.

УДК 621.891

Н.Ю. Безкидняк, А.М. Колоденний

(Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя)

ОБГРУНТУВАННЯ СИЛОВИХ ТА КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОРІЗКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

N.Yu. Bezkidnyak, A.M. Kolodenny

SUBSTANTIATION OF FORCE AND KINEMATIC PARAMETERS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CUTTING AUTOMOTIVE TIRES

На сучасному етапі розвитку промислового виробництва постає проблема раціонального використання наявних енергетичних і сировинних ресурсів. Щодо,

проблеми ефективного використання сировини, актуальним являється підхід, при якому використання первинної сировини допускається у випадку, коли повністю вичерпані існуючі джерела вторинної сировини. Значне місце в даній проблемі займають питання комплексного вторинного використання матеріалів, які широко застосовуються в автомобільній промисловості, зокрема при виготовленні автомобільних шин. При порізці відпрацьованих автомобільних шин доцільно використовувати такі методи порізки, які не пов'язані із складними фізико-хімічними процесами, з можливістю їх механізації та автоматизації при задовільній продуктивності процесу, враховуючи наявну кількість даних шин.

Проведені експериментальні дослідження показали, що основним фактором, який впливає на продуктивність процесу порізки та якість виконуваних робіт є наявність процесу проковзування, попередження якого може бути обумовлене відповідним підбором силових та кінематичних вузлів та агрегатів використовуваного технологічного обладнання, які забезпечують співвідношення D_{ϕ}/S в межах 4...10, де S - середня товщина відпрацьованої шини, D_{ϕ} – зовнішній діаметр робочої фрези.

Підвищення продуктивності процесу порізки автомобільних шин сприяє надання інструменту дійсної спіральної подачі, яка легко реалізується при постійних значеннях колової подачі і подачі радіального врізання.

$$S_d = \sqrt{S_k^2 + S_p^2}$$

Де: S_d – дійсна спіральна подача фрези;

S_k, S_p – відповідно колова і радіальна подачі фрези.

Подачу радіального врізання фрези можна визначити, як частину колової подачі, використавши залежність

$$S_p = (S_k S_d - \xi + a) / L = S_k \Omega / L$$

Де: ξ – деформація шини на початковому етапі врізання фрези;

a – величина заходу різальної кромки фрези в канавку опорного різального ролика;

L – довжина Архімедової спіралі.

Довжина Архімедової спіралі L , починаючи від її полюса визначається за формулою:

$$L = (\psi / 2) (\varphi \sqrt{1 + \varphi^2} + \text{Arsh} \varphi) \dots \dots \dots$$

Де: ψ – параметр Архімедової спіралі;

φ – кут повороту радіуса – вектора в полярних координатах.

Таким чином, довжину Архімедової спіралі L , по якій переміщається крайня точка фрези відносно системи координат XOY , нерухомо зв'язаної з шиною, можна визначити як різницю довжини спіралей при вибраному полюсі у точці початку координат шини.

$$L = (\psi / 2) [(\varphi_2 \sqrt{1 + \varphi_2^2} - (\varphi_1 \sqrt{1 + \varphi_1^2} + (\text{Arsh} \varphi_2 + \text{Arsh} \varphi_1))] \dots \dots \dots$$

Де: φ_1, φ_2 – кути повороту шини у русі при обкатуванні по довжині Архімедової спіралі на ділянках відповідно від полюса 0 до граничних точок області Ω вздовж осі OY (рис. 1).

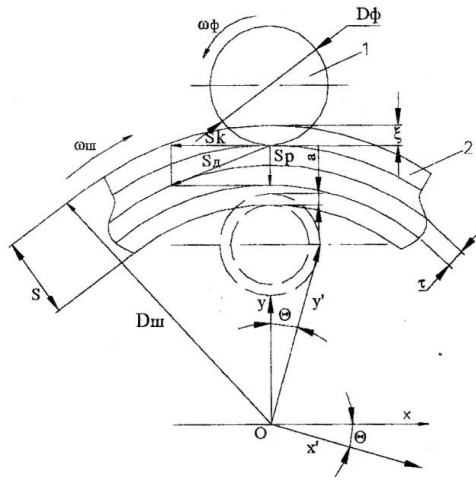


Рисунок 1 Розрахункова схема для технологічного процесу порізки автомобільних шин 1 – фреза; 2 – автомобільна шина

Кути φ_1 , φ_2 можна визначити із співвідношень:

$$\varphi_1 = 2\pi (0,5D_{\text{ш}} - \Omega) / \psi; \quad \varphi_2 = \pi D_{\text{ш}} / \psi$$

Де: $D_{\text{ш}}$ – діаметр шини.

Параметр ψ і крок τ Архімедової спіралі зв'язані співвідношенням $\tau = 2\pi \psi$. Таким чином, крок τ можна виразити через кількість проходів фрези i ; $\tau = \Omega / i$.

Параметр Архімедової спіралі ψ можна визначити в залежності від граничних точок області переміщення фрези та кількості її проходів $\Psi = \Omega / 2\pi i$.

Величину параметра ξ визначаємо із умов радіальної жорсткості автомобільних шин. Так, зв'язок між елементарною силою dF , яка діє на елементарний сектор шини і величиною її деформації, на основі рівнянь, які використовуються для визначення деформації гумових амортизаторів (при їх деформаціях менших 10 - 20% визначається наступним рівнянням:

$$dF = 0,5 E \lambda B D_{\text{ш}} (\epsilon_{\text{оф}} + \epsilon_{\text{оф}}^2) d\varphi$$

Де: λ – поправочний коефіцієнт;

B – ширина шини;

E – модуль пружності матеріалу шини;

$D_{\text{ш}}$ – середній діаметр шини;

$\epsilon_{\text{оф}} = \Delta S_{\varphi} / S$ – відносна деформація виділеного сектора шини.

Припустимо, що $\lambda = \lambda_1 K_{\text{п}}$

Де: λ_1 – коефіцієнт, який враховує конструктивні особливості робочих поверхонь ролика;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, який враховує особливості процесу фіксації шини у початковий момент її порізки.

Як показали результати експериментальних досліджень технологічного процесу порізки автомобільних шин, із використанням спеціального стенду та ріжучого інструменту, задані робочі параметри, вибрані із схеми базування та закріплення шин забезпечили необхідну продуктивність процесу при задовільних показниках якості.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТИПУ EREV

М. R. Bilous; M. Yu. Bilous; V. M. Kuchirka

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS OF EREV-TYPE ELECTRIC VEHICLES FUNCTIONING

Електромобілі з розширеним запасом ходу (EREV – Extended Range Electric Vehicle) є перспективним типом транспортних засобів, що поєднують переваги повністю електричних автомобілів та гібридів. Основною особливістю EREV є використання електродвигуна як головного засобу руху, тоді як невеликий двигун внутрішнього згоряння виконує роль генератора для підзарядки акумулятора. Для об'єктивної оцінки ефективності роботи електромобілів типу EREV необхідна комплексна методика, яка враховує як технологічні характеристики (енергоефективність, динаміка, запас ходу), так і екологічні параметри (викиди шкідливих речовин, споживання енергії з відновлюваних джерел). Метою дослідження є розробка інтегральної методики оцінки технологічних та екологічних параметрів функціонування електромобілів типу EREV, яка дозволить комплексно оцінювати ефективність їхньої роботи та формувати обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення конструкції.

Основою розробленої методики є формування інтегрального показника ефективності $I_{\text{еф}}$, який враховує три групи параметрів: енергетичну ефективність системи, динамічні характеристики та екологічний вплив. Інтегральний показник визначається за формулою:

$$I_{\text{еф}} = w_1 \cdot \eta_c + w_2 \cdot D_{\text{динамічні}} + w_3 \cdot (1 - E_{\text{екологічні}}), \quad (1)$$

де: w_1, w_2, w_3 – вагові коефіцієнти, що визначають відносну важливість кожного компонента; η_c – енергетична ефективність системи, що враховує ККД електродвигуна, генератора, акумулятора та системи рекуперації; $D_{\text{динамічні}}$ – агрегований показник динамічних характеристик; $E_{\text{екологічні}}$ – нормалізований екологічний вплив.

Агрегований показник динамічних характеристик розраховується як:

$$D_{\text{динамічні}} = 0.4 \cdot \frac{V_{\text{max}}}{33.33} + 0.3 \cdot \frac{10}{t_{\text{розг}}} + 0.3 \cdot \frac{P_{\text{ген}}}{P_{\text{ном}}}, \quad (2)$$

де: V_{max} – максимальна швидкість (м/с); $t_{\text{розг}}$ – час розгону до 100 км/год (с); $P_{\text{ген}}$ – потужність генератора (Вт); $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність електродвигуна (Вт).

Нормалізований екологічний вплив визначається за формулою:

$$E_{\text{екологічні}} = \frac{E_{\text{CO}_2} + E_{\text{NO}_x}}{E_{\text{нор}}} - \frac{E_{\text{віднов}}}{E_{\text{заг}}}, \quad (3)$$

де: $E_{\text{CO}_2}, E_{\text{NO}_x}$ – викиди відповідних забруднювальних речовин у генераторному режимі; $E_{\text{нор}}$ – нормативні показники викидів для порівняння; $E_{\text{віднов}}$ – енергія, отримана з відновлюваних джерел; $E_{\text{заг}}$ – загальна спожита енергія. Для практичного застосування методики було проведено розрахунки для модельного електромобіля типу EREV з такими параметрами: маса 1500 кг, ємність акумулятора 16 кВт·год, потужність електродвигуна 150 кВт, потужність генератора 60 кВт. Результати розрахунків представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати оцінки ефективності модельного EREV

Параметр	Значення	Нормалізоване значення
Енергетична ефективність η_c	0.85	0.85
Максимальна швидкість V_{max}	33.33 м/с	1.00
Час розгону $t_{розг}$	8 с	1.25
Співвідношення $P_{ген}/P_{ном}$	0.40	0.40
$D_{динамічні}$	-	0.89
Викиди CO ₂ (генераторний режим)	65 г/км	0.52
Викиди NO _x	0.03 г/км	0.15
Частка відновлюваної енергії	0.30	0.30
$E_{екологічні}$	-	0.37
Інтегральний показник $I_{еф}$	-	0.75

При значеннях вагових коефіцієнтів $w_1 = 0.40$, $w_2 = 0.30$, $w_3 = 0.30$ інтегральний показник ефективності становить:

$$I_{еф} = 0.40 \cdot 0.85 + 0.30 \cdot 0.89 + 0.30 \cdot (1 - 0.37) = 0.75.$$

Отриманий інтегральний показник 0.75 свідчить про високу ефективність розглянутої конфігурації EREV. Для порівняння, аналогічні розрахунки для традиційного автомобіля з ДВЗ дають $I_{еф} \approx 0.35$, для повністю електричного автомобіля (BEV) – $I_{еф} \approx 0.82$, для гібрида (PHEV) – $I_{еф} \approx 0.68$. Розроблена методика також передбачає формування критеріїв оптимальності для вибору компонентів. Для акумуляторної батареї критерій оптимальності визначається як:

$$K_{АКБ} = w_1 \cdot \frac{C}{C_{max}} + w_2 \cdot \frac{P_{зар}}{P_{ном}} - w_3 \cdot \frac{m_{АКБ}}{m_{ЗАГ}}, \quad (4)$$

Для оптимізації функціонування EREV застосовано метод багатфакторного аналізу. Побудовано регресійну модель залежності інтегрального показника від ключових параметрів:

$$I_{еф} = \beta_0 + \beta_1 \cdot P_{двигун} + \beta_2 \cdot C_{АКБ} + \beta_3 \cdot C_d + \beta_4 \cdot m + \varepsilon. \quad (5)$$

На основі експериментальних даних визначено коефіцієнти регресії: $\beta_0 = 0.32$, $\beta_1 = 0.0018$ (кВт⁻¹), $\beta_2 = 0.015$ (кВт·год⁻¹), $\beta_3 = -0.45$, $\beta_4 = -0.00012$ (кг⁻¹). Аналіз показав, що найбільший вплив на ефективність мають коефіцієнт аеродинамічного опору C_d та ємність акумулятора $C_{АКБ}$.

Висновок. Розроблена методика дозволяє комплексно оцінювати технологічні та екологічні параметри електромобілів типу EREV через єдиний інтегральний показник. Методика враховує енергетичну ефективність, динамічні характеристики та екологічний вплив, що забезпечує об'єктивну оцінку роботи транспортного засобу.

Література

1. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (3 (127)), 37–46.
2. Міронов Д.В. Конспект лекцій з дисципліни «Електричні та гібридні транспортні засоби» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форми навчання / Укл.: Д.В. Міронов – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 154 с.
3. World Electric Vehicle Journal. Advances in EV and Hybrid Technology. Vol. 14, Issue 3, 2022.

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА АВТОМОБІЛЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Y.D. Bodoriak, V.Y. Litvitskyi, M.A. Oliinyk

TECHNICAL DIAGNOSTICS OF A CAR USING DIAGNOSTIC PARAMETERS

Технічна діагностика автомобіля є одним із ключових елементів систем технічного обслуговування та ремонту, адже дозволяє своєчасно виявляти відхилення у роботі агрегатів і запобігати виникненню серйозних несправностей. Разом із розвитком електронних систем автомобіля постає необхідність створення автоматизованих методів діагностування, здатних аналізувати великий обсяг інформації та працювати за формалізованими алгоритмами.

Однією з головних труднощів автоматизованої діагностики є те, що різні несправності можуть проявлятися схожими симптомами. Діагностичні параметри суттєво варіюють через випадкові відхилення, похибки вимірювань, вплив зовнішніх факторів та несталі режими роботи агрегатів. Тому наявність або відсутність певного показника не може вважатися достовірною ознакою діагнозу, а лише подією з певною умовною ймовірністю.

Для визначення найімовірнішого діагнозу застосовується правило Байєса, яке дозволяє розрахувати умовну ймовірність діагнозу за наявності конкретного параметра. Однак у більшості випадків діагностика здійснюється не за одним параметром, а за їх комплексом. Ймовірність сумісного спостереження таких параметрів визначають як добуток ймовірностей появи кожного з них, якщо параметри є статистично незалежними. За умови відсутності окремих ознак у формули вводиться додатковий множник, що враховує ймовірність їх відсутності. Цей підхід дозволяє поєднувати інформацію про наявність і відсутність симптомів, забезпечуючи об'єктивність діагностичного рішення.

Загальна ймовірність появи комплексу ознак для всіх можливих діагнозів визначається за формулою повної ймовірності. Це створює основу для побудови автоматизованої системи діагностики, орієнтованої на статистичні закономірності, а не лише на інтуїтивний досвід людини.

Разом із тим таке моделювання є коректним лише тоді, коли діагностичні параметри не мають взаємозв'язку. На практиці це трапляється рідко: ознаки часто корелюють між собою, ігнорування цього призводить до суттєвого зниження достовірності діагностичних висновків. Наприклад, три параметри з ймовірністю появи, будучи незалежними, формують ймовірність комплексного спостереження. Якщо ж параметри пов'язані, ймовірність комплексу дорівнює, що повністю змінює результат.

Кількісний аналіз залежностей між параметрами здійснюється методом кореляційного аналізу. Графічне зображення вибірки у вигляді діаграми розсіювання дозволяє визначити характер зв'язку: хаотичне розташування точок свідчить про відсутність зв'язку, а виражена тенденція — про прямий або обернений взаємозв'язок. Міцність зв'язку оцінюють за коефіцієнтом парної кореляції, обчисленим на основі частот появи ознак у вибірці.

Для перевірки значущості коефіцієнта використовується критерій Стюдента. Якщо розраховане значення перевищує табличне, зв'язок між параметрами вважається статистично значущим. В іншому випадку параметри розглядають як незалежні. Слід враховувати, що недостатній обсяг вибірки може спричинити хибний висновок про

наявність або відсутність кореляції, що особливо важливо для автоматизованих діагностичних систем.

На практиці для кількох параметрів формують усі можливі пари й обчислюють матрицю коефіцієнтів кореляції. Це дозволяє виявити сильні та слабкі зв'язки між параметрами, виключити неінформативні показники і сформувати оптимальний комплекс ознак для діагностики. Матриця зв'язків або відповідний мережевий граф надають системному аналізу наочності й дозволяють будувати діагностичні правила на основі внутрішніх залежностей параметрів.

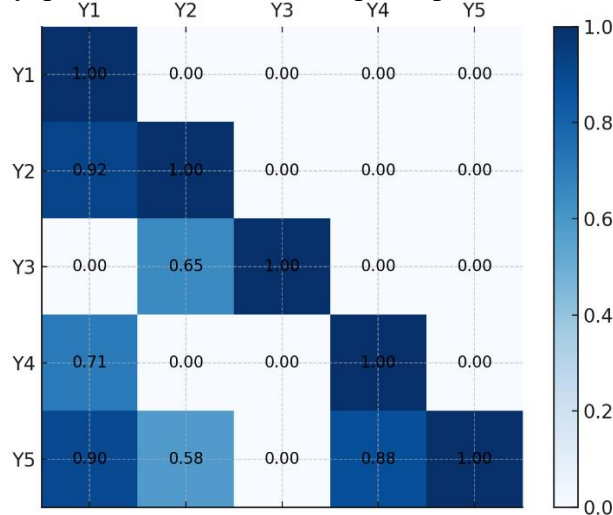


Рисунок 1. Матриця зав'язків

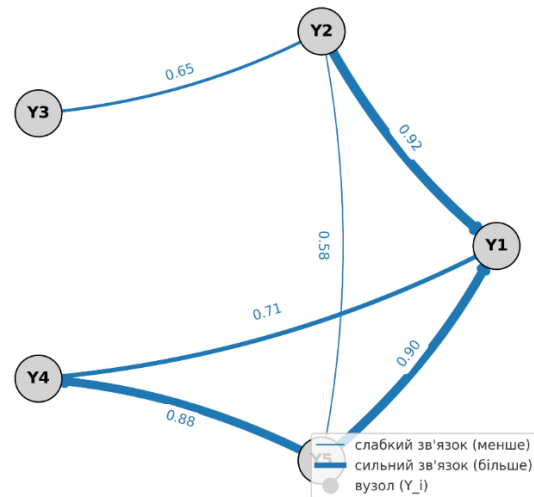


Рисунок 2. Мережевий граф на основі матриці

Приклад застосування методики показує, що комплекс ознак з нижчим значенням середньої кореляції може давати вищу формальну ймовірність появи, але меншу надійність діагнозу. Натомість комплекс із високою внутрішньою узгодженістю ознак забезпечує більш достовірний діагностичний висновок навіть при меншій загальній ймовірності спостереження. Це підтверджує важливість урахування кореляційних зв'язків у статистичній діагностиці.

Таким чином, ефективна автоматизована діагностика автомобіля повинна базуватися не лише на правилах Байєса і матрицях ймовірностей появи ознак, але й на аналізі взаємозв'язку між діагностичними параметрами. Поєднання ймовірнісних моделей з кореляційним аналізом забезпечує підвищення точності діагнозу, зменшує ризик помилкових рішень і створює надійний інструмент для практичних систем технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.

Література

1. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Теорія експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. Суми: СНАУ, 2015. – 213 с.
2. Сахно В. П., Григорашенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К.: Національний транспортний університет, 2013. 200 с.
3. Montgomery D. Applied Statistics and Probability for Engineers. – Wiley, 2018. 792 p.

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ
МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ФОРМУВАННЯ
ГРУП ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

M.V. Hawrylyshyn

**INCREASING THE CAPACITY OF URBAN PASSENGER TRANSPORT STOPS IN
THE CONDITIONS OF FORMING GROUPS OF VEHICLES**

Сучасні міські транспортні системи функціонують у середовищі з високою інтенсивністю потоків транспортних засобів та пасажирів, що потребує ефективного управління роботою зупиночних пунктів як ключових елементів інфраструктури громадського транспорту. У містах України, як і в багатьох європейських країнах, зростання пасажиропотоків у години пік, нерегулярність руху, накопичення транспортних засобів перед світлофорними об'єктами та низька пропускна здатність зупинок призводять до зниження швидкості руху маршрутів і суттєвих затримок. Проведене дослідження спрямоване на розроблення комплексної методики оцінювання та підвищення пропускної здатності зупиночних пунктів у контексті формування груп пасажирських транспортних засобів.

Аналіз наукових джерел продемонстрував, що основними чинниками, які зумовлюють затримки на зупинках, є нерівномірність прибуття транспортних засобів, накопичення одиниць рухомого складу після перехресть, коливання інтенсивності пасажиропотоків, нераціональна організація посадкових майданчиків та відсутність синхронізації між режимами світлофорів і рухом маршрутів. Досвід зарубіжних дослідників доводить, що оптимізація роботи зупинок має базуватися на поєднанні методів моделювання, реконфігурації інфраструктури, застосування інтелектуальних транспортних систем та математичного аналізу динаміки руху.

У рамках виконаного дослідження було сформовано детальний аналітичний опис руху пасажирських транспортних засобів у виділених смугах, що дозволило визначити основні часові складові функціонування маршруту: час руху між перехрестями, час затримки на регульованому перетині, час розгону, гальмування, а також час зупинки, обумовлений пасажирообміном. Визначення цих параметрів дало змогу сформувати математичну модель оцінки пропускної здатності зупинки з урахуванням локальних параметрів руху.

Особливе значення в роботі надано впливу параметрів світлофорного регулювання, адже саме циклічність червоних і зелених фаз формує нерівномірні групи транспортних засобів, які одночасно прибувають на зупинку. Такі групи збільшують навантаження на посадочні майданчики, погіршують керованість транспортного потоку та спричиняють перевищення фактичного часу пасажирообміну над розрахунковим. Було встановлено, що формування транспортних груп істотно знижує пропускну здатність зупинки та негативно впливає на регулярність роботи маршруту.

З метою розв'язання означеної проблеми розроблено алгоритм моделювання, який враховує тривалість фаз світлофорів, інтенсивність руху, характеристики транспортних засобів різної пасажиромісткості, параметри прискорення і гальмування, а також поведінку пасажирів під час посадки та висадки. Використана модель масового обслуговування дозволила визначити кількість посадкових майданчиків, необхідних для забезпечення безперервної роботи маршрутів. Методика ранжування факторів показала, що найбільший вплив на пропускну здатність мають час пасажирообміну, ефективна

кількість посадкових місць, параметри світлофорних циклів та варіативність прибуття транспортних засобів.

Результати моделювання продемонстрували, що оптимізація зупиночних пунктів у разі формування груп транспортних засобів можлива шляхом впровадження формалізованої моделі управління інтервалами руху. Запропоновано практичні рекомендації щодо синхронізації світлофорів з частотою руху маршрутів, оптимального розташування зупинок відносно перехресть, збільшення пропускної здатності за рахунок організації багатосекційних посадкових майданчиків та модернізації інфраструктури на основі методики Highway Capacity Manual. Порівняльний аналіз показав, що регулювання інтервалів між транспортними засобами дає змогу зменшити ступінь групування до 30 %, а застосування інтерактивних систем диспетчеризації може знизити середній час затримок на зупинці на 12–18 %.

Значну увагу приділено поглибленому вивченню процесів формування транспортних груп після перехресть. Застосування математичного апарату дозволило визначити залежності між довжиною світлофорного циклу, інтенсивністю руху та ймовірністю прибуття кількох транспортних засобів у межах малого інтервалу часу. Результати дослідження виявили, що навіть незначне збільшення фази зеленого сигналу на 5–10 секунд може розірвати транспортну групу та зменшити навантаження на зупинку на 20–25 %, що є критично важливим для забезпечення регулярності руху в години пік.

Узагальнення проведеного дослідження дозволяє стверджувати, що підвищення пропускної здатності зупиночних пунктів є багатокомпонентним завданням, що потребує інтеграції математичного моделювання, інтелектуальних транспортних систем та інженерних рішень. Запропонована методика забезпечує можливість кількісної оцінки ефективності зупинки в різних умовах міського середовища та дозволяє формувати обґрунтовані рекомендації для оптимізації транспортної мережі. Результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування, транспортними підприємствами, інженерами-транспортниками та проектувальниками міських доріг.

Підвищення ефективності функціонування зупиночних пунктів є одним із ключових чинників розвитку сталої мобільності в українських містах. Врахування формування груп транспортних засобів, а також інтеграція цифрових технологій управління рухом дозволяють не лише збільшити пропускну здатність, але й позитивно вплинути на якість обслуговування пасажирів, регулярність руху, екологічні показники та загальну ефективність міської транспортної мережі.

Додатково було проведено порівняльний аналіз особливостей функціонування зупиночних пунктів у містах різного масштабу, що дало змогу виокремити специфічні закономірності організації пасажирських перевезень у середніх та великих урбанізованих агломераціях. Виявлено, що у містах із щільною забудовою та розгалуженою мережею маршрутів критичним чинником стає саме взаємний вплив маршрутів один на одного. Накладання графіків руху, різні типи рухомого складу на одному коридорі, неоднорідність профілю вулиці та зміни дорожньої ситуації створюють складні умови, у яких навіть невеликі коливання в русі одного автобуса або тролейбуса призводять до каскадних затримок. Таким чином, підвищення пропускної здатності зупинок має розглядатися не лише як локальна задача, а як частина ширшої стратегії управління міською транспортною системою з урахуванням багаторівневої взаємодії маршрутів.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЧАСТИНКИ АБРАЗИВНОГО РОБОЧОГО
СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВІБРАЦІЙНІЙ ОБРОБЦІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ****Y. Galan Ph.D ; M. Kolosinsky; A. Galunka; K. Gertsun****INTERACTION OF PARTICLES ABRASIVE WORKING ENVIRONMENTS AT
VIBRATING PROCESSING WITH THE TREATED AUTOMOBILE DETAILS**

Підвищення продуктивності і якості вібраційної обробки деталей створює передумови розвитку і поліпшенню технологічного процесу, інтенсивність якого визначається величиною сили взаємодії абразивної гранули з оброблюваною поверхнею [1, 2]. Одним із найбільш інтенсивних методів цього технологічного процесу є вібраційно-відцентрова обробка автомобільних деталей в установках з жорсткою кінематичною схемою, які створюють складний рух робочого середовища в середині камери. Рух робочої камери може бути не тільки просторовим чи планетарним, але і по складній просторовій кривій. Створені по цьому принципу установки технологічного процесу обробки деталей в сипучому абразивному середовищі, забезпечують підвищення його продуктивності і інтенсивності [2]. В зв'язку з різноманітністю форм і розмірів гранул, варіантів їх орієнтації в момент співудару з робочою поверхнею та зміною фізико-механічних властивостей поверхневого шару в процесі обробки експериментально визначити значення λ дуже важко. Визначимо його аналітично. Припустимо, що імпульс сил, діючих на гранулу при ударі по дотичній, обумовлений тільки силою тертя, і гранула починає зміщуватись по робочій поверхні при найбільшому граничному значенні імпульсу цієї сили.

$$|P_\tau| = \lambda |P_n|, \quad (1)$$

де P_n – імпульс нормального тиску при ударі.

Зміщення грані при ударі відсутнє, коли

$$|P_\tau| \leq \lambda |P_n|, \quad (2)$$

Для аналітичного рішення поставленої задачі, визначення коефіцієнту λ миттєвого тертя гранули по відповідній робочій поверхні, розглянемо розрахункову схему удару гранули по робочій площині показаної на рис. 1.

В момент переходу одного виду удару гранули в другий справедлива залежність, яка описує удар без ковзання:

$$\left. \begin{aligned} m(V_{1\xi} - V_\xi) &= P_\tau \\ m(V_{1\eta} - V_\eta) &= P_n \\ I_c \omega_1 &= P_\tau \cdot p_\eta - P_n \cdot p_\xi \\ V_{1\eta} &= e |V_\eta| \\ V_{1\xi} - \omega_1 \cdot p_\eta &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

де m – маса гранули; $V_{1\xi}$, $V_{1\eta}$ і V_ξ , V_η – проекції швидкості центра С маси гранули в кінці і початку удару; ω_1 – кутова швидкість гранули після удару; e – коефіцієнт відновлення нормальної складової швидкості гранули при ударі.

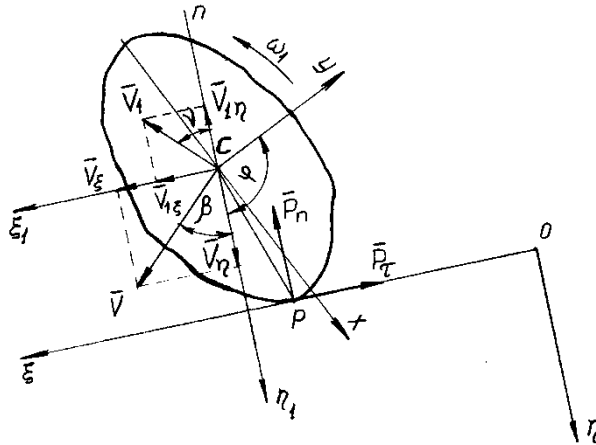


Рисунок 1. Розрахункова схема удару гранули на площину

$\xi O \eta$ - нерухома система координат; $\xi_1 C \eta_1$; Sxy - рухомі системи координат, зв'язаних з гранулою; n – нормаль до площини; β , ν , φ - кути падіння, відбиття і орієнтації гранули

Момент інерції гранули відносно головної осі, перпендикулярної площині удару $\xi O \eta$,

$$I_c = \frac{1}{5} m(a^2 + b^2), \quad (4)$$

де a , b – розміри половини головних осей середнього перерізу, який лежить в площині удару ($b < a$).

Проекції радіуса – вектора CP , визначаючого орієнтацію гранули відносно площини

$$p_\eta = \sqrt{b^2 + (a^2 - b^2) \cdot \sin^2 \varphi}, \quad (5)$$

$$p_\xi = (a^2 - b^2) \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \sqrt{b^2 + (a^2 - b^2) \cdot \sin^2 \varphi}, \quad (6)$$

Із системи (3) з врахуванням підстановки в неї вирази (4)-(6) отримаємо

$$P_\tau = \frac{mV \left[5(1+e)(1-k^2) \sin \varphi \cdot \cos \varphi + (1-k^2) \sin \beta \right]}{6+k^2-5(1-k^2) \cdot \cos^2 \varphi}, \quad (7)$$

$$P_n = mV(1-e) \cos \beta, \quad (8)$$

де $k = b/a$.

Підставити (7) і (8) в (2), після перетворень будемо мати рівняння, зручне для аналізу

$$\lambda = \frac{5 \left[\frac{(1-k^2)}{(1+k^2)} \right] \cdot \sin 2\varphi + 2tg\beta / (1+e)}{7 - 5 \left[\frac{(1-k^2)}{(1+k^2)} \right] \cdot \cos 2\varphi}, \quad (9)$$

Максимальне значення коефіцієнта λ відповідає моменту переходу від удару без ковзання гранули до удару з ковзанням по оброблюваній поверхні (рис.2). Це значення коефіцієнта λ може бути границею між двома технологічними процесами вібраційної обробки, що відповідає максимальному зняттю матеріалу з оброблюваної поверхні (металу, корозії, ливарного штаму та ін.) при максимальному значенні P_n , до шліфування оброблюваної поверхні (зминання виступів мікронерівностей, згладжування нерівностей і т. д.) при збільшенні значення P_τ з переходом до режиму полірування.

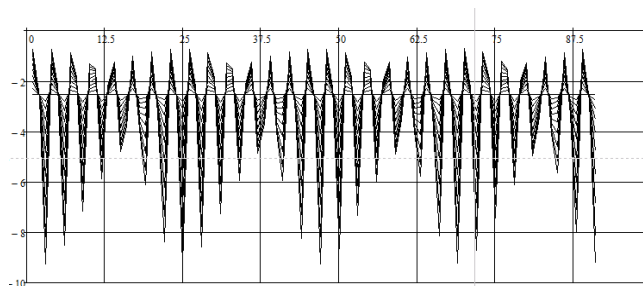
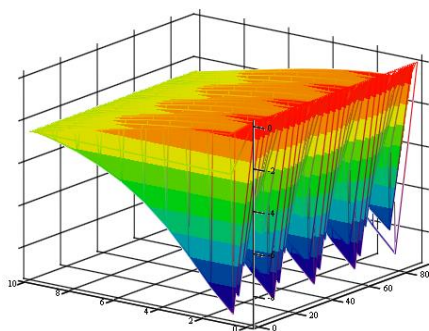


Рисунок 2. Залежність коефіцієнта миттєвого тертя λ гранули від коефіцієнта форми гранули $k=b/a$ та кута орієнтації гранули φ

Отримані графіки залежності коефіцієнта миттєвого тертя λ гранули від коефіцієнта форми гранули $k=b/a$ та кута орієнтації гранули φ , дають можливість визначити потрібні параметри гранули сипучого робочого середовища і кута її взаємодії з оброблюваною поверхнею, що визначається кінематикою вібраційної установки, яка встановлює вид циркуляції робочого середовища для певного технологічного процесу обробки деталей.

Аналізуючи отримані графіки можна констатувати факт, що при меншому значенні коефіцієнта k (витягнута, еліптична форма гранули) перепад (зміна) значень λ від величини φ є значною, з синусоїдальною періодичністю, приблизно рівною 22° (3° , 25° , 47° ...), що відповідає переходу від режиму різання до режиму шліфування абразивної гранули і оброблюваної поверхні. При збільшенні коефіцієнта k (округлюється форма гранули) зміна значень коефіцієнта λ від величини φ незначна і відповідає в більшості режиму різання або проникнення абразивної гранули в оброблювану поверхню.

Наведені висновки аналізу графіків дають можливість стверджувати, що для певної форми (коефіцієнта k) гранули сипучого абразивного робочого середовища, змінюючи значення кута її орієнтації φ , можна визначити чи задати потрібну величину сили різання P_n і сили зминання P_τ , або їх певне співвідношення, яке б відповідало потрібному технологічному процесу вібраційного оброблення деталей.

Література

1. Кондратюк О.М. Аналіз циркуляції робочого середовища при вібраційно-відцентровій обробці деталей / О.М. Кондратюк, І.В.Ромейко // Вісник НУВГП. Випуск 2(3) – Рівне: 2006. – С. 253-271.
2. Кондратюк О.М. Теоретична модель процесу вібраційно-відцентрової обробки./ О.М. Кондратюк// Вісник НУВГП. Зб. наук. пр. - Випуск 2(38) – Рівне: 2007. – С. 286-293.

УДК 656.025

Б. Г. Грещук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ПРИВАБЛИВОСТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

B. G. Greshchuk

INCREASING THE ATTRACTIVENESS OF URBAN PASSENGER TRANSPORT

У сучасних умовах розвитку міських агломерацій питання підвищення привабливості міського пасажирського транспорту набуває стратегічного значення,

оскільки забезпечення сталості транспортної системи безпосередньо пов'язане з якістю мобільності мешканців, екологічною безпекою та ефективністю використання міської інфраструктури. Урбанізаційні тенденції формують зростання транспортного попиту, що, у свою чергу, вимагає адаптації системи міських перевезень до нових викликів, серед яких ключовими залишаються зниження рівня заторів, оптимізація маршрутної мережі, технологічне оновлення рухомого складу та забезпечення високого рівня комфорту й безпеки пасажирів.

У науковій літературі все частіше підкреслюється, що привабливість громадського транспорту є багатофакторним поняттям, яке інтегрує організаційні, технічні, соціальні та економічні параметри. Практика європейських міст демонструє, що найбільш ефективними заходами є поєднання технологічної модернізації з удосконаленням управлінських підходів. Це включає застосування інтелектуальних транспортних систем, впровадження пріоритету руху громадського транспорту, розвиток інклюзивної інфраструктури, підвищення енергоефективності рухомого складу та цифровізацію процесів обслуговування пасажирів. Формування позитивного користувацького досвіду стає ключовим фактором, що визначає рівень переходу населення від приватного транспорту до громадського.

Одним із ключових напрямків підвищення привабливості є оптимізація маршрутної мережі з урахуванням реального розподілу транспортного попиту. Використання інструментів моделювання, зокрема імітаційних моделей транспортних потоків, дозволяє оцінювати ефект від зміни схем руху, впровадження виділених смуг та формування інтегрованих транспортних коридорів. У містах із високим навантаженням на дорожню мережу такі заходи демонструють скорочення середнього часу поїздки на 15–30 % та зниження нерівномірності пасажиропотоку на магістральних маршрутах. Таким чином підвищуються стабільність роботи маршрутів і передбачуваність поїздок, що є одним із основних критеріїв вибору пасажиром виду транспорту.

Не менш важливим є покращення технічного стану рухомого складу, який повинен відповідати сучасним вимогам щодо екологічності, енергоефективності та комфорту. Упровадження електробусів, низькопідлогових автобусів, кліматизаційних систем, відеонагляду та інформаційних екранів створює принципово новий стандарт користування транспортом. Результати досліджень свідчать, що модернізація рухомого складу здатна підвищити рівень пасажирської довіри до міського транспорту на 20–40 %, а також збільшити обсяг користування ним серед молоді та людей з обмеженою мобільністю.

Значну увагу необхідно приділити цифровим сервісам, що формують інтелектуальний підхід до управління міською мобільністю. Використання мобільних застосунків для відстеження транспорту в режимі реального часу, електронної оплати та планування маршрутів забезпечує зменшення суб'єктивної невизначеності для пасажирів. Інформаційна відкритість транспортної системи підвищує її конкурентоспроможність порівняно з альтернативними видами пересування, адже мінімізує втрати часу та покращує загальне сприйняття сервісу.

Окремим елементом привабливості є безпека та інклюзивність системи громадського транспорту. Доступність зупинкових пунктів, адаптованих до потреб людей з інвалідністю, наявність тактильних доріжок, озвучування зупинок та спеціальних посадкових майданчиків безпосередньо впливає на рівень користування транспортом усіма соціальними групами населення. Безпекові аспекти, включаючи технічний стан автотранспорту, систему GPS-моніторингу, контроль дисципліни водіїв та наявність аварійно-рятувального обладнання, формують довіру пасажирів і визначають якість надання транспортних послуг у цілому.

Організація ефективної системи управління міським транспортом передбачає координацію між муніципалітетом, перевізниками та користувачами транспортних послуг. Впровадження регулярних опитувань пасажирів, аналізу їхнього зворотного зв'язку, моніторинг пасажиропотоку та моделювання сценаріїв розвитку дозволяють робити

обґрунтовані управлінські рішення. Формування стратегії сталого транспортного розвитку міста має ґрунтуватися на збалансуванні інтересів усіх учасників транспортного процесу та забезпеченні довгострокового впливу на транспортну систему.

Таким чином, підвищення привабливості міського пасажирського транспорту є комплексним багатовимірним процесом, що охоплює модернізацію інфраструктури, впровадження інтелектуальних технологій, покращення транспортної логістики, розширення інклюзивних можливостей та формування якісного користувацького досвіду. Поєднання цих факторів забезпечує перехід до сталого розвитку міської мобільності та сприяє зменшенню транспортних навантажень, підвищенню екологічної ефективності та покращенню загальної якості життя населення.

Література

1. В.О. Дзюра, М.В. Бабій, А.П. Сташків. Шляхи оптимізації кількості індивідуального транспорту в обмежених можливостях вулично-дорожньої мережі, ВМТ, вип. 19, вип. 1, с. 46–54, Лип 2024.
2. В.О. Дзюра, В.О. Семененко Розрахунок відносної площі регулярних мікрорельєфів. Вісник Хмельницького національного університету, No4,2024(339) с. 222-229. DOI 10.31891/2307-5732-2024-339-4-35
3. Dzyura, V. and Bytsa, R. 2024. Analysis of the directions of improving regular micro reliefs. Problems of Tribology. 29, 3/113 (Sep. 2024), 6–14. DOI:<https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-113-3-6-14>
4. Дзюра В.О., Дживак Т.Р., Федів В.Я., Чвартацький І.І. Трансформація відхилень від круглості внутрішньої циліндричної поверхні гідроциліндра при його виготовленні Вісник Центральноукраїнського у-ту Вип. 9(40) ч.ІІІ – с. 20-29
5. Особливості регулювання руху транспортних засобів на специфічних ділянках вулично-дорожньої мережі міст з інтенсивним транспортним потоком / В. О. Дзюра, Ю. Я. Вовк, М. В. Бабій [та ін.] / Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. Вип. 10(41). - Ч. 1. - С. 300-305.

УДК 629.3

Я.М. Гудз; Н.С. Кубішин; А.А. Кадлубенко; В.О. Тесля, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Ya.M. Hudz; N.S. Kubishyn; A.A. Kadlubenko, V.O. Teslia PhD

ENSURING THE RELIABILITY OF VEHICLE RUNNING GEAR

Надійність та безпека експлуатації транспортних засобів критично залежать від стану їхньої ходової частини та трансмісії. Ці системи, що постійно піддаються високим динамічним навантаженням, зношуються найшвидше, особливо в умовах інтенсивної експлуатації та бездоріжжя. Продовження терміну служби основних вузлів шляхом якісного ремонту та ефективного відновлення є економічно доцільною та ресурсощадною альтернативою їхній повній заміні. Особливої уваги потребують компоненти, призначені для роботи у важких умовах, зокрема шини All Terrain, які забезпечують прохідність, та ресори, що відповідають за підвіску та амортизацію.

Метою роботи є комплексний аналіз сучасних методів діагностики, ремонту та відновлення ключових елементів трансмісії, ресор та шин АТ, а також обґрунтування технологічних рішень, спрямованих на відновлення їхніх первісних експлуатаційних характеристик і підвищення загального ресурсу ТЗ.

Експлуатація ТЗ призводить до неминучого зношування, втоми металу та погіршення стану матеріалів, що вимагає розробки ефективних рішень для їх відновлення. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі питання, як визначення основних механізмів зношування та типових дефектів в механічних та автоматичних трансмісіях (зокрема, шестерень та синхронізаторів) та визначення оптимальних методів їхнього ремонту. Визначити причини втоми та руйнування ресор та дослідити технології відновлення їхньої пружності та несучої здатності. Оцінити зношування шин All Terrain (AT) у важких умовах та вивчити методи їхнього поглибленого відновлення. Розробити алгоритм комплексного технічного обслуговування, що поєднує відновлення даних систем, для забезпечення збалансованої та надійної роботи всього автомобіля.

Трансмісія, як сукупність механізмів для передачі крутного моменту, піддається високим контактним та циклічним навантаженням. Механічна коробка передач типовими дефектами якої є зношування зубів шестерень, зламування синхронізаторів та підшипників. Ремонт полягає у заміні зношених елементів та використанні методів зміцнення поверхонь для підвищення твердості та стійкості до зносу тих деталей, що відновлюються. Важливим етапом є регулювання попереднього натягу підшипників після збирання. Автоматична трансмісія ремонт якої є складнішим і часто включає заміну фрикційних дисків та гідротрансформатора. Відновлення гідроблоку вимагає високої точності та часто проводиться методом свердління з подальшим встановленням ремонтних клапанів-втулок.

Відновлення експлуатаційних характеристик ресор так, як ресори є основним елементом підвіски, що сприймає ударні навантаження та забезпечує комфорт та керованість. Листові ресори основною проблемою яких є втрата пружності та зламування листів через втому металу. Відновлення включає розбирання пакета та дефектацію. Термічну обробку для відновлення або покращення міцності. Рихтування листів для відновлення їхнього початкового прогину. Змащування та збирання пакета з новими міжлистовим простором для зниження тертя. В пружних ресорах зменшення кліренсу свідчить про просідання. Хоча термічне відновлення можливе, частіше застосовується заміна пружин парами для гарантії відновлення паспортної жорсткості.

Ремонт та відновлення шин All Terrain експлуатуються в умовах підвищеного ризику механічних пошкоджень та нерівномірного зносу.

Ремонт пошкоджень, а саме бічні порізи, що перевищують допустимі норми, вимагають застосування технології гарячої вулканізації з встановленням кордового пластиру для відновлення цілісності силового каркаса шини. Відновлення протектора це найбільш економічно виправданий метод для вантажних та спеціалізованих AT-шин. Процес включає огляд та підготовку каркаса, нанесення нового шару гуми протектора методом холодного або гарячого наварювання. Холодне наварювання є більш енергоефективним. Вулканізація та нанесення рисунка протектора, що відповідає характеристикам AT-шини. Балансування після ремонту або відновлення протектора, обов'язковим є динамічне балансування для запобігання вібраціям та передчасному зносу елементів підвіски.

Висновки. Проведений огляд підтверджує можливість та економічну доцільність комплексного відновлення критично важливих систем ТЗ, що працюють у складних умовах.

Основними результатами є відновлення зношених елементів трансмісії із застосуванням сучасних методів зміцнення (термообробка, хімічне зміцнення) суттєво продовжує їхній ресурс. Обґрунтовано технологію відновлення листових ресор шляхом термічної обробки та перегинання, що є ключем до збереження паспортних характеристик підвіски. Доведено, що поглиблене відновлення протектора шин AT є ефективним заходом для зниження експлуатаційних витрат та раціонального використання матеріальних ресурсів.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку неруйнівних методів контролю втоми металу в ресорах і деталях трансмісії, а також на оптимізацію складу гумових сумішей для наварювання протектора АТ-шин з метою підвищення їхньої зносостійкості на складних ґрунтах.

Література

1. Тесля В.О., Сіправська М.Д., Марценюк Г.Є. Методи дослідження пружних властивостей шин в умовах їх експлуатації. *Енергоефективність, екологічність та безпечність автомобіля: збірник тез доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Львів. ЛДУ БЖД. 28 листопада 2024. 66-68 с.
2. Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гупка А.Б., Тесля В.О. Масштабний фактор при діагностуванні трибологічної надійності транспортних засобів. *Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 23-25 жовтня 2023 року. Вінниця: ВНТУ, 2023. – 396 с. ISBN 978-966-641-950-0
3. Тесля В.О., Сіправська М.Д. Оптимізація руху автомобіля при врахуванні дорожніх умов та технічного стану автомобіля. *Матеріали XVI-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 23-25 жовтня 2023. – ВНТУ Вінниця. – 2023. – С. 347-348. ISBN 978-966-641- 950-0
4. Teslia V. (2010) Osoblyvosti znoshuvannia shyiok kolinchastykh valiv v protsesi ekspluatatsii. Materials of III Ukrainian Student Science Conference "Natural and Human Sciences. Actual issues" (Tern., 22-23 April 2010), Volume 1, pp. 257.

УДК 621.867

О.Р. Дмитрів к.т.н., доц.; П.О. Леськів; Р.І. Охнівський; А.О.Скоропляс;
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКИХ ВАНТАЖІВ ТИХОХІДНИМИ ГВИНТОВИМИ КОНВЕЄРАМИ

О. Dmytriv, Ph.D., Assoc.Prof; P. Les'kiv; R. Okhnivskyi; A. Skoroplyas;
**MODEL OF TRANSPORTATION OF BULK CARGO OW-SPEED
SCREW CONVEYORS**

Одним із дієвих засобів підвищення ефективності роботи гвинтових конвеєрів є використання швидкохідних двовальних гвинтових конвеєрів, в яких в одному профільному корпусі встановлено два гвинтових робочих органи із паралельно розміщеними осями, що обертаються в протилежних напрямках із протилежними напрямками навивки гвинтових стрічок. Переміщення насипного вантажу у двовальних шнеках проходить з утворенням плинного шару у вигляді тіла волочіння, що відповідає тихохідному режиму транспортування. Такий режим транспортування дозволяє суттєво збільшити швидкості обертання гвинтових робочих органів при прямоточному переміщенні вантажу. Розрахунок тихохідних гвинтових конвеєрів у відомих джерелах [1] ґрунтується на моделі матеріальної частинки, яка передбачає приведення всіх параметрів тіла волочіння до центру ваги вантажу, що для двовальних конвеєрів неприйнятно, оскільки умови захоплення в нижній та верхній частинах потоку різні.

Метою дослідження є розробка моделі транспортування тихохідними конвеєрами насипного вантажу, як сукупності взаємозв'язаних частинок, розміщених по дузі їх контакту із робочими поверхнями кожуха та гвинта. Така модель стане основою для розробки моделі транспортування вантажу двовальним конвеєрами.

Розглянемо горизонтальний тихохідний гвинтовий конвеєр діаметром кожуха $D = 2R$, в якому розміщено гвинтовий робочий орган із, відповідно, зовнішнім R та внутрішнім r радіусами та кроком T , який обертається з кутовою швидкістю ω . Виберемо циліндричну систему координат $Or\varphi z$, в якій вісь Oz конвеєра спрямована по осі конвеєра, вісь Or розміщена в нормальній площині конвеєра і при $\varphi = 0$ спрямована вниз.

Приймемо, що рух вантажу при тихохідному транспортуванні здійснюється тільки паралельно осі Oz , тобто кутові параметри частинок будуть незмінними в часі, $\varphi = \theta = \text{const}$. Для моделі однієї матеріальної частинки її кутовий параметр θ буде, [1]:

$$\theta = \text{arctg}[\mu_2 \text{tg}(\alpha + \varphi_{\mu 1})], \quad (1)$$

де μ_2 - коефіцієнт тертя частинки до поверхні кожуха; $\varphi_{\mu 1}$ - кут тертя частинки по поверхні спіралі $\varphi_{\mu 1} = \text{arctg}\mu_1$.

З метою уточнення даної моделі, розглянемо модель транспортування тихохідним конвеєром двох частинок, масою $m_i = m$ кожна, які відстоять від їх спільного центру з кутовим параметром θ_C на однакові кутові віддалі Δ , $\theta_{1,2} = \theta_C \pm \Delta$. Для двох взаємозв'язаних частинок, сила взаємодії яких P_{12} , складемо 6 рівнянь рівноваги в проекціях на осі системи

$$\begin{aligned} -N_{ki} \cos \Delta + m_i g \cos(\theta_C \pm \Delta) \pm P_{\rho i} &= 0; \\ (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \cdot N_{ci} \pm P_{\varphi i} - mg \sin(\theta_C \pm \Delta) &= 0; \\ (\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha) \cdot N_{ci} - \mu_2 N_{ki} \pm P_{zi} &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

де N_{ci} та N_{ki} - відповідно сили реакції поверхонь спіралі та кожуха відповідно для кожної із точок $i = 1, 2$; $P_{\rho i}$, $P_{\varphi i}$ та P_{zi} - відповідно, проекції сили взаємодії між частинками $P_{12} = |P_1| = |P_2|$ на осі системи координат $Or\varphi z$.

Щоб позбутись складових сили взаємодії P_{12} , просумуємо рівняння для кожної із двох частинок на відповідних проекціях.

$$\begin{aligned} -(N_{21} + N_{22}) + 2mg \cos \theta_C &= 0; \\ (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \cdot (N_{11} + N_{12}) - 2mg \sin \theta_C \cos \Delta &= 0; \\ (\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha) \cdot (N_{11} + N_{12}) - \mu_2 (N_{21} + N_{22}) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Розв'язок системи відносно θ_C дає залежність

$$\theta_C = \text{arctg} \left(\frac{\mu_2 \text{tg}(\alpha + \varphi_{\mu 1})}{\cos \Delta} \right). \quad (4)$$

При кратному збільшенні в моделі кількості частинок однакової маси, які віддалені одна від одної на однакову віддаль, результат буде аналогічний (4). В цьому випадку кратно буде збільшуватись приведений дуговий інтервал Δ_Σ моделі.

Отже, для моделі взаємозв'язаних двох матеріальних частинок, порівняно із моделлю однієї частинки (1) кут розміщення центру ваги системи буде більший, що важливо при розрахунку коефіцієнта заповнення гвинтового конвеєра.

Залежності для визначення сумарних реакцій поверхонь кожуха $N_{2\Sigma}$ та гвинтової стрічки $N_{1\Sigma}$ на систему для моделі при $m_1 = m_2 = m$ та $\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta$ будуть такими же, як і для до моделі однієї матеріальної частинки:

$$N_{2\Sigma} = N_{21} + N_{22} = 2mg \cos \theta_C, \quad (5)$$

$$N_{1\Sigma} = N_{11} + N_{12} = \frac{2\mu_2 mg \cos \theta_C}{\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha}. \quad (6)$$

В загальному випадку, модель несиметричного тіла волочіння при тиххідному транспортуванні буде відрізнятись від моделі сукупності однакових частинок. Для цього випадку проаналізовано модель із частинкам різної ваги. Встановлено, що тоді, для визначенні кутового параметру розміщення центра ваги тіла волочіння, можна рекомендувати залежність, аналогічну (4)

$$\theta = \arctg[k_m \mu_2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\mu 1})], \quad (7)$$

де k_m - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу мас по дузі захоплення вантажу гвинтовою стрічкою, $k_m > \sec(\Delta_m)$. Тут Δ_m - кутовий параметр розхилу тіла волочіння, приблизно рівний половині його дуги охоплення.

Для випадку похилого гвинтового конвеєра, кутовий параметр розміщення центру ваги тіла волочіння визначається розв'язком системи, аналогічній (2) числовими методами. На основі вказаної моделі розроблена принципова модель транспортування вантажу у двовальному конвеєрі, в якій два тіла волочіння в двох руслах кожуха несуть зовнішнє навантаження у вигляді плинного потоку.

Література .

1. Механізми з гвинтовими пристроями / Б.М. Гевко, М.Г. Данильченко, Р.М. Рогатинський та ін. Львів: Світ, 1993. 208 с.
2. Research of horizontal screw conveyors-mixers with rotating casing / Ivan Gevko, Andrii Diachun, Olena Dmytriv, Sergii Koval, Pavlo Leskiv, Roman Okhnivskiy // *Scientific Journal of TNTU*. — Tern. : TNTU, 2024. — Vol 115. — No 3. — P. 130–141. УДК663.17

А.І. Днесь¹, Ю.І. Пипко¹, Т.В. Герман²

¹Тернопільський НДЕКЦ МВС

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ КОЧЕННЯ КЕРОВАНИХ КОЛІС ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ КУТІВ РОЗВАЛУ ТА СХОДЖЕННЯ

A.I. Dnes, Y.I. Pypko, T.V. Herman

STUDY OF ROLLING RESISTANCE OF VEHICLE STEERING WHEELS UNDER CAMBER AND TOE ANGLES

Встановлення керованих коліс автомобіля під певними кутами розвалу та сходження є важливою складовою забезпечення безпеки, паливної економічності й надійності транспортного засобу. Неправильні кути установки коліс призводять до підвищення опору коченню, нерівномірного зносу шин, погіршення курсової стійкості та зростання витрати палива. Тому дослідження впливу цих кутів на величину опору руху має як теоретичне, так і практичне значення.

Попередні наукові роботи здебільшого обмежувалися експериментальним вивченням конкретних типорозмірів шин, що ускладнювало узагальнення результатів та застосування їх для сучасних автомобільних конструкцій. Водночас розвиток підвісок і зростання вимог до енергоефективності автомобілів вимагають формування теоретично обґрунтованих моделей, здатних пояснити взаємозв'язок між кутами положення коліс та опором руху.

Розвал коліс історично застосовувався для підвищення стабільності руху й зменшення поперечних навантажень у вузлах кріплення. Для жорстких коліс з металевими шинами вплив розвалу на опір руху був практично відсутній. Однак перехід до пневматичних шин, що деформуються під навантаженням по площині контакту, привів до

появи додаткових енергетичних втрат, зумовлених гістерезисними деформаціями. Це спричинило зростання опору коченню та необхідність точного визначення впливу кута розвалу на енергетичні втрати.

Теоретичний аналіз котіння жорсткого колеса з розвалом показує, що при малих кутах (до кількох градусів) точка контакту рухається по колу малого радіуса, а осьове зміщення настільки мале, що не створює додаткового опору. Таким чином, опір руху при котінні жорсткого колеса з розвалом визначається фактично лише традиційним опором коченню. Для пневматичних шин сила опору зростає через деформації бокових зон протектора, що враховується додатковою поправкою до коефіцієнта опору коченню.

Сходження коліс має значно більший вплив на опір руху. На відміну від розвалу, кут сходження змінює напрямок вектора переміщення точки контакту колеса, викликаючи бічне ковзання та додаткові втрати енергії. Теоретична модель руху колеса з кутом сходження показує, що сила опору в цьому випадку прямо залежить від коефіцієнта бічного опору шини та кута уводу. Навіть невеликі відхилення кута сходження викликають істотне зростання опору руху, що підтверджується як теоретично, так і експериментально.

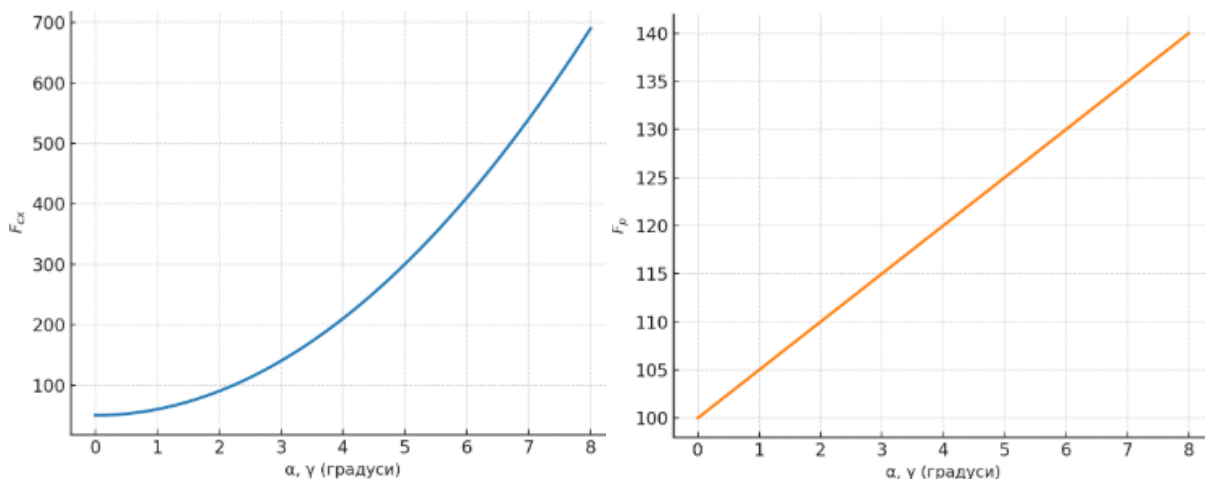
Аналіз кривих залежностей підтверджує:

- розвал впливає слабо і майже лінійно, причому лише через деформацію шини;
- сходження впливає потужно, створюючи значне зростання опору руху навіть при малих значеннях;
- компенсація схемою «розвал + сходження» неможлива, оскільки обидві величини збільшують опір, але за різними фізичними механізмами.

У цьому контексті важливе значення має правильне встановлення й збереження стабільності кутів у процесі експлуатації. Навіть незначне порушення сходження спричиняє перевитрати пального, швидкий знос шин та погіршення керованості автомобіля. На відміну від цього невеликий розвал допустимий і навіть корисний для покращення курсової стійкості, особливо в умовах високих швидкостей.

Також аналіз залежностей показує, що криві опору руху від сходження зростають значно інтенсивніше, ніж від розвалу. Для еластичних шин вплив розвалу проявляється лише при невеликих кутах і пов'язаний з додатковими гістерезисними втратами. Натомість сходження створює значні поперечні сили ковзання, що збільшує опір коченню та зумовлює швидкий знос шин. Як наслідок, компенсація негативного впливу розвалу за рахунок сходження є неможливою, а використання обох параметрів повинно здійснюватися з точним інженерним обґрунтуванням.

Правильний вибір кута розвалу та точне регулювання сходження є принципово важливими для забезпечення безпечної та економічної експлуатації транспортного засобу. Мінімальне допустиме значення сходження забезпечує зниження енергетичних втрат і рівномірність зносу шин. Невеликий розвал допускається й навіть сприяє підвищенню стійкості автомобіля на високих швидкостях, не створюючи суттєвого збільшення опору коченню.



а) – F_{cx} від α

б) – F_p від α

Рисунок 1. Залежності опору руху від розвалу та сходження
($G = 3625$ кг, $f = 0,017$, $k = 540$ кг, $k_{\text{поп}} = 0,001$)

Таким чином, проведений аналіз дозволяє сформулювати ключові закономірності впливу розвалу та сходження на опір коченню керованих коліс. Сходження значно більше збільшує опір руху, тоді як розвал впливає слабо й переважно через деформаційні властивості шини. Отримані висновки можуть бути використані для оптимізації геометрії підвіски, підвищення паливної економічності автомобілів та покращення їхньої керованості й стабільності під час руху.

Література

1. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Теорія експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. Суми: СНАУ, 2015. 213 с.
2. Сахно В. П., Григорашенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К.: Національний транспортний університет, 2013. 200 с.
3. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. – John Wiley & Sons, 2008. 592 p.
4. Pacejka H. Tire and Vehicle Dynamics. Elsevier, 2012. 672 p.

УДК 656.025

М.П. Драпалюк, Д.О. Сторощук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЕРЕВИНИ ІЗ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

M.P. Drapalyuk, D.O. Storoshchuk

DESIGN OF TECHNOLOGY FOR INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION OF TIMBER FROM WESTERN UKRAINE

Проектування технології міжнародних автомобільних перевезень деревини із Західної України до Австрії є актуальним напрямом досліджень у контексті зростання експорту лісоматеріалів, підвищених вимог до екологічної та транспортної безпеки, а також необхідності оптимізації логістичних витрат у транскордонних перевезеннях. Лісопромисловий комплекс Карпатського регіону формує значну частину сировинного експорту України, однак ефективність транспортування деревини стримується нерівномірністю дорожньої інфраструктури, складними рельєфними умовами, ваговими

обмеженнями, нестабільними митними процедурами та зростанням операційних витрат перевізників.

У межах дослідження сформовано концепцію логістичної системи експорту деревини, що ґрунтується на інтеграції транспортних операцій, інформаційних потоків і нормативних вимог. Встановлено, що ключовим чинником ефективності є узгодженість елементів логістичної мережі: місць заготівлі, лісовозних шляхів, пунктів навантаження, трасування міжнародних маршрутів, пропускної здатності прикордонних переходів і технічних параметрів транспортних засобів. Показано, що оптимізація маршруту з урахуванням вагових норм ЄС, характеристик автопоїздів та часу простою на кордоні здатна знизити логістичні витрати підприємств на 10–18 % залежно від умов.

Для формалізації транспортного процесу використано теоретико-множинний апарат, який дозволив описати логістичну систему як структуру взаємодіючих множин: транспортних засобів, вантажних потоків, маршрутів, часових параметрів, нормативних обмежень та економічних критеріїв. На цій основі побудовано модель вибору оптимального маршруту міжнародного перевезення, що враховує пропускну здатність окремих ділянок, сезонні обмеження, географічні умови Карпатського регіону та вимоги країн транзиту.

Розроблені математичні залежності дозволяють визначати раціональні параметри транспортної операції: оптимальну масу завантаження з урахуванням вагових обмежень на території Австрії, час проходження маршруту з урахуванням гірських ділянок, витрати пального з урахуванням профілю дороги та середньої швидкості руху. Окремо визначено вплив простоїв у пунктах пропуску на загальну тривалість циклу міжнародного перевезення та показано можливість компенсувати часові втрати шляхом зміни конфігурації маршрутів та чергування прикордонних переходів.

У дослідженні також обґрунтовано необхідність підвищення рівня безпеки транспортних операцій. Запропоновано підхід до оцінювання ризиків при транспортуванні деревини автомобільним транспортом на основі аналізу небезпечних факторів лісозаготівлі, рельєфних умов Карпатського регіону та специфіки навантажувальних робіт. Формалізовано алгоритм мінімізації ризиків, що включає технічний контроль транспортних засобів, правильне кріплення деревини відповідно до європейських стандартів, застосування цифрових систем моніторингу та регламентацію дій персоналу при виникненні надзвичайних ситуацій.

У результаті дослідження діяльності підприємства (аналогічного лісотransпортним операторам на території Західної України у Львівській або Закарпатській областях) було зібрано такі кількісні дані щодо організації міжнародних автомобільних перевезень деревини до країн близького зарубіжжя (передусім Польщі та Словаччини):

- час, необхідний для перевезення деревини від перевантажувального термінала (умовно – логістичний хаб у м. Чоп або поблизу м. Львів) до пункту пропуску через державний кордон «Краковець–Корчова» та в зворотному напрямку;
- час транспортування від пункту пропуску «Краковець–Корчова» до підприємств-споживачів у Польщі, наприклад деревообробних заводів у Жешуві та Кросно, та у зворотному напрямку;
- тривалість технологічних операцій завантаження й розвантаження лісоматеріалів, а також часу на проходження митних процедур;
- кількість одиниць навантажувально-розвантажувальної техніки, що працює на терміналі;
- кількість транспортних засобів, задіяних у перевезенні деревини за кордон
- кількість працівників прикордонно-митних органів, що здійснюють контроль на КПП «Краковець–Корчова» (або «Ягодин–Дорохуск», «Ужгород–Вишне Немецьке» - залежно від напрямку);
- середній обсяг деревини, який перевозиться за один рейс лісовозного автопоїзда;
- річні та місячні обсяги експорту лісоматеріалів на кожне підприємство-споживач;

- кількість рейсів, необхідна для забезпечення місячного обсягу поставок за умови обмеження вантажопідйомності приблизно 27 м³ на автопоїзд;
- інтенсивність прибуття місцевих лісовозів, що доставляють деревину з лісосік на перевантажувальний термінал та формують черги поряд із транспортом, який здійснює експортні перевезення;
- періодичність прибуття вантажних транспортних засобів на пункт пропуску для виконання процедур митного контролю, включаючи транспорт, що не пов'язаний з вивезенням лісу, але впливає на довжину черги та час очікування;
- частота виникнення технічних несправностей лісовозів та необхідність проведення ремонтних і сервісних робіт, а також витрати часу на їх ліквідацію, що впливають на регулярність та ритмічність перевезень.

Нижче наведено частину отриманих числових показників; у зв'язку зі значним обсягом статистичної інформації подано лише фрагмент даних, що найбільш точно характеризують логістичний процес перевезення лісоматеріалів у регіонах Західної України та у напрямку країн Європейського Союзу.

Для того, щоб структура залишалася наративною, але водночас містила чіткі орієнтовні часові показники, нижче наведено узагальнену таблицю з типовими часовими витратами на переміщення лісовозів з основних українських лісозаготівельних регіонів до найбільш поширених пунктів переробки за кордоном. Наведені значення мають характер середніх робочих діапазонів та враховують стандартні умови руху, без надзвичайних ситуацій, закриттів кордонів або форс-мажорів.

УДК 629.02

Р.Р.Заверуха, доктор філософії, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, В.Р.Заверуха
(Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»)

СПОСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

R.R.Zaverukha, Dr.Ph, M.I.Kotyk, D.V.Chaplii, V.Y.Vorobets, V.R.Zaverukha
METHODS OF OPTIMIZING ELECTRIC VEHICLE POWER SYSTEM

З розвитком електротранспорту зростає потреба у підвищенні ефективності роботи систем живлення. Оскільки акумулятор є обмеженим джерелом енергії, надзвичайно важливо зменшити енергетичні втрати на кожному етапі передачі — від зберігання до споживання. Оптимізація системи живлення дозволяє збільшити запас ходу, зменшити навантаження на батарею, підвищити безпеку та продовжити термін служби електромобіля.

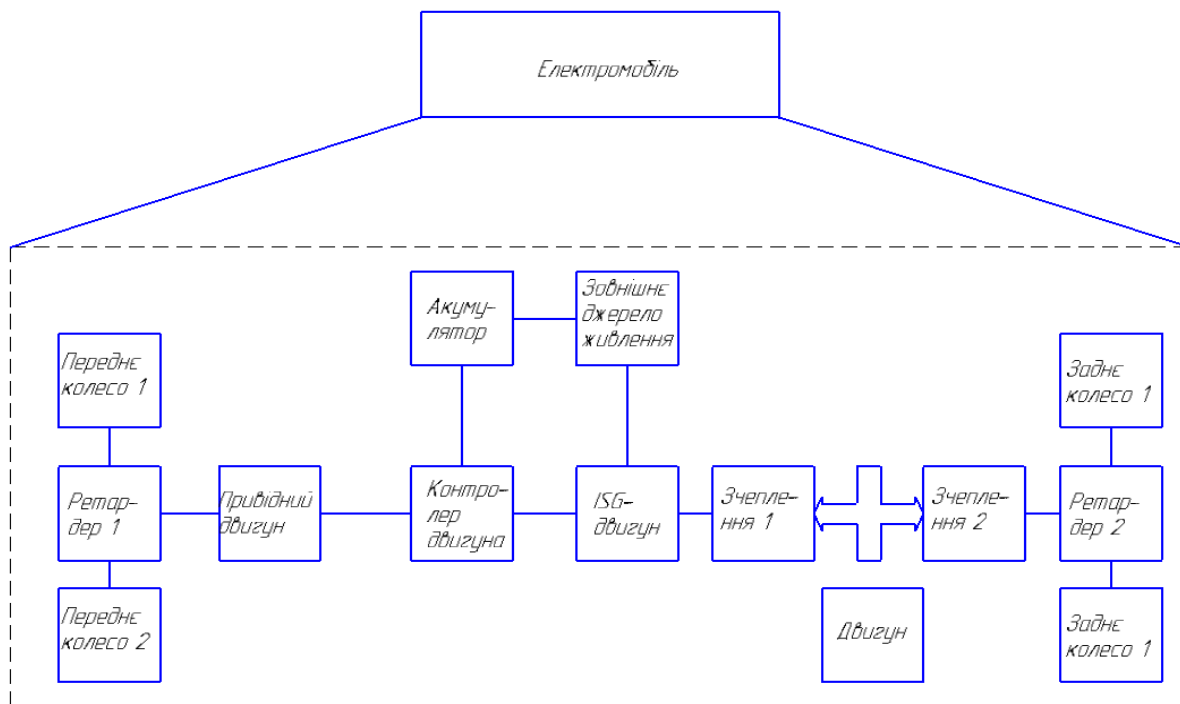


Рис. 1 – Принципова схема структури системи живлення електромобіля

На рисунку 1 представлено принципову схему структури системи живлення електромобіля. Дана схема ілюструє ключові компоненти системи живлення електромобіля, включаючи інтегрований двигун стартер-генератора (ISG), тяговий двигун, акумуляторну батарею, контролер двигуна, зовнішній роз'єм, пару шестерень з паралельним валом, перше зчеплення, друге зчеплення, перший ретардер, другий ретардер тощо. Кожна вісь електромобіля оснащена ретардером, а двигун з'єднаний з набором входних валів шестерень з паралельним валом. Друге зчеплення розташоване між двигуном і другим ретардером, а шестерня з паралельним валом з'єднана з двигуном. Ведена частина другого зчеплення з'єднана з другим ретардером для живлення заднього колеса. Між двигуном і двигуном ISG встановлено перше зчеплення. Шестерня з паралельним валом з'єднана з двигуном. Двигун ISG приєднаний до веденої частини першого зчеплення. Для роботи двигуна між двигуном ISG та контролером двигуна встановлено електричне з'єднання. Переднє колесо автомобіля приводиться в рух потужністю тягового двигуна, що передається через перший ретардер. Контролер двигуна електрично з'єднаний з акумуляторною батареєю для керування приводним двигуном. Переднє колесо транспортного засобу приводиться в рух потужністю приводного двигуна, яка передається через перший ретардер [1-4].

Основні напрямки оптимізації систем живлення [1-4]:

1. Покращення ефективності силових перетворювачів

Сучасні системи живлення електромобіля включають інвертори, DC-DC перетворювачі, зарядні пристрої. Оптимізація полягає у: використанні силових транзисторів на базі SiC або GaN, які мають нижчі втрати перемикання; впровадженні багаторівневих інверторів, що зменшують гармоніки та теплові втрати; удосконаленні алгоритмів керування ШІМ (широтно-імпульсною модуляцією).

2. Інтелектуальні системи керування батареєю (BMS)

Ефективна BMS — ключ до оптимального використання АКБ. Вона забезпечує: моніторинг напруги, струму, температури кожного елемента; балансування заряду комірок для запобігання деградації; прогнозування залишкового ресурсу батареї (SoH); інтеграцію з навігаційними та кліматичними системами для адаптації режимів роботи.

3. Енергозбереження через рекуперацію

Оптимізація роботи систем рекуперації гальмівної енергії дозволяє повертати до 20–30% енергії назад у батарею. Для цього удосконалюються: алгоритми розподілу

гальмівного моменту між електродвигуном і механічною системою; системи передбачення дорожніх умов (на основі GPS, даних з сенсорів).

4. Удосконалення архітектури системи живлення

Оптимізація можлива також шляхом: переходу до двоконтурних систем (розділення високовольтного та низьковольтного живлення); впровадження енергетичних буферів (суперконденсатори або додаткові батареї для пікових навантажень); інтеграції відновлюваних джерел — наприклад, сонячних панелей для живлення допоміжних систем.

5. Зменшення втрат у кабельній мережі та з'єднаннях

Оптимізація схеми підключення силових компонентів (зменшення довжини провідників, використання проводів з покращеною провідністю) дає змогу знизити втрати на 5–7%.

Оптимізація систем живлення є критичним напрямом у підвищенні ефективності електромобілів. Поєднання новітніх елементної бази, інтелектуального керування та сучасних схемних рішень дає змогу суттєво знизити енергетичні втрати, покращити динаміку руху та збільшити загальну надійність транспортного засобу. Подальші дослідження в цьому напрямі є ключем до ще більшого використання електромобілів.

Література

1. Shangyi Zhao, Ming Guo Electric vehicle power system in intelligent manufacturing based on soft computing optimization URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024149778> Дата звернення: 08.10.25
2. O.P. Adeleke, Y. Li, Q. Chen, *et al.* Torque distribution based on dynamic programming algorithm for four in-wheel motor drive electric vehicle considering energy efficiency optimization[J] World Electric Vehicle Journal, 13 (10) (2022), p. 181
3. P.G. Anselma, M. Del Prete, G. Belingardi Battery high temperature sensitive optimization-based calibration of energy and thermal management for a parallel-through-the-road plug-in hybrid electric vehicle[J] Appl. Sci., 11 (18) (2021), p. 8593
4. Y. Liu, J. Qiao, H. Xu, *et al.* Optimal vehicle size and driving condition for extended-range electric vehicles in China: a life cycle perspective[J] PLoS One, 15 (11) (2020)

УДК 629.02

Р.Р.Заверуха, доктор філософії, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, В.Р.Заверуха
(Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»)

СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ

R.R.Zaverukha, Dr.Ph, M.I.Kotyk, D.V.Chaplii, V.Y.Vorobets, V.R.Zaverukha
ENERGY CONSUMPTION BY VEHICLES

Транспортний сектор є одним з основних споживачів енергії у світі, формуючи значну частку глобального попиту на нафту та електроенергію. У зв'язку зі зміною клімату, зростанням цін на паливо та розвитком технологій електрифікації, питання оптимізації енергоспоживання набуває особливої актуальності. Раціональне використання енергії в транспорті дозволяє не лише зменшити викиди шкідливих речовин, а й знизити експлуатаційні витрати.

Основні фактори, що впливають на енергоспоживання транспорту [1]:

1. Тип силової установки. Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) мають ККД на рівні 25–35%, тоді як електродвигуни — понад 85%. Гібридні системи дозволяють поєднувати переваги обох типів для зменшення загального енергоспоживання.

2. Маса та аеродинаміка. Чим більша маса транспортного засобу, тим більше енергії потрібно на його пересування. Аеродинамічний опір також суттєво впливає, особливо на швидкостях понад 60 км/год.

3. Тип дорожнього покриття та профіль маршруту.

4. Стил ь водіння. Агресивне водіння, різке прискорення та гальмування можуть збільшити споживання енергії до 30% порівняно з економним стилем.

5. Температурні умови. Робота системи кондиціювання або обігріву, особливо в електромобілях, може суттєво знизити ефективність енергоспоживання.

Еко-водіння зосереджено на оптимізації продуктивності силового агрегату та поведінки водія для зменшення споживання енергії під час поїздки. Відповідно до характеристик різних силових агрегатів для автомобілів з двигуном внутрішнього згоряння (ICEV), електромобілів (EV) та гібридних автомобілів (HEV), а також їхньої енергії (паливо для ICEV та HEV, а також електроенергія для EV та HEV), для процесу оптимізації використовуються моделі споживання. Наприклад, для розробки контролера розподілу потужності в режимі реального часу в серійному гібридному автомобілі можна використовувати модель ADVISOR[2,5]. У моделі використовуються карта BSFC, карта ефективності генератора та моделі еквівалентних схем акумулятора завдяки їхній простоті та можливості швидкого моделювання, вона ілюструє ефективність перетворення палива двигуном на механічну енергію в заданому робочому діапазоні двигуна з точки зору його швидкості та крутного моменту, що дозволяє інженерам точно визначити бажану робочу область двигуна з найкращою ефективністю перетворення палива. Саеренс та ін. розробили оптимальну стратегію керування кутом дросельної заслінки на основі спрощеної моделі витрати палива, яка відображає зв'язок між витратою палива та кутом дросельної заслінки, що було визначено на універсальному динамометрі двигуна [2], і зменшило витрату палива до 30,8%. Моделі витрати палива двигуном мають різні застосування і не обмежуються лише вищенаведеними прикладами [1].

Враховуючи, що електродвигун має високе енергоспоживання під час запуску або значної зміни крутного моменту через швидкі зміни векторів потоку та струму двигуна, ПІ (пропорційно-інтегральні) контролери розроблені для використання змінних опорних значень швидкості двигуна та потоку замість постійного опорного значення [4]. Споживання енергії асинхронним двигуном розраховується за допомогою моделі "d-q", що базується на оцінці магнітного потоку та моделях механічного навантаження. Вибір цієї моделі зумовлений суворою вимогою високої точності моделі та перехідної реакції. Завдяки дослідженням змінним опорним значенням споживання енергії для роботи двигуна можна зменшити на 20–45%.

Оптимізація еко-маршрутизації зосереджена на пошуку оптимального маршруту з мінімальним споживанням енергії, враховуючи, що найшвидші або найкоротші маршрути можуть не бути тими, що мають найбільшу економію енергії [4]. Таким чином, оцінка споживання енергії необхідна під час пошуку еко-маршруту, а точність оцінки споживання енергії повинна бути високою, щоб підвищити точність результатів оптимізації. Ще однією проблемою пошуку еко-маршруту є те, що оптимальний маршрут може змінюватися через швидкозмінні дорожні умови, особливо під час інтенсивного руху на роботу та з роботи. Приклад стратегії економічного маршруту та швидкості наведено на рисунку 1, який поєднує оптимізацію маршруту та швидкості на основі моделі споживання енергії транспортним засобом [2], і цей метод може досягти економії енергії до 23,83% [3].

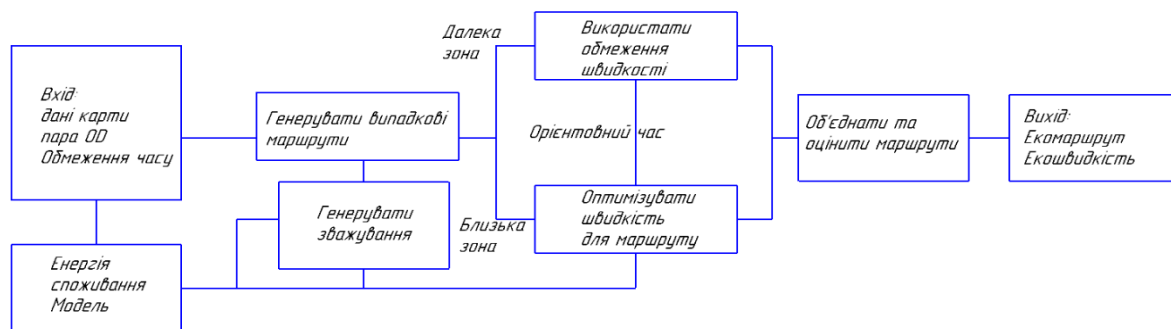


Рисунок 1. Приклад стратегії оптимізації еко-маршруту та швидкості

Споживання енергії транспортними засобами залежить від багатьох технічних і експлуатаційних чинників. Найбільш ефективним напрямком зниження енергоспоживання є комплексна оптимізація конструкції автомобіля, електрифікація та впровадження новітніх технологій керування. Надалі розвиток транспортної енергетики буде пов'язаний з переходом до відновлюваних джерел енергії, більш ефективних акумуляторів та автономних систем управління.

Література

1. Lingyun Hua, Jian Tang and Guoming Zhu A Survey of Vehicle System and Energy Models URL: <https://www.mdpi.com/2076-0825/14/1/10>. Дата звернення: 07.10.25.
2. Huo, D.; Meckl, P. Power management of a plug-in hybrid electric vehicle using neural networks with comparison to other approaches. *Energies* 2022, 15, 5735. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Hua, L.; Dourra, H.; Zhu, G.G. Route and Speed Co-optimization for Improving Energy Consumption of Connected Vehicles. *IEEE/ASME Trans. Mechatron.* 2024, 29, 2830–2838. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Р.Р.Заверуха Дослідження зміни робочих параметрів генератора автомобіля в навантажувальному та ненавантажувальному режимі Р.Р. Заверуха, М.І. Котик, Д.В. Чаплій, В.Р. Заверуха Матеріали VIII міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 2025, С.100-101

УДК 629.02

Р.Р.Заверуха, доктор філософії, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, В.В.Клюк
(Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»)

СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ АКУМУЛЯТОРОНОЇ БАТАРЕЇ (АКБ)

R.R.Zaverukha, Dr.Ph, M.I.Kotyk, D.V.Chaplii, V.Y.Vorobets, V.V.Kliuk
BATTERY POWER SYSTEM

У роботі розглянуто структуру та принципи функціонування системи живлення акумуляторної батареї у сучасних електротехнічних і транспортних засобах. Особливу увагу приділено взаємодії компонентів системи, зокрема зарядного пристрою, перетворювачів напруги, системи керування зарядом та розрядом, а також системи моніторингу стану батареї. Аналіз виконано з урахуванням сучасних тенденцій підвищення енергоефективності та безпеки експлуатації АКБ.

Акумуляторні батареї (АКБ) є основним джерелом живлення у багатьох видах сучасної техніки — від побутових приладів до електромобілів. Ефективне та безпечне

функціонування АКБ значною мірою залежить від правильно організованої системи живлення, яка забезпечує оптимальні умови заряду, розряду, збереження та контролю енергії. У контексті розвитку електротранспорту та автономних енергосистем питання вдосконалення систем живлення АКБ набуває особливої актуальності.

Система живлення акумуляторної батареї зазвичай включає такі основні елементи:

1. Джерело електроенергії — зовнішній зарядний пристрій або генератор (наприклад, у гібридних автомобілях — ДВЗ з генератором).

2. Зарядний модуль — електронний блок, що забезпечує керований процес заряджання, враховуючи напругу, струм та температуру АКБ.

3. DC-DC перетворювач — виконує функцію адаптації напруги до рівнів, необхідних для живлення окремих електричних систем.

4. Система керування батареєю (Battery Management System, BMS) — виконує моніторинг основних параметрів АКБ (напруга, температура, струм), а також забезпечує балансування елементів та захист від перевантажень. Модуль стосується комбінації елементів акумуляторної батареї, які можуть безпосередньо постачати електричну енергію через послідовне з'єднання та режим з'єднання із захисною платою та корпусом. Це одна з вторинних структур системи живлення акумуляторної батареї. Елемент, а саме силовий елемент, в основному містить оксид літію-кобальту, фосфат літію-заліза, оксид літію-марганцю, а також потрібні матеріали літію-нікелю-кобальту-марганцю залежно від матеріалу катода.

Система керування акумуляторами є основним елементом живлення. Вона може визначати стан усієї системи, виявляючи стан локального акумулятора. Вона також може контролювати та регулювати акумулятор, виявляючи стан системи, щоб реалізувати керування енергією кожного блоку в системі живлення акумуляторів та забезпечити безпеку та стабільність. Існує три основні функції акумулятора [1].

Система управління: виявлення, управління разом із захистом, включаючи збір даних, моніторинг стану, контроль балансу, управління температурою, захист безпеки, управління інформацією та інші функції. Вона повинна мати можливість моніторингу в режимі реального часу та регулювання стану керування акумулятором, працюючи синхронно з кількома паралельними підсистемами. У реальному режимі роботи прискорення та уповільнення завжди постійно чергуються, тому система повинна мати можливість приймати динамічний зворотний зв'язок та постійно регулювати свій режим моніторингу та управління [1].

Електрична система. Високовольтні та низьковольтні джгути проводів і реле складають загальну структуру електричної системи. Високовольтний кабель можна розглядати як основний механізм акумулятора, який постійно передає силу серця системи живлення акумулятора до різних необхідних добавок. Низьковольтний кабель може з'являтися як підсистема, яка передає індикатори виявлення та керує сигналами в режимі реального часу. Пристрій також може бути оснащений захистом від перевантаження, тобто для захисту електричної системи від перегріву через перевантаження. Захист від перевантаження має повний спектр функцій, надійну дію та надійний захист від перешкод. Він може стабільно працювати у відносно суворих умовах, тому широко використовується в різних електричних схемах електромобілів [1].

Система терморегуляції. Пристрій терморегуляції акумулятора використовується для забезпечення роботи акумуляторного пристрою в правильному температурному діапазоні. Він складається з корпусу акумулятора, термоперемикача, пристрою відстеження та інших добавок. Існує чотири основні типи систем терморегуляції: повітряне охолодження, водяне охолодження, рідинне охолодження, а також матеріали з фазовим переходом, що є чудовим способом поглинання тепла, що утворюється в результаті хімічної реакції в акумуляторі. Це одна з ключових технологій для забезпечення продуктивності, захисту та міцності акумулятора [1].

5. Система охолодження/нагріву — забезпечує температурну стабільність для продовження терміну служби батареї.

6. Споживачі енергії — електродвигуни, електронні пристрої, освітлення.

Основне завдання системи живлення полягає у забезпеченні:

- надійного заряду АКБ з урахуванням хімічних і температурних характеристик;
- стабільного живлення споживачів енергії у різних режимах роботи;
- захисту АКБ від перевантажень, глибокого розряду та перегріву;
- енергоефективності — мінімізація втрат енергії в системі.

У сучасних системах широко застосовується інтелектуальне керування енергетичними потоками — BMS аналізує дані з датчиків та оптимізує режими роботи АКБ у реальному часі.

У типових електромобілях (наприклад, Tesla Model 3) система живлення включає високовольтну літій-іонну батарею (до 400–800 В), інвертор, двонаправлений DC-DC перетворювач та систему рекуперації енергії. Усі ці елементи координуються BMS, що дозволяє не лише ефективно використовувати енергію, а й продовжити ресурс батареї.

Перспективними напрямками є використання твердотільних акумуляторів, бездротової зарядки, а також систем з рекуперацією тепла та інтелектуальним енергоменеджментом.

Система живлення акумуляторної батареї є ключовим елементом сучасних енергетичних і транспортних систем. Від її ефективності залежить не лише продуктивність техніки, а й безпека, ресурс та енергоефективність усього пристрою. Подальші дослідження у сфері керування, нових матеріалів та схемних рішень сприятимуть розвитку більш надійних та ефективних систем живлення.

Література

1. Xinyang Wei, Huajun Yu Comprehensive Analysis of Power Systems for Hybrid Electric Vehicles. Highlights in Science, Engineering and Technology, 2023, 43, p.512-520

УДК 629.02

Р.Р.Заверуха, доктор філософії, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, А.А.Осаулко
Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

МОДЕЛІ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ З ДВЗ, ГІБРИДНИХ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

R.R.Zaverukha, Dr.Ph, M.I.Kotyk, D.V.Chaplii, V.Y.Vorobets, A.A.Osaulko
**POWER UNIT MODELS FOR VEHICLES WITH INTERNAL ENGINES,
HYBRID AND ELECTRIC VEHICLES**

Силовий агрегат є ключовим елементом будь-якого транспортного засобу, визначаючи його динамічні характеристики, витрати енергії та рівень шкідливих викидів. У сучасному автотранспорті використовуються різні типи агрегатів: традиційні ДВЗ, гібридні системи, що поєднують ДВЗ з електродвигуном, та повністю електричні силові установки. Моделювання таких агрегатів дозволяє оцінити їхні характеристики, оптимізувати конструкцію та обрати найефективніший тип для конкретного застосування [1].

Традиційні силові агрегати з ДВЗ складаються з двигуна, трансмісії, системи охолодження, змащення, впуску та випуску. Моделювання таких систем передбачає: розрахунок термодинамічних процесів у циліндрах; моделювання механічних втрат; аналіз ККД на різних режимах роботи.

Двигун внутрішнього згоряння відіграє ключову роль у динаміці транспортного засобу, слугуючи серцем, яке перетворює викопне паливо на механічну енергію для руху транспортного засобу вперед і назад. Бензинові двигуни пропонують високі оберти на хвилину та плавну роботу, тоді як дизельні двигуни забезпечують високий крутний момент та паливну ефективність. Обидва можуть бути з турбонаддувом, що підвищує потужність за рахунок збільшення впускного отвору повітря для кращої суміші палива та повітря та оптимізованого контролю наддуву [2].

Існує кілька підходів до моделювання для моделювання та аналізу внутрішніх динамічних характеристик двигуна з різним рівнем складності. Для цілей керування на мікрорівні [6] ці моделі зосереджені на детальних процесах згоряння, які сприяють генерації крутного моменту. На противагу цьому, моделі макrorівня, такі як моделі на основі карт та на основі даних, використовуються для контролю викидів транспортних засобів та аналізу споживання енергії. Сильними сторонами ДВЗ є висока енергетична щільність пального, розвинена інфраструктура, проте існують значні втрати тепла (~65–70%) і шкідливі викиди.

Гібридні силові установки включають як ДВЗ, так і електродвигун, з можливістю працювати в різних режимах: послідовний гібрид (ДВЗ заряджає акумулятор, електродвигун приводить колеса); паралельний гібрид (обидва джерела енергії передають момент на трансмісію); комбінований (змішаний) [3].

Моделювання гібридної установки включає: моделі потоків енергії; алгоритми керування енергопередачею; оцінку ефективності рекуперації енергії.

Гібридні електромобілі (HEV) цінуються за покращену економію палива, нижчі викиди та кращу продуктивність порівняно з транспортними засобами з двигунами внутрішнього згоряння. Серед типів HEV, послідовний гібридний електромобіль (SHEV) особливо підходить для міських перевезень завдяки своїм високим перехідним характеристикам, низькій вартості та простій архітектурі. Економія палива та викиди в HEV значною мірою залежать від їхньої стратегії диспетчерського керування, яка динамічно розподіляє потужність між двигуном внутрішнього згоряння та акумулятором для задоволення потреб у потужності, мінімізуючи при цьому споживання палива та викиди. Такі системи дозволяють зменшити витрати пального до 30–40% у міському циклі, але мають складнішу конструкцію та вищу вартість [4].

Силовий агрегат електромобіля — це, як правило: тяговий електродвигун (АС або DC); інвертор; редуктор або планетарна передача; система управління (контролер); високовольтна батарея. Переваги: високий ККД (>85%); простота конструкції; низькі експлуатаційні витрати; відсутність локальних викидів.

При моделюванні враховуються: динаміка електроприводу; поведінка батареї (SOC, температура, деградація); вплив температурних режимів та навантаження на ресурс.

Системи силової установки електромобіля (EV), включаючи конфігурації з одним, двома/потрійними двигунами та двигунами в колесах, відрізняються архітектурою та кількістю двигунів. EV працюють виключно від електродвигуна(ів), відомого своєю високою ефективністю, нульовими викидами, миттєвим крутним моментом та можливостями рекуперативного гальмування. Типова силова установка для електромобіля з'єднує акумулятор (джерело живлення) з двигуном через інвертор(и), при цьому трансмісії мають менше передач, ніж у автомобілях з двигунами внутрішнього згоряння, завдяки ширшому діапазону швидкостей двигунів для електромобілів. Моделі електродвигунів поділяються на мікро- та макrorівні. Моделі мікрорівня, такі як аналітичні електромагнітні моделі та числові моделі, враховують перехідні характеристики двигуна. Для моделей макrorівня, моделі еквівалентних схем двигуна є простими та ефективними для застосувань керування, припускаючи ідеальні умови, з недостатньою точністю для нелінійної перехідної поведінки; аналітичні моделі належать до сімейства макромоделей та використовують диференціальні рівняння для опису

електричної та механічної динаміки, що робить їх придатними для аналізу в стаціонарному стані [4,5].

Силові агрегати різних типів мають свої переваги та обмеження. У найближчій перспективі гібридні моделі залишатимуться оптимальним рішенням для перехідного періоду між традиційними ДВЗ та повністю електричними приводами. У довгостроковій перспективі очікується переважання електроприводів, з огляду на їхню високу енергоефективність, простоту обслуговування та екологічність. Моделювання силових агрегатів дозволяє точніше оцінити їхні характеристики та знайти оптимальні рішення для різних категорій транспорту.

Література

1. Єпіфанов А. О., Білик С. В. Системи живлення автономних джерел енергії. Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2021. – 112 с.
2. Chen M., Rincon-Mora G. A. Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and I-V performance. // IEEE Transactions on Energy Conversion. 2006. Vol. 21, № 2. С. 504–511.
3. Дяченко В. П. Системи живлення електричних транспортних засобів. – Харків: НТУ "ХПІ", 2020. – 158 с.
4. Zhang C., Jiang J., Zhang W., Zhang X. A novel battery state of charge estimation method using model and adaptive unscented Kalman filter // Journal of Power Sources. – 2017. – Vol. 263. – P. 636–647.
5. ЧАПЛІЙ, Д., & БАБЮК, С. (2024). Використання гібридного гістерезисного контролю для покращення характеристик LLC перетворювачів. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 337(3(2), 119-125. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-17>

УДК 656.025

М.В. Зелінський, А.М. Матвійчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ У МІСТАХ

M.V. Zelinsky, A.M. Matviychuk

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM FOR TRANSPORT FLOW MANAGEMENT IN CITIES

Сучасні міські транспортні мережі характеризуються високим рівнем завантаженості, нерівномірністю розподілу потоків та обмеженими можливостями швидкого реагування на ДТП, ремонтні роботи чи пікові навантаження. Зростання інтенсивності руху у великих містах України, насамперед у Києві, Львові, Дніпрі та Одесі, супроводжується значним збільшенням затримок транспортних засобів, що спричиняє економічні втрати, погіршення екологічної ситуації та зниження якості життя населення. У такій ситуації виникає потреба в ефективних рішеннях для організації дорожнього руху, здатних працювати в умовах динамічних змін транспортного середовища. Одним із найбільш перспективних напрямів є впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які поєднують засоби збору даних, аналітичні алгоритми та технології керування потоками в реальному часі.

Розроблення ІТС є комплексним завданням, що передбачає врахування особливостей транспортної інфраструктури, можливостей цифрових технологій, умов експлуатації, а також соціально-економічних чинників. У багатьох країнах світу інтелектуальні транспортні системи стали основою модернізації дорожнього руху.

Сінгапур, Токіо, Мюнхен та Сідней продемонстрували високий рівень ефективності у використанні адаптивного регулювання світлофорів, централізованих систем моніторингу, автоматизованого збору даних про інтенсивність руху та систем прогнозування заторів. Зокрема, досвід Сінгапуру свідчить про можливість зниження рівня заторів на 20–30% за рахунок координації світлофорних об'єктів у режимі «зеленої хвилі», електронного збору плати за в'їзд у центр міста та інтеграції інформаційних систем. Проте впровадження подібних рішень у країнах із менш розвинутою інфраструктурою, включаючи Україну, потребує адаптації до місцевих умов, складності вуличної мережі, рівня цифровізації та бюджетних обмежень.

Проблема заторів у містах України загострюється також через непередбачувані фактори: дорожньо-транспортні пригоди, обмеження руху внаслідок ремонтних робіт, несприятливі погодні умови та сезонні пікові навантаження. Затори, що утворюються внаслідок ДТП, є однією з ключових причин втрат часу для учасників дорожнього руху. За даними досліджень, у Києві водій щороку витрачає понад 100 годин у заторах, а економічні втрати внаслідок додаткових витрат пального та зниження продуктивності наближаються до 18–20 тисяч гривень на одного автомобіліста. В умовах воєнного стану ці показники зростають через збільшення навантаження на окремі ділянки магістралей, перенаправлення транспортних потоків та зниження пропускної здатності мережі.

Основним напрямом мінімізації негативних наслідків затримок є формування ефективної системи ремаршрутизації транспортних потоків, що дозволяє в режимі реального часу визначати альтернативні шляхи руху та розподіляти потоки залежно від інтенсивності та стану дорожньої мережі. У цьому контексті важливим є застосування математичних моделей, побудованих на основі аналізу транспортних даних та оптимізаційних алгоритмів. Модель повинна враховувати множину факторів, включаючи параметри мережі, пропускну здатність окремих ділянок, динаміку потоку, ймовірність виникнення аварійних ситуацій, а також зміну інтенсивності руху протягом доби. Формування цільової функції, яка мінімізує сумарні затримки, дозволяє визначити оптимальну схему організації руху за різних сценаріїв.

Імітаційне моделювання в середовищі PTV Vissim є одним із найефективніших підходів до дослідження роботи транспортної мережі в умовах різних сценаріїв руху. Перевагою цього інструмента є можливість точного відтворення реальних характеристик транспортних потоків, врахування особливостей інфраструктури, поведінкових моделей водіїв та адаптивних систем регулювання. Моделювання дозволяє оцінити ефективність різних варіантів перенаправлення потоків, коригування тривалості фаз світлофорних об'єктів, а також зміни маршрутизації громадського транспорту. У результаті дослідження можна визначити оптимальний сценарій управління дорожнім рухом, який забезпечує зменшення часу затримок, скорочення черг на перехрестях та підвищення пропускної здатності мережі загалом.

Застосування ІТС включає також інтеграцію інфраструктурних елементів: датчиків інтенсивності руху, відеокамер, електронних інформаційних табло та інтерфейсів для взаємодії з користувачами. В українських містах значна частина інфраструктури вже існує, однак її ефективність обмежується відсутністю єдиної системи координації. Для забезпечення повноцінного функціонування необхідна інтеграція всіх елементів у централізований центр управління дорожнім рухом, що працюватиме на основі аналізу даних у режимі реального часу. Важливим завданням є розроблення алгоритмів автоматичного виявлення ДТП та миттєвого формування рекомендацій для перенаправлення транспортних потоків, зокрема за допомогою мобільних додатків і навігаційних систем.

Одним із перспективних напрямів є використання адаптивних світлофорних систем, які здатні самостійно коригувати тривалість фаз залежно від інтенсивності транспортного потоку. Результати моделювання показують, що впровадження адаптивного регулювання може зменшити затримки на перехрестях на 15–25%, а в

окремих випадках – до 40%. Важливим є також удосконалення роботи громадського транспорту шляхом пріоритетного надання «зеленої хвилі» для автобусів і тролейбусів, що дозволить скоротити час поїздки та підвищити привабливість громадського транспорту для мешканців міста.

Окремий аспект дослідження становлять питання охорони праці та безпеки в умовах зростання транспортних потоків і військових дій. Водії пасажирського транспорту працюють у складних умовах підвищеного навантаження, а транспортна інфраструктура часто піддається додатковим ризикам. У цих умовах необхідно забезпечити безпечні умови праці, застосування сучасних систем захисту, ефективну роботу екстрених служб та адаптацію маршрутів громадського транспорту до умов воєнного стану.

Проведене дослідження демонструє, що впровадження інтелектуальної транспортної системи управління потоками у містах України має значний потенціал для підвищення ефективності міської мобільності. Імітаційне моделювання дозволяє визначити раціональні параметри організації дорожнього руху та оптимізувати маршрутизацію транспортних потоків у найскладніших умовах. Результати дослідження можуть бути використані органами місцевого самоврядування, службами організації дорожнього руху та транспортними компаніями для розроблення рекомендацій щодо модернізації міських транспортних систем. Подальший розвиток цього напрямку передбачає розширення бази даних дорожніх сценаріїв, інтеграцію штучного інтелекту для прогнозування транспортних ситуацій та створення цифрових двійників міських мереж, що дозволить максимально ефективно управляти транспортною інфраструктурою міст України.

УДК663.17

Н.І. Івачевський, О.М. Мельничук, Г.В. Щур

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

N.I. Ivachevskyi, O.M. Melnychuk, G.V. Shchur

IMPROVING THE RESPONSE SPEED OF ELECTROHYDRAULIC DIESEL INJECTORS

У сучасних дизельних двигунах важливим фактором формування якісного процесу сумішоутворення є швидкодія та точність роботи електрогідравлічних форсунок. Затримки в русі голки розпилювача, нерівномірність тиску в гідрозамикальній камері, коливання тиску підголкової порожнини та конструктивні обмеження розпилювача призводять до погіршення розпилу палива, підвищення токсичності відпрацьованих газів і зниження економічності двигуна.

Однією з ключових проблем форсунок з верхнім упором голки є зменшення площі поверхні, на яку діє тиск зі сторони гідрозапірної камери під час максимального підйому голки. Це знижує силу, що сприяє початку її опускання, внаслідок чого голка не завершує упорскування на пікових тисках, а опускається раніше – при значно нижчих значеннях тиску. Наслідком є передчасне закінчення упорскування, нерівномірність формування паливо-повітряної суміші та підвищення ймовірності неповного згоряння палива.

При збільшенні діаметра каналу штанги, що з'єднує гідрозамикальну камеру з торцем голки, зростає швидкість опускання голки та загальна швидкодія форсунки. Водночас зменшується площа контакту голки з корпусом форсунки, що підвищує ризик зминання торцевих поверхонь та прискорює їхній знос. Це обмежує можливість простого збільшення геометричних параметрів для підвищення швидкодії.

Важливим фактором є маса рухомих деталей. Чим вони більші, тим більшою є кінетична енергія удару голки об упор, що спричиняє деформацію контактних поверхонь і порушення стабільності процесу упорскування. Тому одними з ефективних шляхів покращення роботи форсунки є зменшення маси голки, штанги та інших рухомих елементів, а також регулювання тиску гідрозамикання в кінці її підйому. Короткочасне відкриття перепускного клапана перед посадкою голки на упор дозволяє зменшити її швидкість і, відповідно, ударне навантаження.

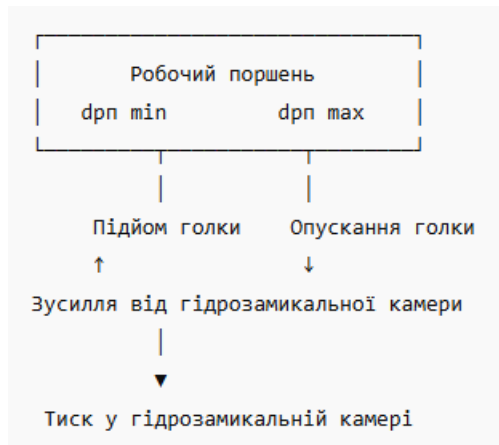


Рисунок 1. Схема впливу мінімального та максимального діаметра робочого поршня на рух голки та тиск у гідрозамикальній камері форсунки між упором та пружиною, які забезпечують мінімальний ризик зминання та водночас не знижують тиск початку опускання голки.

Одним із перспективних конструктивних рішень є обмеження максимального ходу голки не торцевою поверхнею, а через упор, поєднаний із витискувачем палива з гідрозамикальної камери. Такий підхід дозволяє зменшити об'єм камери, стабілізувати тиск і частково знизити навантаження на контактні поверхні. При цьому особливо важливо визначити раціональні значення площі контакту

Важливим конструктивним елементом сучасних електрогідрравлічних форсунок є робочий поршень, який використовується у малогабаритних розпилювачах для керування швидкістю руху голки. Збільшення площі поршня сприяє підвищенню сили, що діє на голку з боку гідрозамикальної камери, забезпечуючи швидше опускання голки та точніше припинення упорскування. При цьому мінімальний діаметр поршня визначається умовою забезпечення необхідного об'єму робочої порожнини, а максимальний – залежністю, що враховує граничні тиски початку підйому голки.

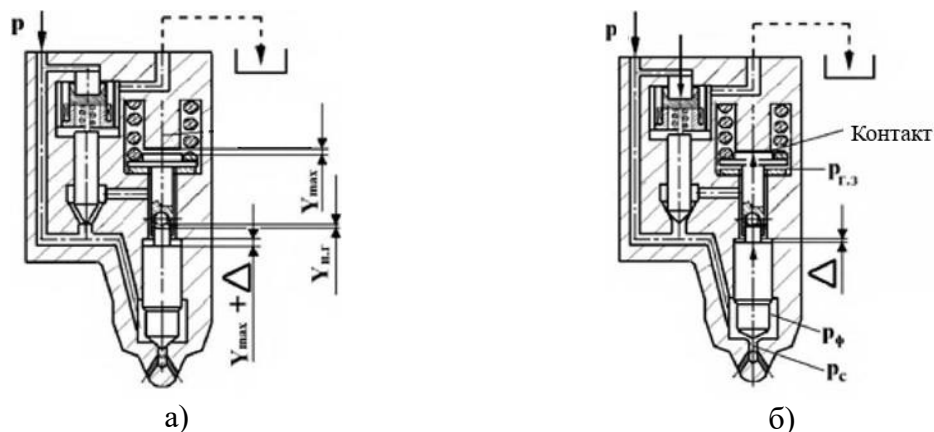


Рисунок 2. Схема роботи форсунки з обмеженням підйому її голки за допомогою упору, поєднаного з витіснювачем палива з гідрозамикальної камери перед початком впорскування палива (а), та при максимальному підйомі голки (б).

Розрахунки показали, що оптимальний діаметр робочого поршня становить приблизно 5,7 мм, що добре узгоджується з типовими конструкціями автотракторних форсунок (6 мм). Для спрощення технології виробництва доцільно приймати діаметр у межах 6–7 мм, за умови підвищення максимального тиску в підголковій камері до значень 1380–1400 бар. Така комбінація забезпечує стабільну роботу форсунки, точність упорскування та достатню ударну міцність елементів конструкції без суттєвого ускладнення технологічного процесу.

Таким чином, підвищення швидкодії електрогідравлічної форсунки можливе шляхом комплексного вдосконалення конструктивних параметрів – оптимізації площі поверхонь упору, маси рухомих деталей, тиску гідрозамикання, а також правильного вибору діаметра робочого поршня. Застосування таких рішень дозволяє підвищити точність моментів відкриття та закриття голки, зменшити знос конструктивних елементів і забезпечити ефективніший процес сумішоутворення в дизельному двигуні.

Література

1. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Теорія експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. Суми: СНАУ, 2015. 213 с.
2. Сахно В. П., Безбородова Г. Б., Маяк М. М., Шарай С. М. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посіб. К. : КВІЦ, 2004. 174 с.
3. Bosch. Diesel-Engine Management. Systems and Components. – Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2014. – 512 p.
4. Henein N. A., Singh H. Advanced Diesel Fuel Injection System Design and Simulation. SAE Technical Paper 2018-01-0880, 2018.

УДК 621.43.056

П.М. Качор; М.Д. П'єнтак, ст.викладач; Л.А. Джиджора, ст.викладач
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РЕЧОВИН

P.M. Kachor; M.D. Pientak, Senior Lecturer; L.A. Dzhydzhora, Senior Lecturer
**METHODS OF ENHANCING INTERNAL COMBUSTION
ENGINE PERFORMANCE BY ADDING
ALTERNATIVE SUBSTANCES**

Проблема підвищення продуктивності, потужності та економічності двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), а також покращення їхніх екологічних характеристик, є однією з найбільш актуальних у сучасному машинобудуванні. Одним із методів вирішення цього завдання є додавання води в робочий цикл ДВЗ.

Концепція розведення паливо-повітряної суміші водою, що суттєво покращує характеристики ДВЗ, була теоретично передбачена та практично підтверджена ще в першій половині минулого століття. Історичний досвід, зокрема використання впорскування води на поршневих авіаційних двигунах, показав, що цей метод є ефективним засобом внутрішнього охолодження та форсування, дозволяючи підвищити злітну потужність до 30 %

Основні переваги, які забезпечує додавання води, включають:

- підвищення літрової потужності за рахунок можливості збільшення ступеня стиснення без підвищення вимог до детонаційної стійкості палива.
- зменшення витрати палива (до 20–25% на режимах максимальної потужності) за рахунок збіднення паливо-повітряної суміші.
- покращення екологічних показників завдяки суттєвому зниженню вмісту нормованих шкідливих речовин у відпрацьованих газах, зокрема оксидів азоту, оскільки вода знижує температуру згорання.
- зниження ударних навантажень на деталі кривошипно-шатунного механізму (КШМ) та зменшення нагароутворення.

Незважаючи на значний накопичений досвід, стверджувати, що всі потенційні можливості подачі води в ДВЗ вже реалізовані, немає підстав, про що свідчить безперервний потік пропозицій щодо вдосконалення цього методу. Тому дослідження нових технологічних рішень, таких як шеститактний цикл, спеціалізовані пристрої впорскування та застосування водно-паливних емульсій, що поєднують передові методи паливоподачі та керування структурою паливної суміші (наприклад, через мембранне емульгування), є ключовими для розкриття повного потенціалу води як альтернативної речовини для кардинального підвищення продуктивності та екологічності ДВЗ.

Отже, впорскування води та застосування водно-паливних емульсій є ефективними методами підвищення літрової потужності та паливної економічності ДВЗ, а також зниження емісії шкідливих речовин; причому, для досягнення стабільних і відтворюваних результатів, ключове значення має не лише співвідношення 'вода/паливо', а й керування структурою емульсії (розміром і однорідністю розподілу крапель води), що найкраще реалізується методом мембранного емульгування. Також додавання водно-паливних емульсій дозволяє збільшити ефективний ККД двигуна в широкому діапазоні навантажень і частот обертання колінчастого вала.

УДК 656.13

А.С. Козович, здобувач освіти; А.В. Булич, здобувач освіти; Н.С. Пиндюра, здобувач освіти

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ВТОМИ ВОДІЇВ ЯК ПРИЧИНА ДТП ТА НЕОБХІДНІСТЬ НОРМУВАННЯ РЕЖИМІВ ПРАЦІ

A. Kozovych, education seeker; A. Bulych, education seeker; N. Pyndiura, education seeker

PSYCHOPHYSIOLOGICAL FACTORS OF DRIVER FATIGUE AS A CAUSE OF TRAFFIC ACCIDENTS AND THE NEED TO REGULATE WORKING MODES

Проблематика дорожньо-транспортного травматизму в Україні є однією з найактуальніших у сфері безпеки дорожнього руху та функціонування автомобільного транспорту. За даними Національної поліції України, у 2024 році зареєстровано понад 25,7 тис. ДТП з потерпілими, у яких загинуло 3202 особи та більше 32 тис. було травмовано. У 2023 році таких аварій було 23,6 тис., загинилих – 3053, травмованих – понад 29,5 тис. Загалом у період 2020-2024 рр. щорічно фіксується від 20 до 30 тис. дорожньо-транспортних пригод з потерпілими, що свідчить про стабільно високий рівень аварійності. Структура аварійності залишається подібною протягом останніх років: найбільш поширеними є зіткнення транспортних засобів, наїзди на пішоходів, наїзди на перешкоди, перекидання та наїзди на велосипедистів.

Попри численні технічні, організаційні та інфраструктурні чинники, значна частина ДТП пов'язана зі зниженою увагою, уповільненою реакцією та помилками у прийнятті рішень водіями. Визначальним чинником, що спричиняє такі відхилення у сприйнятті дорожньої обстановки, є втома водія. Наукові джерела свідчать, що після 7-12 годин безперервного керування частота ДТП зростає удвічі, а після 12 годин – майже у десять разів. Особливо небезпечним є систематичне порушення режимів праці та відпочинку, що спричиняє хронічну втому водія, навіть у період, коли його працездатність має бути максимальною.

Метою дослідження є аналіз причин виникнення ДТП, встановлення впливу часу керування транспортним засобом на психофізіологічний стан водія, а також визначення

нормативно обґрунтованої тривалості робочого часу й заходів контролю, спрямованих на зниження аварійності.

Статистичні та експериментальні дані свідчать про циклічність працездатності водія. Перші 0,5-2 години роботи становлять період «впрацювання», далі йде фаза максимальної активності, що триває до 5-6 години. Після 6-7 години починається поступове зниження працездатності, а після 8 годин керування стомленість стає чітко вираженою. Після 10-12 годин безперервної роботи більшість водіїв втрачають здатність адекватно оцінювати дорожню ситуацію та технічний стан транспортного засобу, що підтверджується багаторічними спостереженнями та статистичними звітами.

В Україні нормативне регулювання режимів праці та відпочинку водіїв здійснюється відповідно до наказу Мінтрансв'язку №340 (2010 р.). Згідно з ним, тривалість робочої зміни не повинна перевищувати 8 годин при п'ятиденному робочому тижні та 7 годин – при шестиденному. У разі підсумованого обліку часу допускається робота до 10 годин, у виняткових випадках – до 12 годин, якщо це пов'язано із завершенням транспортної операції і передбачає подальший повноцінний відпочинок. Час безперервного керування не може перевищувати 4 годин, після чого водієві необхідна перерва не менше 45 хвилин. Добовий відпочинок водія має становити не менше 10 годин.

Практика показує, що ці вимоги часто порушуються. Особливо це стосується міських і приміських перевезень, де водії нерідко працюють по 14-16 годин на добу без перерв, що підтверджують результати громадських моніторингів у 2022-2023 рр. Подібні порушення істотно підвищують ризик виникнення ДТП, оскільки водій у такому стані характеризується нестійкою увагою, різким зниженням швидкості реакції, схильністю до неправильних рішень та небажанням адекватно оцінювати дорожню ситуацію.

Вирішальне значення у контролі за режимами праці та відпочинку мають тахографи – цифрові та аналогові прилади, що фіксують швидкість руху транспортного засобу, час керування, відпочинку та інші параметри. Цифрові тахографи мають підвищений рівень захисту від втручання, дозволяють зчитувати інформацію за будь-який період, здійснювати аналітику та роздруківку даних. На законодавчому рівні використання тахографів для комерційних перевезень є обов'язковим, однак значна частина перевізників уникає встановлення цих приладів, що ускладнює контроль за дотриманням норм.

Відповідальність за порушення також передбачена законодавством. За відсутність протоколу адаптації тахографа до транспортного засобу накладається штраф у розмірі 100 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян, а за свідоме порушення режимів праці та відпочинку – 20 неоподатковуваних мінімумів за кожне правопорушення.

Встановлено, що психофізіологічний стан водія є одним із ключових чинників виникнення дорожньо-транспортних пригод. Проведений аналіз статистичних даних свідчить про чіткий зв'язок між тривалістю перебування за кермом, рівнем стомленості та ймовірністю аварій, особливо після 8-12 годин безперервного керування. Дотримання нормативно визначених режимів праці та відпочинку, широке застосування тахографів, посилення контролю та відповідальності перевізників за порушення є необхідними умовами підвищення безпеки дорожнього руху в Україні. Отримані результати підтверджують важливість подальших досліджень психофізіологічних аспектів діяльності водіїв і розробки ефективних засобів профілактики ДТП.

Література

1. Гаврилов Є.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К., Лановий Т.О., Линник І.Є., Поліщук В.П. Організація дорожнього руху. Книга IV. К., Знання України, 2014. 452 с.
2. Babii, M., Tson, O., Kuchvara, I., & Chernii, V. (2021). Improving the efficiency of the road organization traffic at an unregulated crossroads. *Transport Development*, (1(8), 125-134.
3. Ляшук О.Л., Цьонь О.П., Дзюра В.О., Бабій М.В., Кристопчук М.Є., Лисенко

С.В., Бодоряк Ю.Д. Дослідження безпеки дорожнього руху на автошляхах. Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – Вип. 5 (36). – С. 311–317.

4. Бабій М.В. Обґрунтування раціональної тривалості робочого часу водія при виконанні транспортних операцій / М.В. Бабій, А.В. Бабій, А.Й. Матвійшин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Випуск 169 “Деревооброблювальні технології та системотехніка лісового комплексу” – Харків, 2016. С. 232–236.

5. Вікович І.А. Теорія руху транспортних засобів: підруч. І.А. Вікович. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 672 с.

6. В. О. Дзюра, М. В. Бабій, і А. П. Сташків, « Шляхи оптимізації кількості індивідуального транспорту в обмежених можливостях вулично-дорожньої мережі », ВМТ, вип. 19, вип. 1, с. 46–54, Лип 2024.

УДК 629.3

І.М. Костик; А.І. Рифун; О.В. Кузьменюк; В.О. Тесля, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИ РЕМОНТІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ДВЗ

I. M. Kostyk; A. I. Ryfun; O. V. Kuzmeniuk, V.O. Teslia PhD

A COMPREHENSIVE APPROACH TO ENSURING RELIABILITY IN THE REPAIR AND RESTORATION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES (ICE)

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) залишаються основними силовими агрегатами в транспортній, промисловій та сільськогосподарській галузях. Їхня надійність та ефективність безпосередньо впливають на економічні показники експлуатації техніки. Зношування деталей, особливо в критичних системах, таких як циліндро-поршнева група, система пуску та система вихлопу, є неминучим процесом. З огляду на зростаючі вимоги до екології та економічну доцільність, питання не заміни, а глибокого ремонту та відновлення ДВЗ набувають першочергового значення. Це дозволяє продовжити термін служби агрегату, знизити експлуатаційні витрати та мінімізувати вплив на навколишнє середовище через зменшення потреби у виробництві нових двигунів.

Метою даної роботи є Комплексний аналіз основних проблем, пов'язаних з ремонтом та відновленням ДВЗ, із зосередженням уваги на критичних функціональних системах: основний агрегат (ремонт), система пуску та система вихлопу, а також розробка рекомендацій щодо підвищення якості та довговічності відновлених двигунів.

Основна проблема ремонту ДВЗ полягає у необхідності відновлення геометричних параметрів та фізико-механічних властивостей зношених деталей до їхнього початкового або близького до початкового стану, забезпечуючи при цьому гарантований ресурс. Для досягнення встановлених цілей необхідно вирішити такі питання як визначити ключові дефекти та механізми зношування агрегатів двигуна. Проаналізувати методи та способи відновлення поверхонь деталей. Провести оцінку впливу несправностей системи пуску на загальний ресурс двигуна. Дослідити роль та методи відновлення системи вихлопу у забезпеченні екологічних стандартів. Розробити загальний алгоритм комплексного ремонту, що охоплює всі три системи, для досягнення максимальної ефективності та надійності відновленого двигуна.

Основний ремонт ДВЗ зосереджується на блоці циліндрів та кривошипно-шатунному механізмі. Зношування циліндропоршневої групи (ЦПГ) у формі конусності та овальності вимагає розточування під ремонтний розмір, за яким слідує операція

хонінгування. Хонінгування забезпечує необхідну шорсткість поверхні (особливий мікрорельєф) для утримання оливи та оптимального прилягання поршневих кілець. Відновлення головок блоку циліндрів (ГБЦ) включає заміну чи відновлення сідел та направляючих клапанів, а також обов'язкове випробування на герметичність. Колінчастий вал, а саме зношування шийок валу усувається шліфуванням під ремонтний розмір. Для збільшення довговічності можуть застосовуватися методи наплавлення або плазмового напилення з наступною механічною обробкою. Надзвичайно важливим є дотримання балансування валу після ремонту.

Діагностування та ремонт системи пуску двигуна є критично важливою, особливо в холодну пору року. Її несправність може призвести до підвищеного зношування ДВЗ через необхідність багаторазових спроб запуску. Стартер, основними несправностями якого є зношування щіток, колектора якоря та обгінної муфти. Ремонт часто включає їхню заміну та відновлення електричних ланцюгів. Сучасна діагностика акумуляторної батареї (АКБ) включає вимірювання не лише напруги, а й пускового струму. Відновлення АКБ (десульфатація) застосовується рідко, частіше практикується своєчасна заміна.

Відновлення та модернізація системи вихлопу двигуна відіграє вирішальну роль у зниженні шуму та, головне, у нейтралізації токсичних компонентів відпрацьованих газів.

Система вихлопу двигуна включає каталітичний нейтралізатор який є ключовим елемент для відповідності екологічним нормам (Євро-5, Євро-6). З часом його стільники засмічуються або плавляться. У разі виходу з ладу, необхідно проводити його заміну або професійну очистку. Сажовий фільтр для дизельних та сучасних бензинових двигунів обов'язковою є періодична регенерація (випалювання накопиченої сажі). Ремонт включає діагностику датчиків температури/тиску та примусову регенерацію. У разі критичного засмічення можливе лише фізичне чищення або заміна. Підвищення ефективності відновленого ДВЗ часто вимагає перевірки пропускної здатності всіх елементів СВ, оскільки надмірний протітиск у вихлопній системі призводить до втрати потужності та збільшення витрати палива.

Висновки. Проведений аналіз підтверджує, що комплексний підхід до ремонту та відновлення ДВЗ, що охоплює основний агрегат, систему пуску та систему вихлопу, є єдиним шляхом до забезпечення високого експлуатаційного ресурсу та відповідності сучасним вимогам.

Застосування сучасних технологій відновлення поверхонь (хонінгування, плазмове напилення) є економічно виправданою альтернативою повній заміні двигуна. Діагностика системи пуску, оскільки її несправність може спричинити вторинні пошкодження ДВЗ (наприклад, гідроудар при невдалому старті). Важливість системи вихлопу та її відновлення є не лише вимогою екологічних стандартів, а й способом підвищення ККД. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку уніфікованих методик контролю для оцінки якості відновлених деталей та на впровадження автоматизованих систем діагностики, що прогнозують вихід з ладу критичних компонентів усіх трьох систем.

Література

1. Teslia V. (2010) Osoblyvosti znoshuvannia shyiok kolinchastykh valiv v protsesi ekspluatatsii. Materials of III Ukrainian Student Science Conference "Natural and Human Sciences. Actual issues" (Tern., 22-23 April 2010), Volume 1, pp. 257
2. Абрамов Д.В. Розробка експериментального методу визначення потужності двигуна при русі автомобіля по дорозі / Д.В. Абрамов, В.О. Тесля // Новітні технології для захисту повітряного простору: дев'ята наукова конференція Харківського університету повітряних сил ім. Івана Кожедуба, 17-18 квітня 2013р.: тези доповідей. – Харків, 2013. С. 239.
3. Тесля В.О., Сіправська М.Д. Оптимізація руху автомобіля при врахуванні дорожніх умов та технічного стану автомобіля / Матеріали XVI-ї Міжнародної науково-

практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023. – ВНТУ Вінниця. – 2023. – С. 347-348. ISBN 978-966-641- 950-0

4. Shtafirnyy I. V., Pyndus Y. I., Zaveruha R. R., Teslya V. O. (2016) Doslidzhennia zminy robochykh parametriv ta kharakterystyk mashyn postiinoho strumu v protsesi ekspluatatsii [Study of operating parameters and characteristics of dc machines]. Book of abstract the V International scientific and technical conference of young researchers and students "Current issues in modern technologies" (Tern., 17-18 November 2016), vol. I, pp. 352-353.

УДК663.17

А.К. Кудров¹, М.Г. Левкович², В.В.Галицький²

¹Тернопільський НДЕКЦ МВС

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЇЗДОВИХ ЦИКЛІВ ДВЗ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИСКОРЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

A.K. Kudrov, M.G. Levkovych, V.V. Halytskyi

STUDY OF ENGINE DRIVING CYCLES AND ENERGY EFFICIENCY OF VEHICLE ACCELERATION

Їздові цикли широко застосовуються для оцінювання паливної економічності та екологічних характеристик двигунів внутрішнього згоряння в умовах, наближених до реальної експлуатації. Вони являють собою стандартизовані режими руху, що включають чергування прискорень, гальмувань і сталого руху. Випробування проводять на стендах із біговими барабанами, що дозволяє виключити вплив зовнішніх факторів та отримати відтворювані результати. Водночас проведення таких випробувань є складним та дорогим, тому зростає потреба у розрахункових методиках та комп'ютерному моделюванні.

Цикл характеризується тривалістю, кількістю зупинок, динамікою розгонів і середньою швидкістю. В енергетичному аспекті важливими є виконана двигуном робота та середня потужність, необхідна для проходження циклу. Проте повна відповідність профілю швидкості вимогам циклу при використанні традиційної механічної трансмісії практично недосяжна. Це пояснюється тим, що у циклі присутні ділянки, де двигун працює на межі своїх можливостей, а на інших – значно недовантажений, що спричиняє надлишкові витрати палива.

Порівняльний аналіз європейського та американського їздових циклів показує їх суттєві відмінності. Європейський цикл характеризується більш «агресивним» профілем із значною кількістю інтенсивних прискорень. Саме ділянки активного розгону визначають високі енергетичні витрати та формують відмінності у паливній економічності при зміні робочого об'єму двигуна.

Зменшення робочого об'єму двигуна забезпечує помітне зниження витрати палива, проте супроводжується обмеженням потужності та погіршенням динамічних показників на окремих ділянках циклу. Для компенсації цього у сучасному автотранспорті застосовують турбонаддув, модульні силові установки, гібридні трансмісії та маховики-акумулятори енергії. Використання маховика дозволяє накопичувати енергію розгону та повертати її у режимах підвищеної потреби, зменшуючи навантаження на двигун та загальну витрату палива.

Окрему увагу привертає проблема оцінювання енергетичної ефективності прискорення транспортних засобів. У більшості існуючих робіт механічна робота протидії силам кочення помилково вважається корисною, хоча насправді ця енергія безповоротно

розсіюється. Існуючі підходи до розрахунку коефіцієнта корисної дії часто враховують надмірну кількість малозначущих факторів, що ускладнює аналіз.

Запропонований підхід базується на виділенні чотирьох ключових змінних, що визначають цикловий енергетичний коефіцієнт корисної дії автомобіля: часу розгону, кінцевої швидкості, потужності двигуна та маси транспортного засобу. Експериментальним шляхом легко визначити час розгону, що дозволяє отримати точне значення циклового ККД і надалі використовувати його для оцінювання конструктивних рішень, оптимізації параметрів силової установки та порівняння різних транспортних засобів.

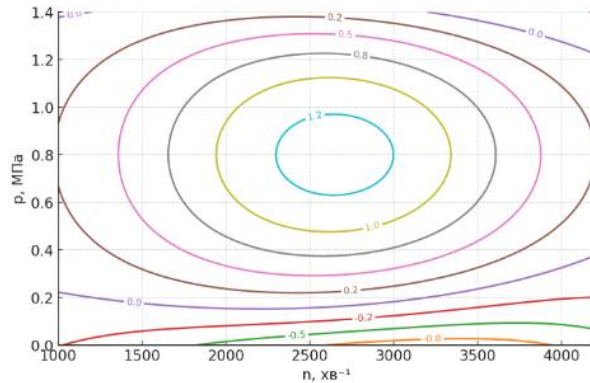


Рисунок 1. Характеристики дизельного ДВЗ, що відображають залежність середнього ефективного тиску від частоти обертання колінчастого вала та питомої ефективної витрати палива ($g_e = \text{г}/(\text{кВт год})$).

Запропонована залежність циклового ККД дозволяє визначати як ефективність розгону автомобіля, так і необхідну потужність двигуна або допустиму масу транспортного засобу при заданих динамічних вимогах. Розрахунки показують, що для легкових автомобілів значення циклового ККД справді відображає реальний енергетичний стан системи: максимальна ефективність відповідає мінімальному часу розгону, тоді як збільшення часу вказує на енергетичні втрати у трансмісії, зчепленні, шинах та аеродинаміці.

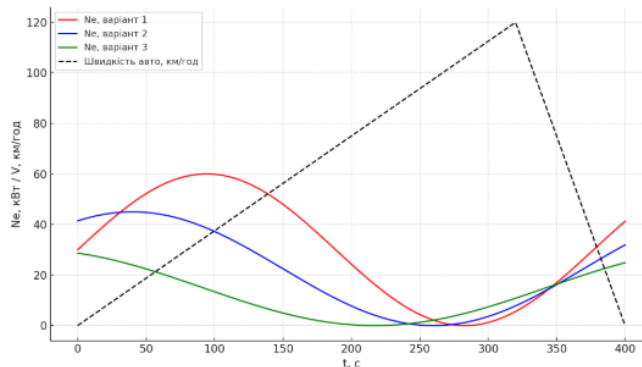


Рисунок 2. Зміна параметрів руху автомобіля Skoda Favorit у часі залежно від об'єму ДВЗ: 1 – 2,0 л; 2 – 1,3 л; 3 – 1,0 л.

Таким чином, комплексне дослідження їздових циклів ДВЗ у поєднанні з аналізом енергетичної ефективності прискорення транспортних засобів дозволяє об'єктивно оцінювати їх паливну економічність, динамічні можливості та конструктивні резерви. Цей підхід може бути використаний у розрахункових методах, експертних дослідженнях та в процесі проєктування сучасних силових агрегатів для підвищення ефективності автомобілів.

Література

1. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Теорія експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. Суми: СНАУ, 2015. 213 с.
2. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. – New York: McGraw-Hill, 2018. – 1056 p.
3. Сахно В. П., Безбородова Г. Б., Маяк М. М., Шарай С. М. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посіб. К. : КВІЦ, 2004. 174 с.

УДК 656.025

Ю.Я. Лемега

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МУРАШИНОЇ ЛОГІСТИКИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ОДНОТИПНИХ ВАНТАЖІВ ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «ШРЕДЕР»

Yu.Ya. Lemega

APPLICATION OF ELEMENTS OF ANTM LOGISTICS IN DESIGNING TRANSPORTATION OF SAME TYPE CARGO OF THE ENTERPRISE «SCHRÉDER»

Сучасна логістика переживає період глибокої трансформації, зумовленої як зовнішніми економічними процесами, так і внутрішніми викликами, пов'язаними з розвитком транспортних технологій. В умовах зростаючої конкуренції на ринку перевезень в Україні підприємства змушені шукати нових підходів до оптимізації маршрутів доставки, зменшення витрат і забезпечення високої надійності поставок. Особливої ваги набувають питання раціональної організації перевезень однотипних товарових груп, до яких належать світлотехнічні вироби ТОВ «Шредер». З одного боку, такі вироби мають спільні параметри та схожі умови транспортування, що створює можливість стандартизації логістичних процедур, а з іншого – вони характеризуються різними габаритами, крихкістю та ваговими особливостями, що суттєво ускладнює процес формування оптимальних маршрутів.

Актуальність дослідження підсилюється сучасною ситуацією в Україні, де транспортна галузь працює в умовах воєнного стану, що обмежує можливості використання окремих інфраструктурних вузлів, ускладнює доступ до магістральних доріг та потребує адаптивності логістичних рішень. Проблеми руйнування дорожнього полотна, необхідність обходу небезпечних ділянок, перебудова міжнародних транспортних коридорів та збільшення навантаження на західні шляхи пересування ставлять перед логістичними підрозділами принципово нові вимоги. У таких умовах традиційні методи маршрутизації часто демонструють низьку ефективність, адже вони базуються на статичних моделях, що не враховують динамічної зміни транспортних потоків та не здатні швидко адаптуватися до нових реалій.

Завдання маршрутизації транспортних засобів (VRP) при організації доставки світлотехнічної продукції підприємства ТОВ «Шредер» віднесено до класу NP-складних задач комбінаторної оптимізації. Це означає, що кількість можливих рішень зростає експоненційно зі збільшенням числа клієнтів, що робить застосування точних методів малоефективним у задачах реальної логістики. Саме тому сучасні наукові дослідження дедалі частіше звертаються до метаевристичних алгоритмів, серед яких особливе місце займають алгоритми мурашиних колоній. Вони зарекомендували себе як потужний інструмент пошуку наближених оптимальних рішень, здатний працювати в умовах обмеженого часу та багатокомпонентності логістичного середовища.

Алгоритми мурашиної логістики відтворюють поведінкові стратегії мурашиних колоній, які в природі формують найкоротші шляхи між джерелом їжі та мурашником. Перевагою цих алгоритмів є їхня здатність знаходити квазіоптимальні рішення завдяки механізмам колективного пошуку, самонавчання, а також постійного оновлення так званих феромонних слідів на маршрутах. Чим кращий маршрут знаходить певна група «віртуальних мурах», тим сильнішим стає феромонний слід на відповідній послідовності вершин графа, що спонукає інші агенти обирати аналогічний шлях. У результаті формується ефект природної еволюції найкращих стратегій пошуку, який забезпечує *convergence* - поступове зближення рішення до глобального мінімуму.

У межах дослідження здійснено ґрунтовний аналіз діяльності підприємства ТОВ «Шредер». Було виявлено ключові логістичні проблеми, пов'язані з нерівномірним завантаженням транспортних засобів, присутністю надлишкових пробігів, недостатнім використанням об'єму кузова автомобілів, а також відсутністю можливості ефективно формувати часткові поставки. Проблеми посилюються тим, що у реальних умовах попит окремих клієнтів може перевищувати вантажопідйомність одного автомобіля, а отже, виникає необхідність розділення замовлення між кількома транспортними одиницями. У цій частині традиційні алгоритми маршрутизації виявляють низьку гнучкість.

У роботі проаналізовано існуючі світові транспортні системи, а також оглянуто найпоширеніші програмні рішення, які наразі використовуються у логістичних компаніях. Показано, що такі системи, як ArcLogistics, RoutePlanner, Roadnet та IBM ILOG Transportation Analyst, хоча й мають потужні алгоритми оптимізації маршрутів, практично не враховують можливість розміщення вантажу всередині кузова чи обмеження, пов'язані з частковими доставками. Це значно зменшує їхню придатність для підприємств, що працюють з однотипними, але різногабаритними вантажами.

Особливістю дослідження стало створення спеціалізованого методу маршрутизації з використанням алгоритму мурашиної логістики, який пристосований до специфіки транспортних операцій ТОВ «Шредер». Запропонований підхід поєднує переваги кластеризації, що дозволяє на початковому етапі розподілити клієнтів за потенційними маршрутами, та оптимізаційні властивості АСО-алгоритмів. У моделі враховано обмеження щодо вантажопідйомності та корисного об'єму транспортного засобу, часові вікна клієнтів, а також специфічні характеристики вантажу, що пов'язані з крихкістю світлотехнічної продукції.

У ході експериментального моделювання встановлено, що застосування мурашиної логістики дає змогу скоротити довжину маршрутів на 12–17 %, а також зменшити кількість необхідних транспортних засобів до 10 % порівняно з традиційними методами. Результати вказують на підвищення рівня пропускної здатності логістичної системи підприємства, зниження експлуатаційних витрат, а також підвищення стійкості логістичних операцій до зовнішніх факторів, зокрема змін дорожньої ситуації чи коливань попиту. Окрім цього, модель довела здатність формувати збалансовані маршрути, що забезпечують оптимальне завантаження кожного автомобіля.

Дослідження також охоплює питання охорони праці та безпеки при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт, що є невід'ємною частиною логістичного процесу. Враховано особливості поводження зі світлотехнічною продукцією, правила її складування, транспортування та зберігання. Оскільки логістика працює в умовах підвищених ризиків, у тому числі воєнних, особливу увагу приділено заходам із забезпечення пожежної безпеки, евакуації персоналу та алгоритмам дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Підсумовуючи результати, можна стверджувати, що інтеграція мурашиної логістики у систему перевезень однотипних вантажів підприємства ТОВ «Шредер» має значний потенціал. Цей підхід дозволяє досягти високої адаптивності до складних умов, мінімізувати витрати, підвищити оперативність прийняття рішень та забезпечити комплексну оптимізацію логістичних процесів. Використання алгоритмів мурашиних

колоній відкриває можливості для подальшого розвитку інтелектуальних транспортних систем в Україні, особливо в тих галузях, де є потреба у високоточних, гнучких і надійних моделях маршрутизації.

УДК 621.8

А.П. Луцик; О.Л. Ляшук, докт. техн. наук, проф.; Д. В. Міронов, канд. техн. наук, доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ З ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ

A.P. Lutsyk; O.L. Liashuk, Dr., Prof.; D. V. Mironov, Ph.D, Assoc.Prof.

EXPERIMENTAL STUDY OF TRACTION AND SPEED PROPERTIES OF A VEHICLE WITH HYBRID POWER UNIT

Гібридні силові установки (ГСУ) є перспективним напрямком розвитку автомобільного транспорту, що дозволяє поєднати переваги двигунів внутрішнього згоряння та електричних двигунів. Застосування ГСУ забезпечує зниження витрати палива, зменшення викидів шкідливих речовин та покращення динамічних характеристик транспортного засобу. Експлуатаційні показники руху автомобіля з ГСУ залежать від багатьох факторів, що потребує проведення комплексних експериментальних досліджень на реальних об'єктах. Метою експериментальних досліджень є визначення тягово-швидкісних властивостей при різних режимах роботи силової установки та оцінка впливу алгоритму керування на експлуатаційні показники.

Об'єктом експериментального дослідження був обраний автобус БАЗ А079 категорії МЗ Чемеровецького АТП Хмельницької області з повною масою 10 500 кг. Автомобіль було переобладнано в гібридний транспортний засіб з всеколійною схемою приводу. Зовнішній вигляд експериментального автомобіля з ГСУ представлено на рисунку 1.



Рисунок 1. Зовнішній вигляд автомобіля з ГСУ

Конструкція ГСУ передбачає встановлення силового електродвигуна на місце приєднання карданного вала. Електрична силова установка (рис. 2) складається з таких основних компонентів: 1 – коробка передач; 2 – перехідна плита; 3 – муфта; 4 – електромотор; 5 – піввісь. Силловий електродвигун змінного струму з'єднаний через муфту

та перехідну плиту з коробкою передач, що забезпечує передачу крутного моменту на задню вісь.

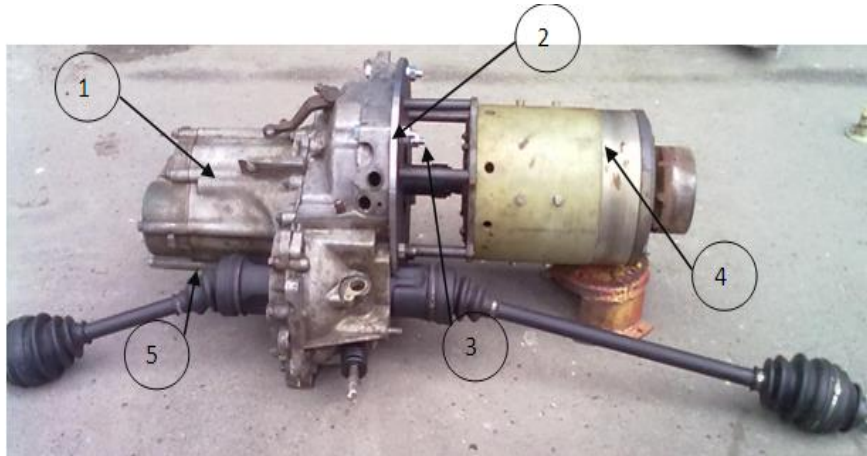


Рисунок 2. Електрична силова установка

Розміщення електродвигуна в задній частині автомобіля показано на рисунку 3. Така компоновальна схема дозволяє реалізувати всеколійний привід без значних конструктивних змін базового автомобіля. Як накопичувач енергії використовується акумуляторна батарея, що складається з 12 послідовно з'єднаних батарей напругою 12 В ємністю 140 А·год кожна. Сумарно батарея має енергоємність 20.16 кВт·год, що забезпечує достатній запас ходу в електричному режимі для міських умов експлуатації.



Рисунок 3. Розміщення електродвигуна в задній частині автомобіля

Експериментальний автомобіль дозволяє реалізувати різні режими роботи силової установки: рух тільки на двигуні внутрішнього згоряння (ДВЗ), рух тільки на електродвигуні (ЕД), комбінований режим з послідовним використанням ДВЗ та ЕД (ДВЗ+ЕД), та режим з одночасною роботою обох двигунів на максимальній потужності (ДВЗ+ЕД макс). В автомобіля із ГСУ можливий варіант руху тільки на електротязі, коли ДВЗ не працює, що забезпечує нульові викиди в міських умовах.

У ході експериментальних досліджень визначалися основні показники тягово-швидкісних властивостей: час розгону на шляху 400 м та 1000 м, максимальна швидкість руху при різних режимах роботи ГСУ. Випробування проводилися на горизонтальній ділянці дороги з асфальтобетонним покриттям. Для кожного режиму виконувалося не менше трьох вимірювань з наступним статистичним обробленням результатів.

Залежність часу розгону на шляху 400 м від потужності ГСУ при різних співвідношеннях імовірності виконання експлуатаційних умов руху та від режимів роботи ГСУ представлена на рисунку 4. Аналіз отриманих залежностей показує, що найкращі динамічні характеристики забезпечує режим одночасної роботи ДВЗ та ЕД на максимальній потужності (ДВЗ+ЕД макс). При потужності ГСУ 180 кВт та імовірності виконання експлуатаційних умов 0.95 час розгону на шляху 400 м становить 28.5 с. Подібну залежність для шляху 1000 м представлено на рисунку 5. Аналіз залежностей рисунків 4 та 5 дозволяє зробити висновок про однаковий характер протікання залежності часу розгону на шляху 400 та 1000 м. Відмінність полягає тільки в числових значеннях. В залежності від режимів роботи силової установки найменший час розгону має схема ДВЗ+ЕД (макс), потім послідовно йдуть схеми ДВЗ, ДВЗ+ЕД та ЕД. Час розгону на шляху 1000 м в режимі ДВЗ+ЕД (макс) становить 52.3 с, що на 19.3% менше порівняно з режимом роботи тільки на ДВЗ (64.8 с).

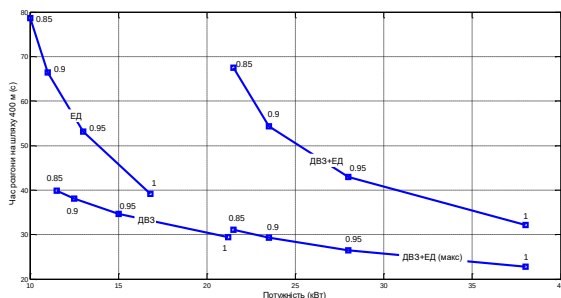


Рисунок 4. Залежність часу розгону на шляху 400 м від потужності ГСУ при різних режимах роботи

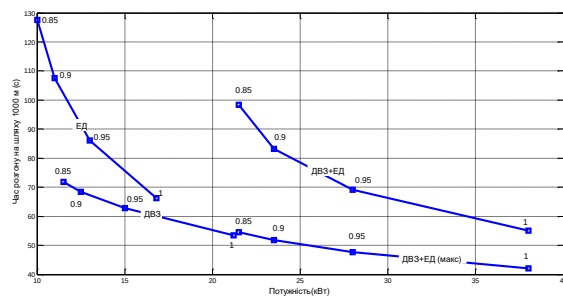


Рисунок 5. Залежність часу розгону на шляху 1000 м від потужності ГСУ при різних режимах роботи

Залежність максимальної швидкості руху від імовірності виконання експлуатаційних умов руху при різних режимах роботи гібридного силового агрегату представлена на рисунку 6. Найбільша максимальна швидкість досягається при одночасній роботі ДВЗ і ЕД в усьому швидкісному діапазоні та складає 134 км/год. Слід зазначити, що максимальна швидкість руху в режимах роботи тільки на ДВЗ та ДВЗ+ЕД однакова – 114.1 км/год, внаслідок вимикання ЕД після досягнення швидкості 24 км/год, обумовленого логікою керування даного режиму. При роботі тільки на електродвигуні максимальна швидкість обмежується значенням 85.3 км/год через характеристики електромотора та акумуляторної батареї.

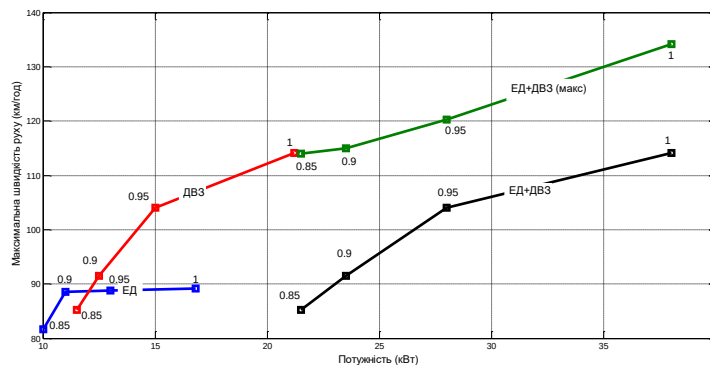


Рисунок 6. Залежність максимальної швидкості руху від імовірності виконання експлуатаційних умов руху при різних режимах роботи ГСУ

Аналізуючи залежності на рисунку 6, видно, що при зменшенні імовірності виконання експлуатаційних умов руху з 1.0 до 0.85 тягово-швидкісні властивості автомобіля з ГСУ істотно погіршуються. Максимальна швидкість в режимі ДВЗ+ЕД

(макс) знижується з 134.0 до 118.6 км/год, що становить зменшення на 11.5%. Можливе прийняття імовірності виконання експлуатаційних умов руху на рівні 0.95, що дозволяє знизити потужність ГСУ на 12-15%, а отже її вартість, без критичного погіршення експлуатаційних характеристик.

Висновки. Встановлено, що найкращі тягово-швидкісні властивості забезпечує режим одночасної роботи ДВЗ та ЕД на максимальній потужності: час розгону на 400 м становить 28.5 с, на 1000 м – 52.3 с, максимальна швидкість – 134.0 км/год. Режим роботи тільки на електродвигуні показав гірші динамічні характеристики через обмежену потужність, але забезпечує нульові викиди в міських умовах. Визначено раціональне значення імовірності виконання експлуатаційних умов руху 0.95, що дозволяє оптимізувати потужність ГСУ та знизити її вартість на 12-15% без критичного погіршення експлуатаційних показників. Результати дослідження можуть бути використані для проектування та оптимізації параметрів гібридних транспортних засобів.

Література

1. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46.
2. Aulin V., Liashuk O., Mironov D., Staliński P., Rutkowski M., Lysenko S. Management-oriented assessment of transport service quality using logistics monitoring system and Harrington's desirability function in support of SDG 9. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, no. 17. P. 7837.
3. О.Л. Ляшук, Д.В. Міронов, А.П. Луцик. Математичне моделювання гібридного транспортного засобу з послідовною конфігурацією силової установки. *Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 20-22 жовтня 2025 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2025, с. 279-282.
4. Cheng R., Dong Z. Modeling and simulation of plug-in hybrid electric powertrain system for different vehicular application. *2015 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC): proceedings*. IEEE, 2015.

УДК 629.113

О.Л. Ляшук д.т.н.; Р.В. Хорошун, д.ф.н.; Ю.Б. Дубовий ; Д.Л. Клопотівський
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

КУТОВІ КОЛИВАННЯ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ НЕЛІНІЙНОЮ СИЛОВОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ

O. Lyashuk, R. Khoroshun; Y. Duboviy; D. Klopotovskiy
**ANGULAR OSCILLATION OF WHEELED VEHICLES WITH NON-LINEAR
POWER CHARACTERISTICS OF ABSORBER SYSTEM**

До колісних транспортних засобів малої та середньої вантажності, що експлуатуються за значних швидкостей та у складних умовах руху пересіченою місцевістю ставляться значно жорсткіші вимоги щодо їх експлуатаційних характеристик. Система підвіски таких транспортних засобів із лінійним або близьким до нього законом зміни відновлюючої сили не тільки не захищає від значних перевантажень (в т.ч.

миттєвих), але й призводить до значної втоми водія чи людей при довготривалих перевезеннях.

Експериментальні та окремі теоретичні дослідження вказують на те, що характеристика пружної сили, яка діє на підресорену масу, повинна задовольняти певним умовам - бути малою для незначних деформацій амортизаторів і стрімко зростати при значних. Таким вимогам задовольняє підвіска із нелінійним зв'язком між відновлювальною силою та деформацією [1] (прогресивна силова характеристика системи підресорювання (СП). Дослідження [2-3], які стосуються кутових коливань КТЗ за прогресивного закону зміни пружної характеристики СП вказують на їх принципову різницю у порівнянні із коливаннями підресорна частина (ПЧ) за лінійної характеристики СП. За розрахункову модель приймається плоска система, яка зображена на рис. 1.

Зважаючи на вказані припущення, у випадку поздовжньо - кутових коливань мають справджуватись умови: $c_2 = a/bc_1$, $(c_1 + c_2)\Delta_{st}^{v+1} = \bar{P}$, де $\bar{P}$ - вага ПМ КТЗ, Δ_{st} - статична деформація пружних амортизаторів.

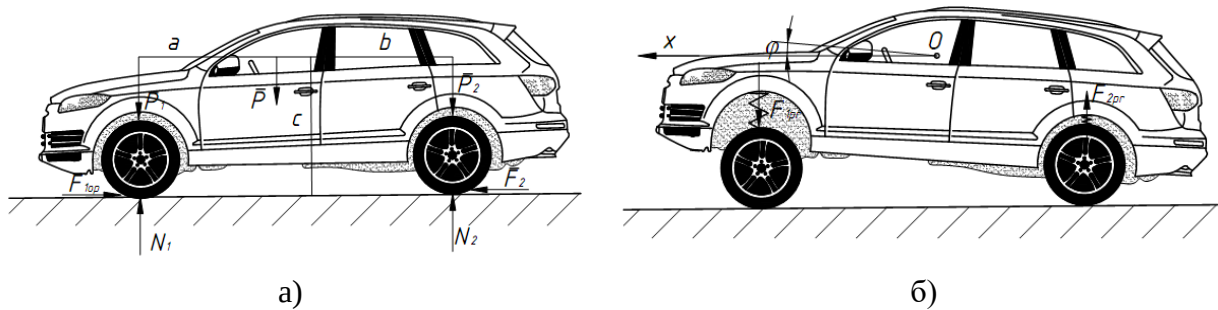


Рисунок 1. Розрахункова модель
а) загальний вигляд; б) розподіл зовнішніх сил, які діють на КТЗСП

Для розв'язання поставленої задачі використаємо диференціальне рівняння поздовжньо – кутових коливань ПМ КТЗСП

$$I_o \ddot{\phi} = -a(F_{1pr} + R_{1op}) - b(F_{2pr} + R_{2op}), \quad (1)$$

де I_o - момент інерції ПЧ відносно горизонтальної осі, яка проходить через центр ваги і перпендикулярна до вектора швидкості переносного руху КТЗ, тобто, $I_o = P/(3g)(a^2 + b^2 + c^2/4)$, $\phi(t)$ - відхилення в довільний момент часу від рівноважного положення ПМ. Диференціальне рівняння (1) записати у вигляді

$$I_o \ddot{\phi} + (c_1 a^{v+2} + c_2 b^{v+2}) \phi^{v+1} = (\nu+1) \Delta_{st} (c_1 a^{v+1} - c_2 b^{v+1}) \phi^v - [\alpha_1 a^{s+2} + \alpha_2 b^{s+2}] \phi^{s+1}. \quad (2)$$

Якщо врахувати, що для СП із лінійною характеристикою відновлюючої сили ($\nu=0$) максимальне значення вказаної величини рівне $\bar{w}_l = 3gd\alpha_\phi (a^2 + \kappa b^2) / ((1+\kappa)(a^2 + b^2 + c^2/4)\Delta_{st})$, то для порівняльної оцінки впливу нелінійної характеристики СП на перевантаження за розглядуваних коливань, отримаємо залежність і побудовані графічні залежності (рис. 2).

$$\eta = \frac{\bar{w}}{\bar{w}_l} = \frac{(a^{v+2} + \kappa b^{v+2}) \left(\frac{\alpha_\phi}{\Delta_{st}} \right)^v}{(a^2 + \kappa b^2)}, \quad (3)$$

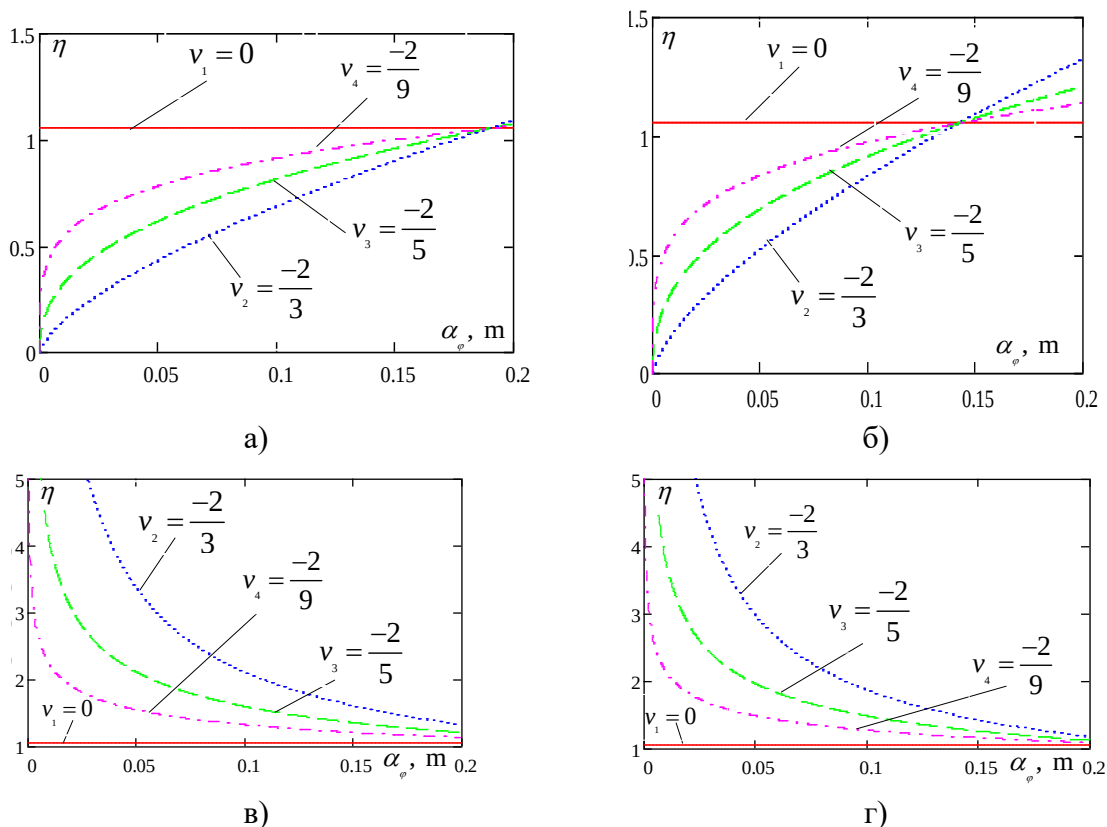


Рисунок 2. Залежність коефіцієнта η від амплітуди кутових коливань ПЧ прогресивним (а, б) та регресивним (в, г)

Література

1. Кузьо І.В. Вплив параметрів підвіски на нелінійні коливання транспортних засобів / І.В. Кузьо, Б.І. Сокіл, В.М. Палюх // Вісник НУ “ЛП” “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів”. 2007. №588 С. 49-52.
2. Грубель М.Г., Нанівський Р.А., Сокіл М.Б. Вплив відновлювальної сили пружної підвіски на коливання та стійкість руху колісних транспортних засобів. *Перспективи розвитку озброєння і військової техніки СВ: тези доповідей Міжнародної НТК*. Львів: АСВ, 2014. С. 35.
3. Грубель М.Г. Вертикальні коливання підресореної частини колісних транспортних засобів під дією випадкових збурень / М.Г. Грубель, О.П. Красюк, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл // Наукові нотатки НТК. – Луцьк, 2014. – Вип. 46. – С. 112–116.

УДК 621.9.62

О.Л. Ляшук; І.Б. Гевко; М.І. Михайлецький; В.Я. Поліян

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ПОЯСКІВ У БЛОКАХ ЦИЛІНДРІВ

O.L. Lyashuk; I.B. Gevko; M.I. Mykhayletsy; V.Ya. Poliyan

DEVICE FOR BORING BELTS IN CYLINDER BLOCKS

Пристрій для розточування ущільнюючих циліндричних поясків під гільзи блоків циліндрів (рис.1) виконано у вигляді шліцевого штока, який по посадці ковзання встановлений в центральний шліцевий отвір циліндричного корпусу з можливістю осевого і кругового переміщення, нижній кінець якого виконано конусної форми. По

зовнішньому діаметру руховий корпус є у взаємодії з підтисочною втулкою, яка знизу жорстко закріплена до конічної центрувальної втулки, яка зовнішньою нижньою конусною поверхнею є у взаємодії з конічною поверхнею конічної центрувальної втулки, знизу на циліндричному пояску якої жорстко встановлено підшипник кочення внутрішнім діаметром. Зовнішнім діаметром підшипник кочення встановлено у внутрішній діаметр циліндричного корпуса, нижній циліндричний борт якого зовнішнім діаметром є у взаємодії з внутрішнім отвором блока циліндрів в якому необхідно розточувати ущільнюючі пояски. З нижнього торця конічної центрувальної втулки рівномірно по колу виконано три радіальні пази, які є у взаємодії з розточними різцями, які відтиснуті до осі корпуса за допомогою відтискних пружин.

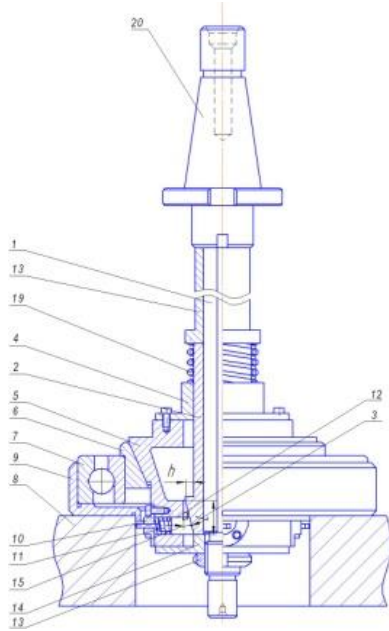


Рисунок 1. Пристрій для розточування ущільнюючих циліндричних поясків під гільзи блоків циліндрів

Крім цього розточні різці конусними торцевими поверхнями є у взаємодії з конусною поверхнею 3 шліцевого штока. Знизу конічна центрувальна втулка закрита кришкою, яка внутрішнім діаметром є у взаємодії з нижнім різьбовим кінцем рухомого шліцевого штока, на зовнішньому діаметрі якого нагвинчена гайка. Остання верхнім торцем є у взаємодії з нижнім торцем кришки. Розрахункова схема зміни величин подачі шпинделя $S_{ш}$ і різця S_p для різних кутів α зображена на рис. 2.

Величина подачі шпинделя $S_{ш}$ (мм/об.) за даною схемою рівна:

$$S_{ш} = BB_1 = a \cos \alpha - a \cos \alpha_1 = a (\cos \alpha - \cos \alpha_1), \quad (1)$$

де a - довжина тяги, мм.

Величина подачі різця S_p для даної величини подачі шпинделя рівна

$$S_p = CC_1 = a \sin \alpha_1 - a \sin \alpha = a (\sin \alpha_1 - \sin \alpha). \quad (2)$$

Відношення $S_p / S_{ш}$ (основна характеристика розточних головок) буде складати

$$\frac{S_p}{S_{ш}} = \frac{a (\sin \alpha_1 - \sin \alpha)}{a (\cos \alpha - \cos \alpha_1)} = \frac{\sin \alpha_1 - \sin \alpha}{\cos \alpha - \cos \alpha_1}. \quad (3)$$

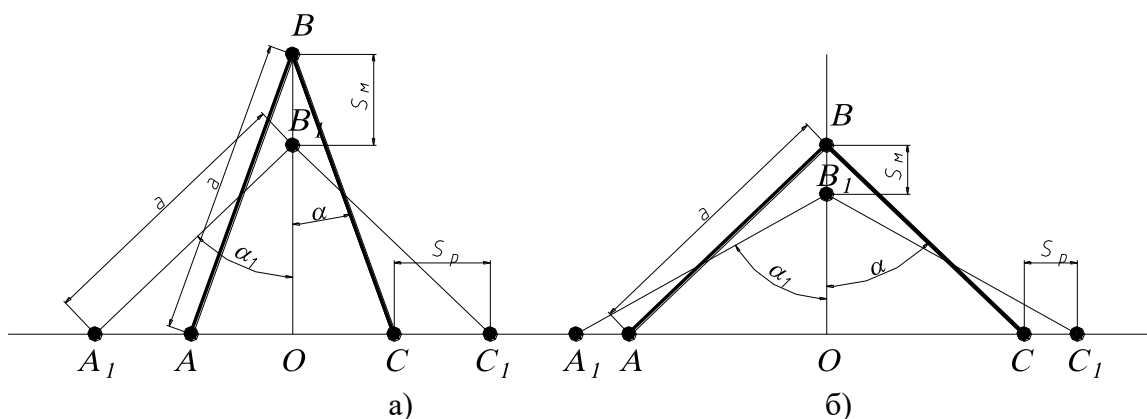


Рисунок 2 – Розрахункова схема зміни величини подачі шпинделя S_u і величини подачі різця S_p для різних кутів α

а) – малий кут α , $S_u < S_p$; б) – великий кут α , $S_u > S_p$;

Оскільки конструкція РГ передбачає можливість зміни кута α в діапазоні $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, то розрахунок проводимо в цьому діапазоні. Для спрощення розрахунку відношення S_p / S_u візьмемо середнім в межах $10^\circ(\alpha_1)$.

Графік залежності зміни S_p / S_u від кута α розміщення шарнірів в РГ зображений на рис. 3.

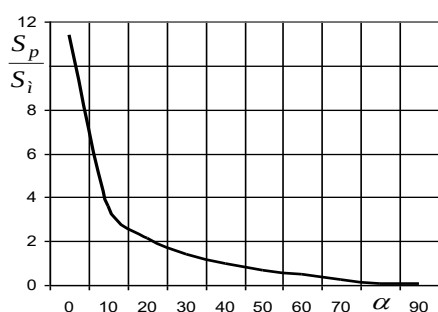


Рисунок 3 – Графік залежності зміни S_p / S_u від кута розміщення шарнірів в РГ α .

Із графіка видно, що умова S_p / S_u забезпечується при значеннях кута $\alpha > 45^\circ$. Найбільш раціональним є застосування в конструкції РГ кута в межах $\alpha = 45^\circ \dots 75^\circ$. Приймаючи кут $\alpha = 60^\circ$ в початковому положенні і параметр тяги $a = 18 \text{ мм}$, забезпечуємо максимальний радіальний хід різців. $L = a - a \sin 60^\circ$

Література

1. Physical basis for the formation of precision surfaces in the machining of nonmetallic materials / Y. D. Filatov, V. I. Sidorko, O. Y. Filatov, S. V. Kovalov. – Kyiv: Naukova dumka, 2017. – 234 p

**БЕНЗИНОВІ ДВИГУНИ З СИСТЕМАМИ ІНЖЕКТОР І ПРЯМИЙ ВПОРСК: ЯКА
МІЖ НИМИ РІЗНИЦЯ, ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ****L.M. Nedoshytko, A.V. Novakivskyi****GASOLINE ENGINES WITH INJECTOR SYSTEMS AND DIRECT INJECTION:
WHAT IS THE DIFFERENCE BETWEEN THEM, ADVANTAGES AND
DISADVANTAGES**

Сучасні бензинові двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) використовують два основні типи систем подачі палива: MPI (Multi-Point Injection) – багатоточкове впорскування у впускний колектор, та GDI (Gasoline Direct Injection) – пряме впорскування безпосередньо в камеру згоряння. Ці системи кардинально відрізняються за принципом роботи, ефективністю, вартістю обслуговування та вимогами до експлуатації. Розглянемо технічні відмінності, переваги та недоліки кожної системи, а також рекомендації щодо вибору залежно від умов використання.

Технічні відмінності. У системі MPI паливо впорскується у впускний колектор перед впускними клапанами, де змішується з повітрям ще до потрапляння в циліндр. Робочий тиск становить 3–5 бар, використовується стандартний електричний паливний насос. Суміш завжди однорідна ($\lambda \approx 1$). У GDI паливо подається безпосередньо в камеру згоряння під тиском 50–200 бар за допомогою механічного насоса високого тиску (НВТ). Це дозволяє формувати стратифіковану суміш (бідна в центрі, багата біля свічки) у режимах часткового навантаження. Компоненти MPI простіші: форсунки у впускному колекторі, рампа низького тиску. GDI складніша: форсунки в камері згоряння, посилена рампа високого тиску, додаткові датчики тиску.

Переваги та недоліки MPI. Система інжекторного типу (MPI) відзначається простою конструкцією та надійністю у роботі. Вона не потребує високого тиску палива, що робить її дешевшою у виробництві й обслуговуванні. Інжекторні двигуни стійко працюють на паливі середньої якості, мають плавний запуск у холодну пору року та стабільну роботу на малих обертах. Важливою перевагою є те, що паливо подається у впускний колектор, де омиває клапани, запобігаючи утворенню нагару. Завдяки простоті електронного управління і невеликому тиску палива такі двигуни є довговічними та невибагливими у сервісному обслуговуванні. Основним недоліком інжекторної системи є менша точність дозування палива, що призводить до підвищеної витрати. Потужність двигуна також є нижчою порівняно з системами прямого впорскування. Крім того, через особливості змішування повітря з паливом двигуни з інжектором мають гірші екологічні показники та не відповідають найновішим стандартам токсичності. Форсування таких двигунів обмежене, оскільки підвищення ступеня стиску призводить до детонації і потребує серйозних конструктивних змін.

Переваги та недоліки GDI. Системи прямого впорскування є більш сучасними та технологічними. Паливо подається безпосередньо у камеру згоряння під високим тиском, що забезпечує точне дозування та ефективне згоряння. Це дає змогу підвищити ступінь стиску, збільшити потужність і крутний момент, одночасно зменшуючи витрату палива до 15–20 %. Пряме впорскування покращує екологічні показники, знижує викиди CO₂ і дозволяє працювати з бідними сумішами. Двигуни з цією системою характеризуються хорошою динамікою, швидкою реакцією на педаль газу та високим ККД. Найвагомим мінусом системи GDI є складність конструкції та висока вартість обслуговування. Через великі навантаження елементи паливної системи (форсунки, насос високого тиску)

потребують якісного палива й регулярного технічного догляду. Унаслідок того, що паливо не омиває впускні клапани, швидко утворюється нагар, який може знижувати потужність і викликати нестійку роботу двигуна. Також характерні проблеми з детонацією при використанні неякісного бензину та складність ремонту через наявність високотискових елементів.

Отже, інжекторні двигуни (MPI) є простими, дешевими та надійними у повсякденній експлуатації, однак поступаються сучасним системам прямого впорскування за економічністю, потужністю та екологічністю. Двигуни з прямим впорскуванням (GDI, FSI, TSI) забезпечують кращу ефективність і відповідають сучасним екологічним вимогам, проте потребують якісного обслуговування й пального. Вибір між цими системами залежить від пріоритетів користувача: надійність і простота — за інжектором, економічність і потужність — за GDI.

Література:

1. Bosch Automotive Handbook, 10th Edition. – Robert Bosch GmbH, 2018. – P. 512–518.
2. Zhao, F., Lai, M. C., Harrington, D. L. *Automotive Gasoline Direct-Injection Engines*. – SAE International, 2002. – 352 p.
3. Heywood, J. B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. 2nd ed. McGraw-Hill Education, 2018. – P. 678–685.
4. Van Basshuysen, R., Schäfer, F. *Internal Combustion Engine Handbook*. SAE International, 2016. – P. 245–252.
5. Reif, K. *Gasoline Engine Management: Systems and Components*. Springer Vieweg, 2014. P. 78–82.
6. Stone, R. *Introduction to Internal Combustion Engines*. 4th ed. Palgrave Macmillan, 2012. P. 189–195.
7. Kalghatgi, G. "Deposits in Gasoline Direct Injection Engines". *Fuel*. 2018. Vol. 228. P. 457–462.
8. Порівняння систем впорскування MPI та GDI. АвтоПро. URL: <https://autopro.ua/articles/mpi-vs-gdi>
9. Технічні характеристики двигунів VW TSI. Volkswagen AG. URL: <https://www.volkswagen.de/models/golf>
10. Ціни на запчастини для GDI. Exist.ua, 2024. URL: <https://exist.ua>
11. Технічні характеристики двигунів VW TSI. Volkswagen AG. URL: <https://www.volkswagen.de/models/golf>
12. Ford Motor Company. *EcoBoost Engine Technology White Paper*. 2023. URL: <https://www.ford.com/ecoboost>

УДК 621.891

Р.В. Нечипоренко, О.О. Ничик, Т.В. Яцків

(Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя)

ВІБРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ АВТОМОБІЛЯ

R.V. Nechiporenko, O.O. Nychyk, T.V. Yatskiv

VIBROELECTROMECHANICAL STRENGTHENING OF FRICTION SURFACES OF HEAVY-LOADED VEHICLE TRIBO-COUPPLINGS

Забезпечення високих параметрів точності та якості робочих поверхонь тертя деталей трибоспряжень автомобіля при їх тривалій експлуатації можливе при

використанні сучасних прогресивних методів формоутворення робочого профілю поверхні. Зміцнюючі методи, які приміняються при виготовленні деталей трибоспряджень автомобілів та формоутворення їх поверхонь – обкатування роликми і кульками, віброобробка, електромеханічна обробка – не забезпечують одночасного одержання високого ступеня зміцнення матеріалу поверхневого шару і регулярного мікрорельєфу. Крім цього, перелічені методи мають ряд недоліків: при обкатуванні і віброобробці, незалежно від виду робочого деформуючого інструменту, одержуються відносно малий рівень поверхневого зміцнення матеріалу деталі, яка зумовлена холодною пластичною деформацією; незначний діапазон зміни глибини сліду деформуючого інструменту при віброобробці внаслідок появи пере наклепу металу; при електромеханічній обробці неможливо регулювати мікрорельєфом оброблюючої поверхні, внаслідок одержання значної неоднорідності структури поверхневого шару матеріалу. Для усунення вказаних недоліків запропоновано віброелектромеханічний спосіб вигладжування робочих поверхонь деталей трибоспряджень, принципова схема якого показана на рисунку 1.

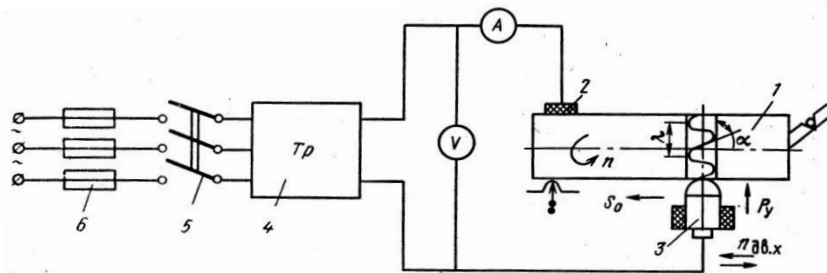


Рисунок 1. Принципова схема віброелектромеханічного вигладжування поверхонь деталей. 1 – деталь (вал), циліндрична поверхня якої підлягає вигладжуванню; 2 – контактні щітки; 3 – робочий вигладжувальний інструмент; 4 - понижуючий трансформатор.

З метою одночасного одержання високого ступеня зміцнення поверхневого шару матеріалу поверхні і регулярного мікрорельєфу на ній, обробка розігрітого металу вище температури фазових перетворень проводиться інструментом, якому крім руху подачі додатково надається зворотньо-поступальний рух вздовж осі оброблюючої деталі з великою частотою і малою амплітудою з використанням спеціальної віброголовки. За рахунок складної кінематики руху робочого інструмента і великої кількості регулюючих параметрів при обробці, появляється можливість точного регулювання в широких границях основних геометричних характеристик поверхні: радіус закруглення виступів і впадин, кут нахилу виступів; крок виступів.

Траєкторія руху робочого інструменту являє собою синусоїду з амплітудою e і кроком λ який залежить від співвідношення n подв.ходів / n_3 . Таким чином робочий інструмент описує велику кількість зміщених оду від другої синусоїд, які утворюють сітку розміри якої залежать від співвідношення n подв.ходів, n_3 , s_0 , e . Канавки сітки пересікаються під певним кутом α з нерівностями вихідної поверхні, які являють собою гвинтові виступи з малим кутом нахилу і не великим кроком. Кут сітки α характеризується співвідношенням n подв.ходів / n_3 і в значній мірі визначає характер пластичної деформації матеріалу поверхні деталі – напрям зминання металу виступів вихідної поверхні під інструментом і його деформуючу дію. Змінюючи величину кута сітки α можна регулювати залишкову деформацію і висоту нерівностей, які утворюються на поверхні деталі. Геометричні характеристики отриманого мікрорельєфа поверхні при віброелектромеханічному зміцненні залежать від параметрів режимів обробки: частота обертання заготовки n_3 , діаметра заготовки d_3 , подачі s_0 , числа подвійних ходів n подв.ходів, амплітуди e , радіусу інструмента R , радіального зусилля P . За рахунок складної кінематики руху робочого інструмента і великої кількості регулюючих параметрів обробки, в порівнянні з іншими способами чистової обробки різанням і

тиском, появляється можливість більш тонко і в широких межах регулювати, при одному і тому ж самому класі шорсткості поверхні, наступні геометричні характеристики: радіус заокруглення виступів і впадин отриманого профілю r , кут нахилу утворюючої виступів β , крок виступів s .

На рисунку 2 показано профілографи поверхонь деталей оброблених чистовим точінням, електромеханічним і віброелектромеханічним вигладжуванням.

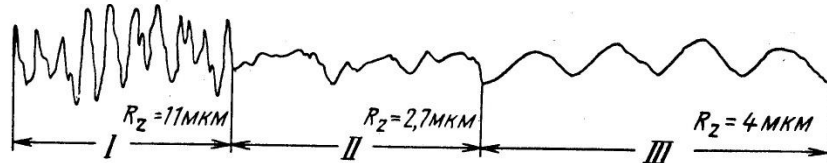


Рисунок 2. Профілографи поверхонь деталей після чистового точіння (а), електромеханічного (б) та віброелектромеханічного (в) вигладжування.

Із рисунка 2 видно, що при точінні і електромеханічному вигладжуванні одержується хаотичний мікрорельєф поверхні деталі, а при віброелектромеханічному вигладжуванні – регулярний мікрорельєф поверхні з великими значеннями радіуса r і малими значеннями кута β .

В таблиці приведені значення режимів електромеханічного вигладжування (ЕМВ) та віброелектровигладжування (ВЕМВ) поверхонь зразків із сталі 45.

Вид обробки поверхні	Сила струму, А	Радіальне зусилля, кгс	Частота обертання заготовки, об/хв	Подача робочого інструменту, мм/об	Амплітуда коливання робочого інструменту, мм	Число подвійних ходів робочого інструменту протягом однієї хв.	Число робочих ходів інструменту
ЕМВ	520	25	100	0,23			1
ВЕМВ	520	25	100	0,23	1	1400	1

Як показали металографічні дослідження структури матеріалу поверхневих шарів деталі при віброелектромеханічному вигладжуванні, внаслідок складної переддеформації металу, значно збільшується інтенсивність пластичної деформації, підвищується дисперсність і однорідність структури матеріалу, що суттєво впливає на зносостійкість деталей та їх довговічність.

Ефективність примінення методу віброелектромеханічного вигладжування поверхонь деталей підтверджена лабораторними і стендовими дослідженнями пальців хрестовин карданного валу. Зміцнення матеріалу поверхневих шарів з приміненням даного методу збільшило довговічність пальців хрестовин карданного валу в 1,3...1,7 разів.

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОНОВЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАНЬ ЛИСТОВИХ РЕСОР ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

M.V. Oliynyk; I.H. Mirutskyi, S.V. Sverhun

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR UPDATING THE TESTING METHODOLOGY OF VEHICLE LEAF SPRINGS

Вітчизняне виробництво листових ресор сьогодні стикається з обмеженнями, пов'язаними з відсутністю сучасної нормативної бази, методів сертифікації та випробувальних стендів, що відповідають європейським стандартам. Чинні технічні документи, успадковані з радянських часів, не враховують різноманітність сучасних конструкцій ресор - параболічних, комбінованих, багатолістових, ресор зі змінною жорсткістю. Це ускладнює запуск серійних виробів, обмежує можливості експорту та не дозволяє адекватно оцінювати їх довговічність.

Проблеми чинних методик випробувань^[1,2] є те, що сучасна нормативна база розглядає ресору фактично як однорідний зразок матеріалу, на який накладається лінійна залежність між напруженнями та деформаціями. Застосування класичних формул що визначають випробування матеріалів на втому, приводить до ототожнення складного елемента підвіски із звичайним зразком металу. Однак ресора - це конструкція зі змінним профілем, зонами концентрації напружень, нерівномірним розподілом деформацій і впливом фрикційних з'єднань.

Реальні випробування доводять, що максимальні напруження не збігаються з ділянками прикладання навантаження, а зона руйнування найчастіше зміщується ближче до точок кріплення U-подібними болтами. Це означає, що формули, які визначають статичне напруження як середню величину в центральному перерізі, не відображають фактичну роботу ресори.

Для параболічних ресор, де напруження рівномірно розподілені по робочій зоні, взагалі недоцільно застосовувати класичні принципи визначення, оскільки найбільш навантажені перерізи не збігаються з рекомендованими нормативною методикою.

На практиці застосовувалися кілька принципів визначення статичного напруження:

Принцип 1 - середнє статичне напруження у центральному перерізі;

Принцип 2 - напруження відповідно до характеристик матеріалу;

Принцип 3 - максимальне напруження в центральному перерізі листа;

Принцип 4 - напруження з урахуванням точки кріплення U-подібними болтами;

Принцип 5 (новий) - максимальне розтягуюче напруження в будь-якій точці листа, незалежно від розташування.

Проте будь-який із перших чотирьох принципів обмежений конструктивною різноманітністю ресор. Принцип 5 пропонує універсальний підхід, але вимагає нової методології розрахунку та експериментальної перевірки.

Переваги підходу очевидні, він безпосередньо пов'язаний із реальним статичним навантаженням ТЗ; дозволяє проводити порівняльні випробування ресор різних конструкцій; не залежить від внутрішніх параметрів, зокрема від невизначеного; виключає потребу у дублюванні статичних випробувань; коректно відображає роботу ресори як конструкції, а не матеріалу.

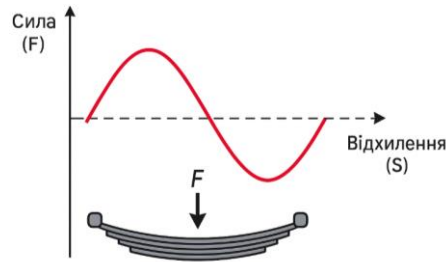


Рисунок 1 – Динаміка зміни навантаження на ресорі в підвісці ТЗ

Рисунок 1 демонструє, що реальне навантаження в підвісці змінюється циклічно, формуючи динамічний режим роботи. Стендова модель із фіксованою амплітудою не може відтворити такі режими, що призводить до розриву між лабораторними та дорожніми результатами, адже стендові випробування матеріалів не враховують зміну жорсткості під час роботи ресори; тертя між листами та його вплив на розподіл напружень; температурні ефекти й процеси старіння; неоднорідність металу через технологію виготовлення; реальну динаміку сили та ходу ресори під час руху автомобіля.

Для забезпечення достовірних випробувань необхідно перейти від «матеріального» до конструкційного підходу:

- 1) удосконалення стандартів: $\left\{ \begin{matrix} P \\ SEP \end{matrix} \right\}$
 - створити нові нормативи для параболічних, комбінованих та двоступеневих ресор;
 - розробити окремі методики для різних схем закріплення й навантаження.
- 2) розвиток випробувальної інфраструктури:
 - стенди зі змінною амплітудою навантаження;
 - датчики напружень, деформацій та температури;
 - системи реального моніторингу поведінки ресори під час тесту.
- 3) використання моделювання:
 - CAE/FEM для визначення зон концентрації напружень;
 - моделювання тертя між листами;
 - прогнозування втомної довговічності.
- 4) формування національної бази даних:
 - стандартизовані протоколи випробувань;
 - можливість порівняння українських і зарубіжних ресор;
 - створення єдиного цифрового каталогу результатів.

Отже, проведений аналіз показує, що традиційні підходи до стендових випробувань листових ресор не забезпечують достовірної оцінки їх ресурсу, оскільки не враховують конструктивну складність, динамічні режими навантаження та особливості взаємодії елементів підвіски. Оновлення методичної бази є критичним для розвитку українського машинобудування, підвищення конкурентоспроможності продукції та інтеграції у міжнародні виробничі стандарти.

Література

1. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Теорія експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. – Суми: СНАУ, 2015. 213 с.
2. Сахно В. П., Сирота В. І., Поляков В. М. Автомобілі. Теорія. – Одеса: Військова академія, 2017. – 414 с.
3. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. – Wiley, 2008. 592 p.
4. Rajamani R. Vehicle Dynamics and Control. – Springer, 2012. 498 p.
5. Bussche H., Heide R. Leaf Spring Technology Handbook. – Springer, 2019. 310 p.

МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАСИПНИХ ВАНТАЖІВ БЕЗВАЛЬНИМИ СПІРАЛЬНИМИ ШНЕКАМИ

T. Peleshok Ph.D.; L.Rogatynska; I. Golovach; V. Penionzhko

MODEL OF TRANSPORTATION OF BULK CARGO BY SHAFTLESS SPIRAL SCREWS

За принципом роботи безвальні спіральні шнеки відрізняються від конвеєрів з жорстким робочим органом розподілом швидкостей в потоці та умовами захоплення вантажу при завантаженні та транспортуванні. Зокрема такі шнеки допускають можливість транспортування вантажу по криволінійних траєкторіях і, відповідно, мають збільшені зазори між поверхнями кожуха та спіралі. Разом із наявністю центрального отвору, це призводить до нерівномірності розподілу та напрямку швидкостей частинок в потоці як по ширині спіралі, так і по за нею. Відповідно, пряме використання математичних моделей, які ґрунтуються на законах руху матеріальної частинки, призводитиме до значних похибок.

Метою дослідження є уточнення моделі транспортування сипких вантажів у безвальних спіральних шнеків шляхом розгляду не окремої частинки, а виділеного елементарного об'єму потоку з приведеними кінематичними та динамічними параметрами.

Розглянемо процес транспортування сипкого вантажу для спірального конвеєра діаметром кожуха $D_0 = 2R_0$ із спіраллю у вигляді гвинтової стрічки зовнішнім радіусом R , внутрішнім r та кроком T .

В інерціальній системі координат $Oxyz$ розміщення довільно виділеного елементарного об'єму вантажу ΔV , поданого у вигляді кутового сектора з параметром $\Delta\theta$, з кутовим параметром θ_Δ , визначається приведеними координатами його умовного центру з радіальним параметром ρ_Δ

$$x_\Delta = \rho_\Delta \cos\theta_\Delta; y_\Delta = \rho_\Delta \sin\theta_\Delta; z_\Delta = c(\theta_\Delta - \omega t), \quad (1)$$

де ω - кутова швидкість обертання робочого органу гвинтового конвеєра; c - параметр кроку спіралі, $c = T/(2\pi)$. Згідно даних експерименту $\rho_\Delta = \xi R + (1-\xi)r$, де $\xi \approx 0,8...0,9$.

На робочі поверхні конвеєра зі сторони потоку вантажу діє розподілене по дузі $\Delta\theta$ змінне навантаження, відповідно для спіралі q_c та кожуха q_k :

$$q_c = q_c(\theta) = \int_r^R p_c(\rho, \theta) d\rho = \Delta N_c / \Delta\theta; \quad q_k = q_k(\theta) = \int_z^{z+T} p_k(R_0, \theta) dz = \Delta N_k / \Delta\theta, \quad (2)$$

$$\text{де } \Delta N_c = \iint_{\Delta S_c} p_c d\rho d\theta, \quad \Delta N_k = \iint_{\Delta S_k} p_k dz d\theta \quad \text{та} \quad \Delta F_c = \iint_{\Delta S_c} \tau_c d\rho d\theta, \quad \Delta F_k = \iint_{\Delta S_k} \tau_k dz d\theta -$$

відповідно сили нормальних реакцій і сили тертя в зоні поверхонь спіралі шнека ΔS_c , та кожуха ΔS_k , що діють на елементарний об'єм вантажу ΔV ; p_c , p_k та τ_c , τ_k - відповідно нормальні та тангенціальні контактні напруження, що діють на поверхні спіралі та кожуха; ρ - радіальний параметр, $r \leq \rho \leq R$.

Отже, на виділений елементарний об'єм потоку вантажу ΔV з кутом $\Delta\theta$ зі сторони спіралі та кожуха діятимуть, відповідно, рівнодійні $\Delta \bar{R}_c$ та $\Delta \bar{R}_k$:

$$\Delta \bar{R}_c = \Delta \bar{N}_c + \Delta \bar{F}_c = \Delta N_c (\bar{n}_c - \mu_c \bar{v}_c^e / |\bar{v}_c^e|) = \bar{\alpha}_c \Delta N_c; \quad (3)$$

$$\Delta \bar{R}_k = \Delta \bar{N}_k + \Delta \bar{F}_k = \Delta N_k (\bar{n}_k - \mu_k \bar{v}_k^e / |\bar{v}_k^e|) = \bar{\alpha}_k \Delta N_k$$

Тут $\bar{\alpha}_c$ та $\bar{\alpha}_k$ вектори напрямку рівнодійних $\Delta \bar{R}_c$, $\Delta \bar{R}_k$. Згідно в циліндричній системі координат $Oxyz$ [1] : $\bar{\alpha}_c = \{\alpha_{pc}; \alpha_{\theta c}; \alpha_{zc}\} = \{0; \sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha; \cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha\}$; $\bar{\alpha}_k = \{\alpha_{pk}; \alpha_{\theta k}; \alpha_{zk}\} = \{1; -\mu_2 \cos \beta; -\mu_2 \sin \beta\}$, де α - кут нахилу спіралі в зоні дії $\Delta \bar{R}_c$, $\tan \alpha = c / \rho_\Delta$; β - кут підйому траєкторії вантажу.

Із врахуванням того, що елементарний об'єм становить $\Delta V = \phi_V \pi R^2 T (\Delta \theta / 2\pi)$, його маса

$$\Delta m = \pi \phi_V \gamma_0 R^2 c \cdot \Delta \theta = T Q_m \Delta \theta / (2\pi v_z), \quad (4)$$

де $Q_m = dm/dt = \Delta m / \Delta t = \pi \phi_V \gamma_0 R^2 v_z$ - масова витрата сипкого вантажу, γ_0 - насипна густина вантажу; v_z - осьова швидкість потоку, $v_z = \dot{z} = c(\dot{\theta} - \omega) = T(\omega - \omega_\Pi) / 2\pi$; Тут $\omega_\Pi = d\theta/dt$ - кутова швидкість кругового руху потоку.

На підставі викладеного, виведено рівняння руху потоку в гвинтовому каналі конвеєра під дією змінних (відносно θ) розподілених сил q_c та q_k ; питомої тангенціальної сили (по нормалі до перетину потоку) T_θ та об'ємних сил:

$$\begin{aligned} \alpha_{pc} q_c + \alpha_{pk} q_k + T_\theta + Q_m (g_p + \rho_\Delta \dot{\theta}^2) / (\omega - \dot{\theta}) &= 0; \\ \alpha_{\theta c} q_c + \alpha_{\theta k} q_k + (\Delta T_\theta / \Delta \theta) \cos \alpha_0 + Q_m (g_\theta - \rho_\Delta \ddot{\theta}) / (\omega - \dot{\theta}) &= 0; \\ \alpha_{zc} q_c + \alpha_{zk} q_k + (\Delta T_\theta / \Delta \theta) \sin \alpha_0 + Q_m (g_z - c \ddot{\theta}) / (\omega - \dot{\theta}) &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Нормальні реакції та сили тертя, що діють на потік, не змінюють свого напрямку по відношенню до потоку, а тому основним фактором, що впливає на величину та зміну тангенціальної сили T_θ є об'ємні сили

$$T_\theta = \eta \Delta F_y / \Delta \theta = \eta \Delta m (\rho_\Delta \dot{\theta}^2 + g_p) / \Delta \theta = \eta Q_m (\rho_\Delta \dot{\theta}^2 + g_p) / (\omega - \dot{\theta}). \quad (6)$$

де η - приведенне значення бокового тиску.

Відповідно, складова $\Delta T_\theta / \Delta \theta$ другого та третього рівнянь системи (6), за умови постійної витрати Q_m , рівна

$$\Delta T_\theta / \Delta \theta = \frac{dT_\theta/dt}{d\theta/dt} = \eta Q_m \left[\frac{2\rho_c \ddot{\theta}}{(\omega - \dot{\theta})} - \frac{\ddot{\theta}(\rho_c \dot{\theta}^2 + g_p)}{\dot{\theta}(\omega - \dot{\theta})^2} \right], \quad (7)$$

Диференціальне рівняння руху виділеного елемента потоку в циліндричній системі координат відносно θ отримували шляхом виключення q_c , q_k із системи (5) аналогічно [1]. Його розв'язок проводиться числовими методами. За відомим законом зміни $\theta = \theta(t)$ отримують закономірності для визначення розподілених сил q_c та q_k .

Література .

1. Рогатинська О. Р. Обґрунтування параметрів навантаження і конструкцій гвинтових конвеєрів : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.05. Тернопіль, 2006. 167 с.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПАСАЖИРСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ В УКРАЇНІ

U.M. Plekan, Ph.D., V.I. Klek, S.I. Zharovskyi

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF PASSENGER TRANSPORTATION IN UKRAINE

Україна продовжує виконувати величезну транспортну функцію в умовах війни. За офіційними підрахунками, пасажирські перевезення відновлюються і в 2024–2025 рр. спостерігалось зростання пасажиропотоку в цілому по країні. Останнє свідчить про стійкість попиту на перевезення навіть за екстремальних умов [1].

Водночас значна частина мережі зазнала ушкоджень. Тисячі кілометрів доріг та сотні мостів були зруйновані або пошкоджені, що підвищує транзитні витрати, подовжує маршрути та ускладнює доступність для жителів віддалених територій. Відновлення вимагає значних ресурсів та часу.

Основними трендами, які визначатимуть розвиток пасажирського сполучення, на нашу думку, є:

1. Реконструкція з фокусом на євроінтеграцію
2. Цифровізація та модернізація сервісів
3. Електрифікація рухомого складу та енергоефективність
4. Гнучкі моделі мобільності і мульти-модальність
5. Безпека й адаптація до ризиків.

Міжнародне фінансування орієнтує відбудову на євро стандарти, що відкриває можливість модернізації інфраструктури та інтеграції з європейськими мережами, але потребує прозорих інвестиційних програм і моніторингу ефективності витрат.

Запровадження електронних квитків, TMS/ITS-рішень та диспетчеризації підвищує ефективність експлуатації, дозволяє краще балансувати попит і пропозицію і робить послуги зручнішими для пасажирів. Є випадки локальних проєктів цифровізації в містах і регіонах [1].

Міста інвестують у трамваї, тролейбуси й електробуси за підтримки EBRD та інших донорів; це підвищує екологічність і довгострокову стійкість парку, але потребує інвестицій у зарядну інфраструктуру та стійке енергозабезпечення. Зростає інтерес до інтеграції між автомобільним, міським громадським та залізничним транспортом, особливо важливо формувати багатомодальні хаби при відновленні інфраструктури.

Часті атаки на інфраструктуру змушують оператора й уряд інвестувати у захист критичних вузлів, систему резервування маршрутів і кризове планування. Це впливає на логістику, графіки руху й фінансові моделі.

Відповідно, існує декілька можливих сценаріїв розвитку на середньостроковий період. Базовий сценарій передбачає повільне, але стає відновлення мережі із значною часткою національної та міжнародної допомоги; поступова модернізація рухомого складу; збереження домінування автобусних та міських систем у внутрішніх сполученнях. Потребує помірних інвестиційних ризиків. Євро орієнтований сценарій в своїй основі ставить концентрацію ресурсів на інтеграцію з євростандартами: реконструкція вузлів, модернізація залізниці, розвиток мульти-модальних хабів, цифрові сервіси. Даний сценарій забезпечить довгострокову конкурентоспроможність, проте відзначається високою потребою у капіталі та реформуванні керування. Ескалація атак на інфраструктуру призводить до частих перебоїв, локалізації маршрутів і високих витрат на відновлення та охорону. Кризовий (безпековий) сценарій підсилює роль локальних рішень і знижує привабливість довгострокових інвестицій.

Нормативно-правове регулювання в Україні закладає фундамент для підвищення безпеки на приміських автобусних маршрутах. Однак для досягнення значних результатів потрібна модернізація законодавчої бази, цифровізація процесів контролю та впровадження нових стандартів безпеки на рівні всієї країни. Нормативно-правове регулювання є основою для впровадження стандартів безпеки на приміських автобусних маршрутах. В Україні діє низка законодавчих актів та програм, спрямованих на підвищення рівня безпеки пасажирських перевезень.

Підвищення рівня безпеки на приміських автобусних маршрутах є важливим напрямом державної політики України, який вимагає системного підходу та врахування сучасних викликів. Зростання кількості дорожньо-транспортних пригод, незадовільний технічний стан автобусів, порушення графіків руху та недостатній рівень інфраструктури підкреслюють актуальність змін у цій галузі.

У контексті інтеграції України до Європейського Союзу особливої ваги набуває гармонізація національного законодавства з європейськими стандартами, що передбачає вдосконалення правил пасажирських перевезень, підвищення технічних вимог до транспорту та забезпечення кваліфікації персоналу. Держава також запроваджує низку реформ і ініціатив, спрямованих на модернізацію системи перевезень, створення зручних умов для пасажирів та покращення безпеки руху.

У 2023 році Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України ініціювало реформу автобусних пасажирських перевезень, спрямовану на підвищення якості сервісу та безпеки пасажирів. Ключовим елементом реформи стало створення єдиного онлайн-порталу для пасажирів та перевізників — autobus.gov.ua, який надає офіційну інформацію про маршрути, зупинки та розклади руху.

До основних заходів, які впливають на покращення ситуації, належать автобусна реформа, зміна підходів до ліцензування перевізників, виконання євроінтеграційних зобов'язань та впровадження міжнародних стандартів безпеки.

Виконання стандартів безпеки на приміських автобусних маршрутах вимагають відповідного контролю та відповідальності. Основними органами в даному питанні є Державна служба України з безпеки на транспорті та патрульна поліція. Державна служба України з безпеки на транспорті (Укртрансбезпека) відповідає за ліцензування перевізників, контроль технічного стану автобусів, дотримання графіків руху та норм безпеки, а також проводить перевірки перевізників та накладає штрафи за порушення. Патрульна поліція здійснює контроль за дотриманням правил дорожнього руху, швидкісного режиму, технічного стану автобусів, а також застосовує санкції до водіїв-порушників.

Проблеми у нормативно-правовому регулюванні полягають у недостатньому контролі, застарілому автопарку та недотриманні режиму праці водіїв. Обмеженість інспекторів Укртрансбезпеки ускладнює регулярні перевірки, а корупційні ризики при ліцензуванні та перевірках роблять ситуацію ще складнішою. Вказані проблеми потребують вирішення на усіх рівнях.

Література

1. *Ukraine in Motion: Inclusive Paths Ahead* // *European Commission. Directorate-General for Mobility and Transport*. 2025. URL: https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/ukraine-motion-inclusive-paths-ahead-2025-09-12_en. – Дата звернення: 19.11.2025.

ТЕЛЕМАТИЧНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

D.F. Polziukov; O.P. Tson, Ph.D.

TELEMATICS-ANALYTICAL SYSTEM FOR URBAN TRANSPORT MANAGEMENT

Автоматизована система управління міським громадським транспортом (АСУ МГТ) розглядається як інтегрований телематично-аналітичний комплекс, що забезпечує безперервний контроль руху, диспетчерське керування та аналітичну обробку даних про роботу наземного громадського транспорту в режимі реального часу. До її складу входять бортові комплекси транспортних засобів (ПРО), централізована диспетчерська інфраструктура (ЦДП) та прикладні програмні модулі для візуалізації, формування звітності й обміну даними з міськими інформаційними платформами. Актуалізація на 2025 рік передбачає використання каналів LTE/4G/5G з профілями NB-IoT/LTE-M, супутникових навігаційних систем GNSS (GPS/Galileo/BeiDou), шифрування трафіку за протоколом TLS 1.3, VPN-тунелів та потокового обміну через GTFS-Realtime та відкриті API (рис. 1).

Функціонально система реалізує замкнений цикл «збір → передавання → зберігання → оброблення → візуалізація → керування», об'єднуючи ПРО, ЦДП та захищені канали зв'язку. Бортовий комплекс формує телематичні повідомлення (AVL/APC, події записи, параметри телеметрії) з періодичністю 1–5 с для координат руху та 10–60 с для допоміжних характеристик, використовуючи локальну буферизацію (store-and-forward) для забезпечення стійкості при втратах радіопокриття. Типова конфігурація ПРО включає GNSS-приймач, модем стільникового зв'язку LTE/4G/5G, контролер із захищеним ОТА-оновленням, інтерфейси CAN/FMS, RS-485, Ethernet, цифрові входи/виходи для підключення датчиків та модуль індикації/зв'язку з водієм (голосовий канал, SOS, службові повідомлення).

Центральна диспетчерська підсистема (ЦДП) містить кластер застосунків і баз даних з реплікацією, брокер подій для оброблення потоків даних, ГІС-платформу, веб-клієнт для диспетчерського моніторингу, сховище даних (DWH) для історичної аналітики, а також засоби інтеграції із системами інформаційної безпеки (SIEM) та керування доступом на основі ролей і двофакторної автентифікації.

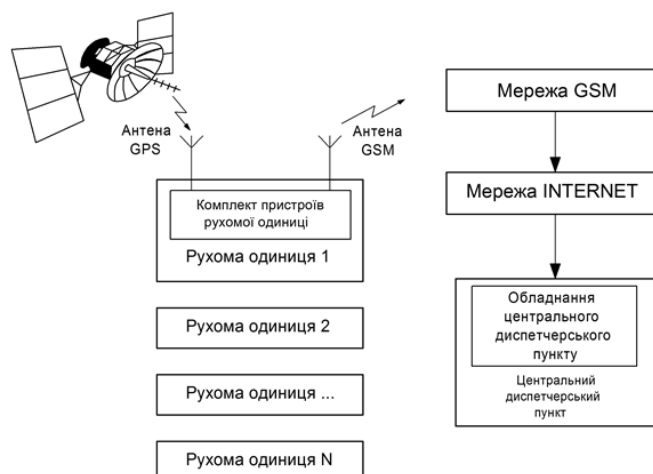


Рисунок 1. Узагальнена структурно-функціональна схема АСУ МГТ

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОСАМОКАТА**В.М.Riznyk; V.M. Kochak; V.O. Stupak; D.V. Kozak****IMITATION MODEL OF AN ELECTRIC SCOOTER**

У сучасному світі однією з найважливіших завдань є раціональне використання часу. Тому було розроблено багато електронних пристроїв з метою досягнення цієї цілі. Один з нових, але вже дуже популярних, електричних засобів транспорту є електричний самокат. Це стильний, компактний та легкий у керуванні засіб пересування, який також досягає значної швидкості (до 80 км/год).

З розвитком екологічної усвідомленості електричні самокати отримали додаткову перевагу. Їхні нульові викиди вуглекислого газу та ефективне використання енергії роблять їх екологічно чистим засобом пересування, сприяючи зменшенню транспортних викидів. З кожним роком технології електросамокатів стають все більш вдосконаленими та доступними. Після завершення основних етапів виготовлення експериментального зразка постала необхідність випробувати його роботу за допомогою програмного моделювання [1]. Саме тому, перш ніж проводити подальші вдосконалення, було створено спрощену імітаційну модель електросамоката в середовищі Matlab/Simulink 2024b. На схемі (рис. 1) кожне мотор-колесо живиться від джерела на 36 В, поданого через H-Bridge-контролери та блоки ШІМ, що імітують реальне керування двигунами. Для кожного двигуна встановлено сенсори струму й напруги, а також додано інерцію, яка відповідає масі колеса та ротора. Швидкість обертання вала відстежується за допомогою датчика руху, а результати вимірювань (струм, напруга, швидкість) виводяться на Scope і аналізуються у реальному часі. Така модель дає змогу оцінити перехідні процеси, рівні навантаження та динаміку обертання кожного мотор-колеса окремо, що підтверджує працездатність проєкту та відкриває шлях до подальшого вдосконалення конструкції.

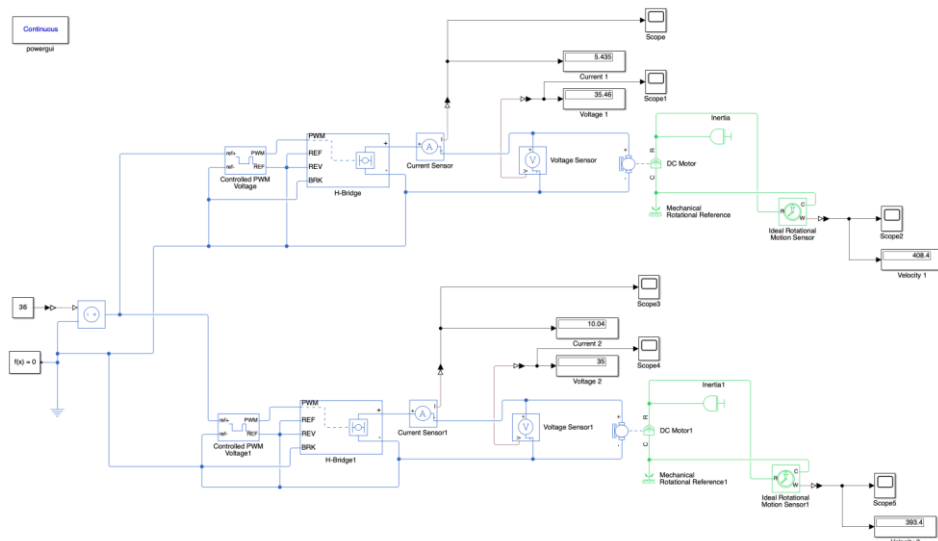


Рис. 1 – Спрощена модель електросамокату в середовищі Matlab/Simulink

Розглянемо основні результати моделювання і почнемо з графіку струму (рис. 2). На перших секундах спостерігається доволі високе його значення, що пояснюється різким запуском двигуна з нерухомого стану і великим пусковим моментом. Далі крива поступово знижується за експоненціальним типом, оскільки вал двигуна набирає обертів, а необхідний момент для підтримання сталої швидкості зменшується. Така закономірність

узгоджується з фізикою процесу: за умови достатнього живлення і невеликого механічного опору струм плавно спадає до нижчих значень, коли двигун переходить у квазівстановлений режим роботи.

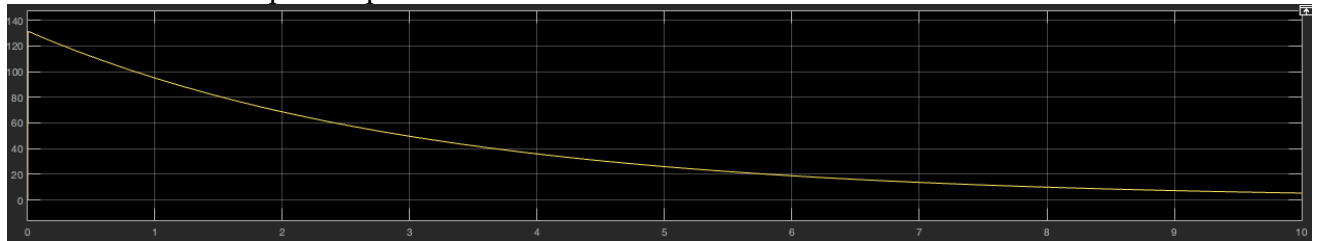


Рис. 2. Динаміка зміни струму, споживаного одним мотор-колесом

Щодо динаміки зміни напруги (рис. 3), то на діаграмі помітно, що на початковому етапі вона є дещо заниженою порівняно з номінальною величиною живлення. Це пов'язано з тим, що при запуску двигуна та високому пусковому струмі з'являються втрати на внутрішньому опорі та транзисторах H-Bridge. Надалі, у міру розгону і зменшення струму, напруга поступово зростає та наближається до встановленого рівня, відображаючи стабілізацію режиму роботи та зниження навантаження на напівпровідникові ключі.

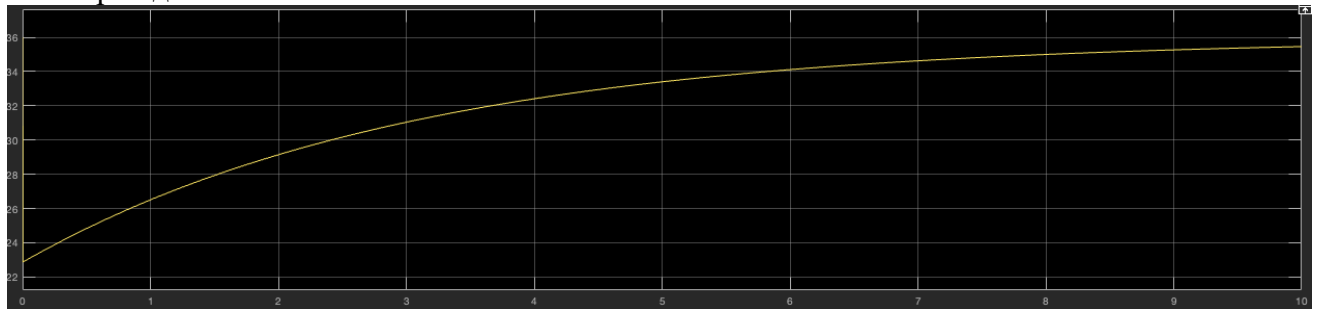


Рис. 3— Динаміка зміни напруги на затискачах одного мотор-колеса

Що стосується швидкості обертання ротора двигуна (рис.4), при розгоні обертальна швидкість починає з нуля і швидко зростає, оскільки у перші секунди мотор споживає підвищений струм, аби подолати інерцію. Потім крива сповільнює темп свого підйому і виходить на сталий рівень, що відповідає рівновазі між прикладеним моментом двигуна та механічними втратами. Така форма кривої свідчить про типову для двигунів перехідну поведінку, коли найактивніше зростання швидкості припадає на початок процесу, а далі система наближається до статичного режиму.

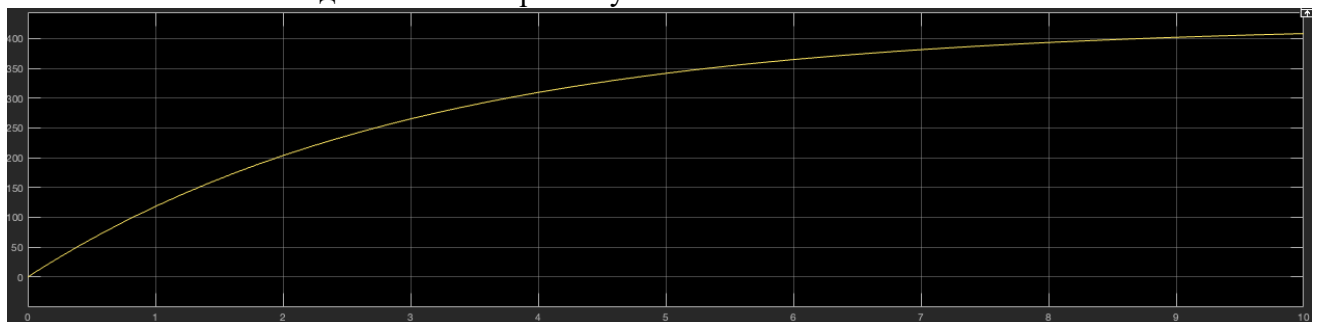


Рис. 4 Динаміка зміни швидкості обертання валу двигуна одного мотор-колеса

Література

1. Yuniarto, Muhammad & Wiratno, Stefanus & Nugraha, Yoga & Sidharta, Indra & Nasrudin, Achmad. (2022). Modeling, Simulation, and Validation of An Electric Scooter Energy Consumption Model: A Case Study of Indonesian Electric Scooter. IEEE Access. 10. 1-1. 10.1109/ACCESS.2022.3171860.

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

N.Y. Rozhko., Dr,Sc.Econ., Voiczihovskyi Y.N., Humeniuk A.V., Rozhko S.S.

BASIC APPROACHES TO ASSESSING THE EFFICIENCY OF LOGISTICS SYSTEMS IN ORGANIZING CARGO DELIVERY

В тезах розглянуто сучасні підходи до оцінки ефективності логістичних систем при організації доставки вантажів, зокрема у міжнародному сполученні. Обґрунтовано необхідність застосування багатокритеріальної моделі оцінювання з урахуванням економічних, технологічних, ризикових та митних факторів. Запропоновано класифікацію критеріїв за низкою ознак, а також окреслено перспективні напрями вдосконалення системи оцінювання логістичних рішень.

Оцінювання ефективності перевезень здійснюється за сукупністю показників, серед яких виділяють:

- **Часові показники:** тривалість транспортування та своєчасність доставки;
- **Якісні показники:** втрати вантажу під час транспортування, збереження товарного вигляду;
- **Експлуатаційні показники:** продуктивність транспортних засобів та навантажувально-розвантажувальних механізмів;
- **Енергетичні витрати:** енергоємність логістичного процесу;
- **Економічні критерії:** собівартість перевезення, прибутковість автотранспортного підприємства (АТП), загальні витрати на доставку, питомі витрати на одиницю вантажу.

Окрім того, дослідники виділяють **приведені витрати** як узагальнений показник ефективності, що поєднує як прямі, так і непрямі логістичні витрати.

Аналіз сучасної наукової літератури засвідчує, що більшість наявних критеріїв мають фрагментарний характер і не враховують повною мірою комплексність міжнародного логістичного процесу. Зокрема:

- Ігноруються митні процедури, які значно впливають на загальний термін доставки;
- Не враховуються ризики, пов'язані з політичними, правовими, економічними чинниками;
- Відсутній єдиний підхід до формування критеріїв для оцінювання логістичних систем у контексті міжнародного співробітництва.

Це ускладнює можливість раціонального вибору транспортно-логістичної технології з урахуванням потреб усіх учасників логістичного ланцюга.

Класифікація критеріїв ефективності

Критерії доцільно класифікувати за кількома параметрами:

1. **За сферою застосування:**
 - Вибір способу доставки;
 - Формування технологічної схеми транспортування;
 - Оцінка ефективності окремих видів транспорту або логістичних систем загалом.
2. **За типом показника:**
 - Економічні;
 - Технологічні;
 - Екологічні.

3. За кількістю врахованих критеріїв:

- Однокритеріальні моделі;
- Багатокритеріальні оцінки.

4. За характером експлуатаційних умов:

- Для стабільних умов;
- Для умов невизначеності;
- Для сценаріїв із високим рівнем ризику.

Складність багатокритеріального аналізу полягає у різноспрямованості цілей, різній вимірності показників та суб'єктивності багатьох якісних характеристик. Перспективним напрямом є створення формалізованих моделей оцінки ефективності, які б враховували:

- Вимоги замовника (кінцевого споживача логістичних послуг);
- Інтереси логістичних операторів;
- Міжнародні регуляторні норми;
- Оцінку ризиків у реальному часі.

У сучасних умовах динамічного розвитку транспортно-логістичних систем дедалі більшої актуальності набуває використання інтегрованих багатокритеріальних підходів для прийняття управлінських рішень. Зокрема, ефективним інструментарієм виявляється поєднання таких методів, як метод аналізу ієрархій (АНР), нечітка логіка та імітаційне моделювання. Кожен з них відіграє важливу роль у формуванні цілісного бачення процесу перевезення вантажів.

Метод аналізу ієрархій забезпечує формалізацію складних багаторівневих рішень шляхом декомпозиції проблеми на окремі критерії та альтернативи, дозволяючи системно оцінити їхню важливість. Використання нечіткої логіки дає змогу враховувати невизначеність і нечіткість вхідних параметрів, що є типовим явищем у логістичній практиці, зокрема при прогнозуванні попиту чи оцінюванні ризиків на маршруті. Імітаційне моделювання, своєю чергою, дозволяє відтворити віртуальну модель логістичного процесу з метою дослідження поведінки системи за різних сценаріїв, не ризикуючи ресурсами реального підприємства.

Поєднання зазначених підходів формує підґрунтя для розроблення оптимізаційних сценаріїв управління транспортними потоками, сприяє зниженню логістичних витрат, покращенню ефективності розподілу ресурсів та підвищенню рівня сервісу в обслуговуванні клієнтів. Такий інтегрований підхід є важливим чинником у прийнятті стратегічних та оперативних рішень на транспортно-логістичних підприємствах, де кожен елемент впливає на загальну результативність системи перевезень.

Рациональна організація міжнародних вантажоперевезень потребує переходу до системної багатокритеріальної оцінки ефективності функціонування логістичних систем. Удосконалення методичних підходів до вибору критеріїв дозволить адаптувати логістику до нових викликів глобального ринку, підвищуючи її гнучкість, конкурентоздатність та економічну результативність.

Література:

1. Костюченко, Л. М. Автомобільні перевезення у міжнародному сполученні. Київ: Видавничий Дім «Слово», 2007. 656 с.

2. Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning URL: <https://surl.li/ujyfvz>

3. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту. Міністерство інфраструктури України : веб-сайт. URL: <https://surl.li/dxtbjv> .

МАРШРУТИЗАЦІЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ЗАДАЧІ НАЙКОРОТШОГО ШЛЯХУ

S.B. Rudyi; V.I. Baran; M.M. Konstantiuk

ROUTING OF PASSENGER TRANSPORTATION BASED ON THE SHORTEST PATH PROBLEM

Завдання визначення оптимального маршруту належить до класу комбінаторних задач, тож для формування мережі автобусних ліній потрібно порівняти множину можливих альтернатив. Оскільки повний перебір нереалістичний, застосовують евристичні та метаевристичні підходи. Паралельно існують точні методи, придатні для задач малого розміру в прийнятні терміни.

У спеціалізованому пакеті PTV VISUM задача маршрутизації може вирішуватися методом Branch & Bound) або шляхом зведення до задачі пошуку найкоротших шляхів.

За використання відповідного методу в транспортній моделі PTV VISUM для кожної ділянки пасажиропотоку формується дерево пошуку часткових маршрутів, у якому зберігаються всі варіанти, що відповідають критеріям «достатньої якості». Отже, результатом є не один-єдиний оптимальний шлях, а множина прийнятних альтернатив, що забезпечує диференційований розподіл попиту між маршрутами. Для оцінювання якості кандидатних рішень PTV VISUM застосовує показник «опір пошуку», який є сумою функцій вартості, зокрема часу поїздки та кількості пересадок. Специфіка адаптації методу розгалужень і меж у PTV VISUM полягає в тому, що жодна маршрутна альтернатива, яка виявилася оптимальною на певному етапі розгляду, принципово не відкидається.

Оптимальний маршрут можна також визначати через розв'язання задачі найкоротшого шляху. У такому підході дорожня мережа подається у вигляді графа: транспортні розв'язки - це вершини, дороги - ребра між ними; вулиці з одностороннім рухом моделюють орієнтованими ребрами. Метод дозволяє задавати характеристики ребер для позначення пріоритетних напрямів руху. Ваги ребер можуть визначатися за довжиною відрізка вулично-дорожньої мережі або за часовими й грошовими витратами на його подолання.

Існує низка алгоритмів знаходження найкоротших шляхів залежно від постановки. Найуживаніші - алгоритм Дейкстри - обчислює найкоротші шляхи від заданої вершини до всіх інших у графі без ребер із від'ємною вагою (рис. 1).

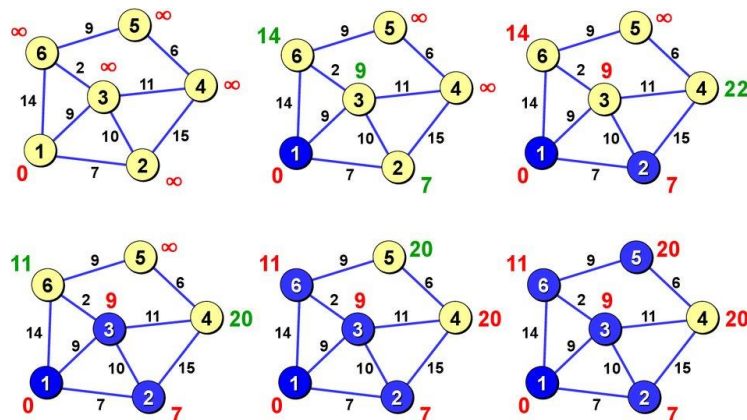


Рисунок 1. Приклад алгоритму Дейкстри

МЕТОД ЛАТУНЕННЯ ТЕРТЯМ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ**E.D. Synenkyi, O.P. Sokolik, A.T. Zubryk****METHOD OF FRICTION BRASSING OF WORKING SURFACES OF CYLINDER LINERS**

Як показали дослідження трибоспрямижень машин та механізмів на поверхнях тертя рухомих з'єднань при певних умовах експлуатації утворюються специфічні м'які металічні шари, які забезпечують позитивний градієнт механічних властивостей з утворенням оптимального мікрорельєфу шорсткості поверхні. Розглядуваний нижче метод латунення тертям робочих поверхонь гільз циліндрів являється одним із проявів ефекту самоорганізації процесів в зоні фрикційного контактів при вибіркового переносі.

На початковій фазі фрикційного латунення, в якості механізму нанесення покриття переважає мікрорізання. Поверхнево-активне мастильне середовище розрихлює окисні плівки на поверхні деталі і деяка частина продуктів зносу вдавлюється у впадини поверхні. При високому контактному тиску поверхні тертя настільки зближуються, що призводить до виникнення адгезійних зв'язків. Виступи і впадини поверхні деталі на яку наноситься латунне покриття служать основою для формоутворення наносимого шару і запобігають його руйнуванню в процесі тертя. Поверхнево-активне середовище (мастильний матеріал) визначає в значній мірі характер та величину зв'язку між нанесеним шаром і поверхнею деталі.

При фрикційному нанесенні покриття методом латунення важливим являється високий тиск прижиму робочого стержня, завдяки чому, в результаті адгезійних зв'язків утворюються не тільки міцне з'єднання покриття з основним матеріалом деталі, але і підвищується щільність дислокації, яка призводить до збільшення втомного опору основного матеріалу деталі на ділянках поверхні тертя.

Суть методу фрикційного латунення полягає в тому, що мідні сплави, в основному латунь при наявності поверхнево-активного середовища (технічно чистий гліцерин) натираються на поверхні тертя під високим тиском (вище границі текучості латуні). Виступи і впадини поверхні деталі, на яку наноситься тертям латунне покриття служать основою для нанесеного шару і унеможливають його зрізання в процесі тертя. Мастильний матеріал (гліцерин) визначає в значній мірі характер зв'язку між нанесеним шаром і матеріалом деталі, при цьому, має місце ефект вибіркового переносу, який підвищує позитивний градієнт механічних властивостей матеріалу на поверхнях тертя.

При фрикційному латуненні завдяки високому тиску прижиму натераючого стержня із латуні утворюється не тільки латунний шар з особливим хімічним складом, структурою, мікрогеометрією, механічними і фізико-хімічними властивостями, а також підвищується зносостійкість деталей, завдяки поверхневому зміцненню під поверхнею тертя. Зменшення сил тертя і швидкості зношування завдяки латунним покриттям зумовлені пониженням мікроадгезійних процесів, електрохімічним процесом, а також правилу позитивного градієнту механічних властивостей матеріалу, що переводить процеси тертя та зношування в латунний шар.

До переваг даного методу нанесення покриття на поверхні тертя деталей відноситься: незначний розхід матеріалу покриття; незначні енергетичні витрати на процес так, як процес тертя використовується для самоструктурування; короткий період часу для нанесення покриття; екологічно чистий процес; стабільність процесу покриття при зміні умов його нанесення; значний період експлуатації нанесеного покриття при

нормальних режимах (відсутність впливу абразиву, динамічного характеру навантаження).

Ефективним являється пристрій для нанесення латунного покриття з обертовим натираючим стержнем встановленим під кутом до поверхні тертя. Завдяки цьому, при відносно невеликій притискній силі виникає велике зусилля притиску латунного стержня і все нові поверхні тертя підлягають його дії. При цьому, найбільш сильно проявляється дія поверхнево-активного середовища, а час механічної взаємодії поверхонь обох деталей – мінімальна. На рисунку приведена схема будови та принцип роботи пристрою для латуннення тертям робочих поверхонь гільз циліндрів двигунів автомобілів.

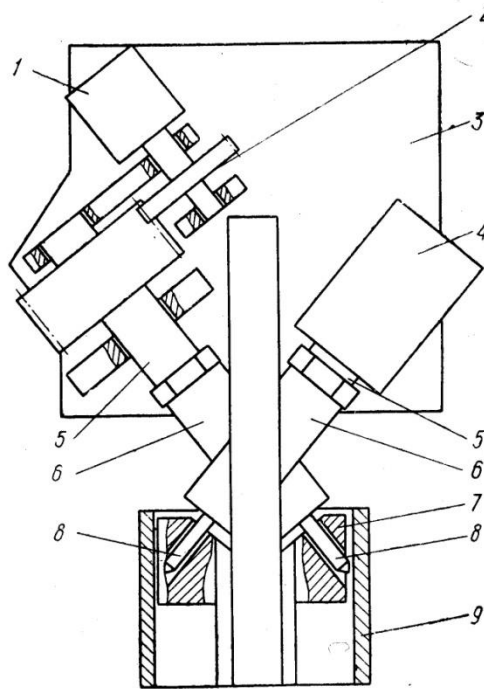


Рисунок 1. Пристрій для латуннення тертям робочих поверхонь гільз циліндрів
1,4 – електродвигуни; 2 – зубчаста передача; 3 – корпус пристрою; 5 – валі;
6 – механізм затиску стержня; 7 – направляюча; 8 – латунні стержні; 9 – гільза циліндра.

В конструкції даного пристрою передбачено перехресне розміщення натираючих стержнів із змінною головкою для нанесення покриття на чавуні та сталеві гільзи циліндрів в середовищі гліцерину. Вихідна шорсткість поверхні деталі під нанесення покриття $R_a = 6 \dots 10$ мкм, швидкість ковзання $0,5$ м/с, зусилля притиску 95 МПа, подача $0,3 \dots 0,6$ мм/об, число робочих ходів 4 , частота обертання стержня 70 об/хв., подача гліцерину в зону нанесення покриття $0,75$ мл/хв.

Лабораторними дослідженнями на спеціальному трибометрі визначались не тільки оптимальні режими нанесення покриття, а також їх вплив на основні триботехнічні параметри. Для гільз циліндрів, які були латуннені в районі верхніх мертвих точок величина їх зносу зменшилася в середньому на $20 \dots 25\%$, сила тертя зменшилася на $15 \dots 18\%$. Фрикційне латуннення поверхонь гільз циліндрів суттєво зменшує вплив мікроадгезійних процесів на поверхнях тертя поряд із збільшенням надійності та являється захисною мірою від заїдання поршня і впливає на розподіл величини зносу, як в радіальному, так і в аксіальному напрямках.

УДК 621.87

В.Я. Федів, С.С. Кирик, О.Ю. Крук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

V.Ya. Fediv, S.S. Kyryk, O.Yu. Kruk

ANALYSIS OF METHODS FOR PROCESSING INTERNAL CYLINDRICAL SURFACES

Для фінішної обробки розглядуваних поверхонь використовують операції тонкого точіння, розточування, розвертування, шліфування, хонінгування та інші.

До таких способів відносять методи поверхневого пластичного деформування, методи термічної, хімічної та хіміко-термічної обробки.

Класичним варіантом для деталей класу «тіла обертання» із зовнішніми робочими поверхнями у технологічному процесі виготовлення з метою зміцнення робочих поверхонь є гартування струмом високої частоти (СВЧ) з наступним шліфуванням абразивним інструментом. Крім переваг високої продуктивності обробки - шліфування загартованих сталей володіє і деякими недоліками. Застосування абразивних кіл, призводить до виникнення високих температур в зоні обробки, а структура загартованої сталі, при шліфуванні може виходити з рівноважного стану під дією навіть короточасних теплових імпульсів. Шліфування загартованих сталей супроводжується іноді трьома характерними варіантами зміни стану поверхневого шару при переважанні теплового фактору над деформаційним: відпуск мартенситу; повторне гартування і відпустку повторно загартованого поверхневого шару. Така зміна твердості зміцненого шару викликає значні градієнти залишкових напружень, який може бути причиною виникнення мікротріщин в процесі обробки або осередком руйнування деталі в процесі експлуатації.

При аналізі виборі методів обробки внутрішніх циліндричних поверхонь крім якісних параметрів процесу слід також оцінювати і його собівартість. Як видно із діаграми (рис. 1) при розкатуванні одержують таку ж величину мікронерівностей поверхневого шару як і при хонінгуванні, поліруванні та притирці, при цьому вартість цього методу в 4 рази дешевша.

Другим великим недоліком, який виникає при використанні термічної обробки є втрата точності розмірів оброблюваної поверхні. Такий ефект пояснюється нерівномірним охолодженням поверхні деталі і її серцевини, внаслідок чого виникають залишкові напруження, які і спричиняють втрату точності форми та розмірів деталі. Особливо сильно цей ефект проявляється при термічній обробці деталей з глибокими отворами. Гільза циліндра відноситься до класу таких деталей, оскільки довжини твірної отвору гільзи перевищує її діаметр у п'ять разів.

Тому для гільз циліндрів оптимальним буде використання поверхневого пластичного деформування в якості фінішної операції технологічного процесу із подальшим поліруванням пастами або притиранням.

Такі методи забезпечують високу продуктивність, точність форми та розмірів, високий ступінь механізації та автоматизації.

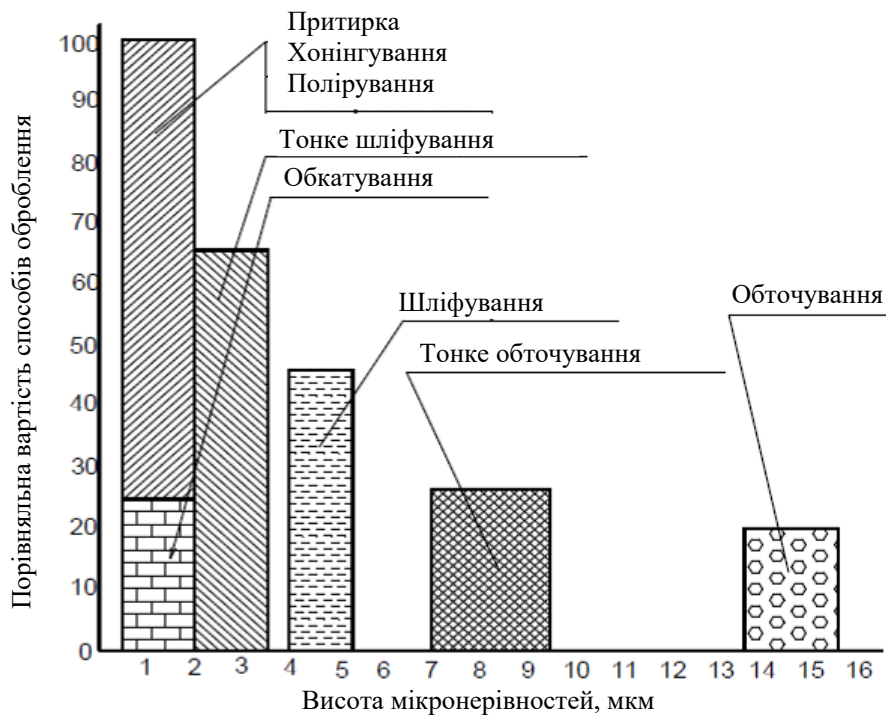


Рисунок 1 – Порівняльна діаграма різних методів чистової обробки і досягнутої при цьому шорсткості поверхні (по даних фірми «Hegenschiede») [1]

Методи обробки деталей ППД відрізняються простотою реалізації і високою ефективністю, є деформаційні методи - обробка поверхневим пластичним деформуванням (ППД). ППД застосовують на фінішних операціях технологічного процесу, замість або після термообробки, і часто замість абразивної або оздоблювальної обробки.

Обробка ППД заснована на пластичній деформації тонкого поверхневого шару, і в порівнянні з обробкою точінням, шліфуванням, поліруванням, має ряд переваг, зокрема: зберігається цілість волокон металу і утворюється дрібнозерниста структура в поверхневому шарі; відсутнє шаржування оброблюваної поверхні частинками шліфувальних кругів, полірувальних паст; відсутні термічні дефекти; стабільні процеси обробки, які забезпечують стабільну якість поверхні; можна досягати мінімального параметра шорсткості поверхні ($Ra\ 0.1 \dots 0,05\ \mu\text{m}$ і менше) як на термічно необроблених сталях, кольорових сплавах, так і на високоміцних матеріалах, зберігаючи початкову форму заготовок; можна зменшити шорсткість поверхні в кілька разів за один робочий хід; створюється сприятлива форма мікронерівностей з більшою опорною площею; можна утворювати регулярні мікрорельєфу із заданою площею поглиблень для затримання мастильного матеріалу; створюються сприятливі стискаючі залишкові напруження в поверхневому шарі; плавно і стабільно підвищується мікротвердість поверхні.

Перелік посилань

1. John, M.R.S.; Wilson, A.W.; Bhardwaj, A.P.; Abraham, A.; Vinayagam, B.K. An investigation of ball burnishing process on CNC lathe using finite element analysis. Simul. Model. Pract. Theory 2016, 62, 88–101.

АНАЛІЗУ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ДТП НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

I.S. Kholjava; V.R. Kucher; P.S. Yasnyuk

ANALYSIS OF THE CAUSES OF ACCIDENTS IN ROAD TRANSPORT IN UKRAINE

На території України автомобільний транспорт на даний час є найбільш небезпечним засобом пересування. За участю автомобільного транспорту відбувається найбільша кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП), які призводять до травмування чи загибелі людей. Так, за даними Національної поліції на території України у 2022 році було скоєно 18 628 ДТП, в яких загинуло 2791 осіб та 23145 осіб було травмовано [1]. А в поточному 2023 році 15041 ДТП вже призвела до загибелі 1870 та травмуванню 18986 осіб. Пов'язано це і з високими темпами автомобілізації, і з невідповідністю дорожньої мережі міста фактичній інтенсивності транспортних потоків, і з низьким технічним станом транспортних засобів. Але значною мірою становище з аварійністю таки визначається рівнем підготовки учасників дорожнього руху (насамперед водіїв) та їх ставленням до необхідності дотримання чинних правил.

У розрізі типів доріг державного значення з найбільшою аварійністю за аналізований період розподіл кількості ДТП представлено на рис. 1.

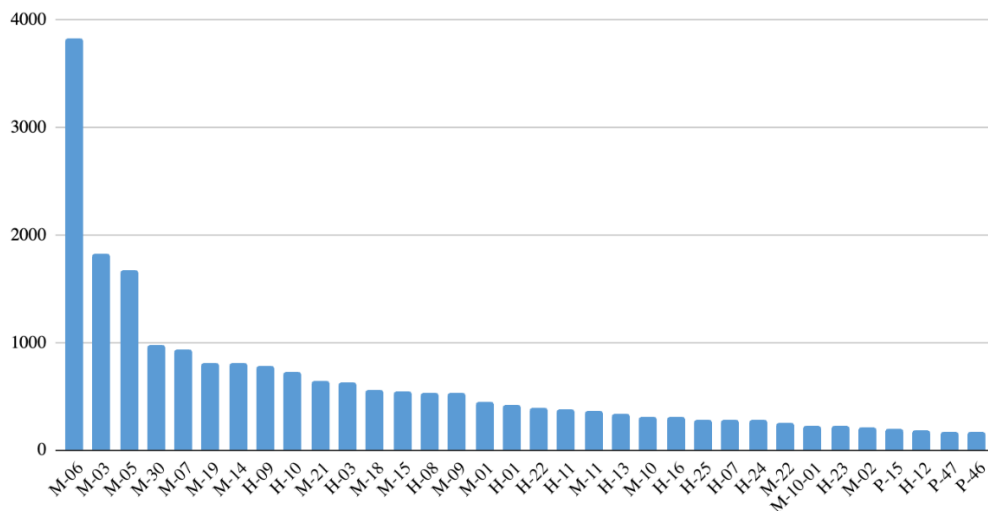


Рисунок 1. Динаміка кількості ДТП на дорогах державного значення в Україні за період 2020-2024 рр.

Аналіз показує, що 80% причин скоєння ДТП на території України за досліджуваний період складають: перевищення безпечної швидкості, порушення правил користування зовнішніми світловими приладами транспортних засобів, порушення правил проїзду перехресть, порушення правил проїзду пішохідних переходів, недотримання дистанції та керування транспортним засобом у стані сп'яніння. З них 40,5% складає перевищення безпечної швидкості.

Література

1. Статистика ДТП в Україні URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.

Р.В. Хорошун, д.ф.н.; Д.О. Онук; А.А.Ткачук; В.В.Кифоренко
(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ З НЕЛІНІЙНОЮ СИЛОВОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЕННЯ

R. Khoroshun; D. Onuk; A. Tkachuk; V. Kiforenko
**THE MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING SMOOTHNESS OF A
VEHICLE WITH A NONLINEAR FORCE CHARACTERISTIC SUSPENSION
SYSTEM**

Експериментальні та окремі теоретичні дослідження вказують на те, що характеристика пружної сили, яка діє на підресорену масу, повинна задовольняти певним умовам - бути малою для незначних деформацій підвіски і стрімко зростати при значних [1]. Таким вимогам задовольняє підвіска із нелінійним зв'язком між відновлювальною силою та деформацією [2] (прогресивна силова характеристика системи підресорення (СП)). Однак дослідження динаміки КТЗ із нелінійною силовою характеристикою не отримало завершеного розвитку через суто математичні проблеми, які пов'язані із побудовою розв'язків нелінійних диференціальних рівнянь, які описують динаміку процесу. Для КТЗ, фізична модель якого наведена на рис.1, і являє собою непідресорену - 1, підресорену - 2 частини, що взаємодіють між собою пружними елементами - 3 та демпферними пристроями - 4, необхідно отримати такі аналітичні залежності, які є базою для створення програмного продукту керованої системи підресорення з метою: мінімізації динамічних навантажень на людей та вантажі, які транспортуються; забезпечення максимальної швидкості стійкого руху під час маневрування КТЗ, об'їздах нерівностей, руху вздовж криволінійних ділянок шляху.

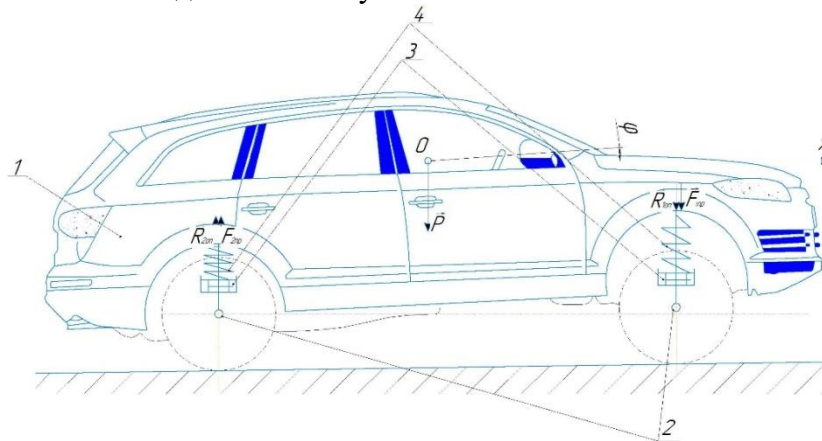


Рисунок 1. Розрахункова схема для дослідження поздовжніх коливань КТЗ із розподілом сил, що діють на ПМ

Наведені вище обмеження дають можливість стверджувати, що відносний рух ПМ КТЗ є плоско-паралельним, а отже її положення однозначно визначається положенням центру мас (т. О) та кутом повороту $\varphi(t)$ вказаної частини навколо центру О. Положення центру мас в довільний момент часу (із урахуванням наведених вище обмежень) найбільш зручно визначати відносно статичного положення координатою - $z(t)$. Таким чином, для побудови математичної моделі відносного руху ПМ можна використати рівняння Лагранжа II – го роду. Відповідно до вибраних узагальнених координат кінетична енергія ПМ у відносному її русі T набуває вигляду

$$T = M \frac{\dot{z}^2(t)}{2} + I_C \frac{\dot{\varphi}^2(t)}{2}. \quad (1)$$

Таким чином, коливальний процес підресореної маси описується системою диференціальних рівнянь

$$\begin{aligned} M \frac{d^2 z}{dt^2} &= Q_z^a + Q_z^\Pi, \\ I_C \frac{d^2 \varphi}{dt^2} &= Q_\varphi^a + Q_\varphi^\Pi \end{aligned} \quad (2)$$

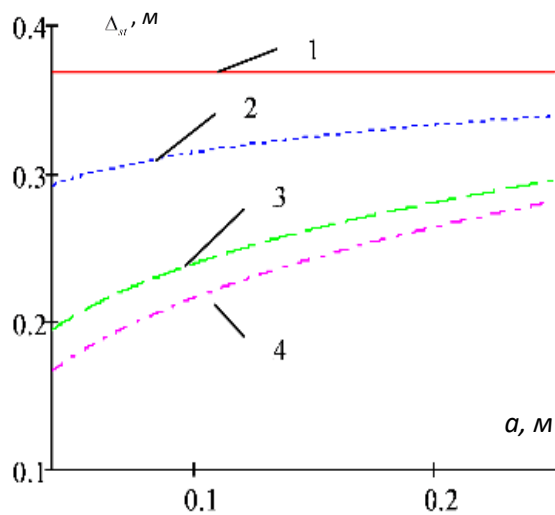
Найбільш комфортними умовами перевезення пасажирів є ті, за яких частота коливань ПМ КТЗ змінюється в межах $0.8 < f < 1.5$ Гц [3-6]. Тому, якщо за основний параметр керування частотою вибрати статичну деформацію системи підресорення, то вона як функція амплітуди вертикальних коливань визначається співвідношенням

$$\Delta_{ст.} = \left[\frac{(2 - \nu_1)(\chi_1 + \chi_2)g}{(1 - \nu_1)(\nu_2 + 2)(\alpha_1 + \alpha_2)} \left(\frac{(\nu_2 + 2)}{4\Pi f} \right)^{2-\nu_1} a^{\nu_1+\nu_2} \right]^{\frac{1}{\nu_2+1}}, \quad (3)$$

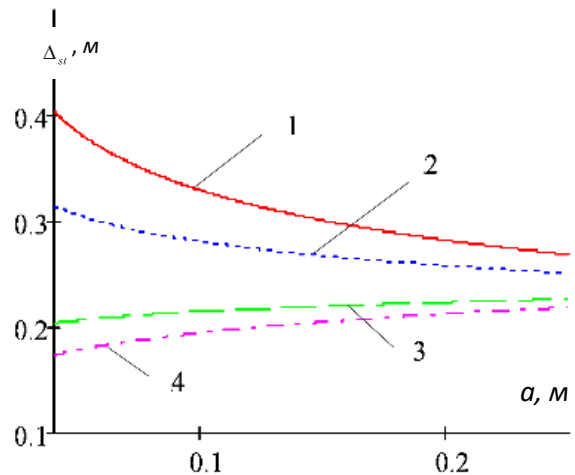
де $\Pi = \frac{\Gamma(1/(\nu_2 + 2))\Gamma((1 - \nu_1)/(2 - \nu_1))}{\Gamma(1/(\nu_2 + 2) + (1 - \nu_1)/(2 - \nu_1))}$ - півперіод за фазою використаних спеціальних Атеб - функцій.

Наведені графічні (рис.2) залежності показують, що з метою задоволення ергономічних вимог по частоті вертикальних коливань необхідно у випадку великих амплітуд коливань ПМ ($a > 0.1$ м): вибирати СП із статичною деформацією $0.2 < \Delta_{ст} < 0.35$ м у випадках прогресивної силової характеристики СП (при $\nu_1 = 0$; $0.1 < \nu_2 < 1$) та неконсервативної при $-0.4 < \nu_1 < 0$; $0 < \nu_2 < 1$. Що стосується малих амплітуд коливань, то для прогресивної системи підресорення та неконсервативної із значенням параметрів $-0.4 < \nu_1 < 1$, $0 < \nu_2 < 1$ - необхідно щоб для системи підресорення статична деформація пружних амортизаторів змінювалась в межах $0.1 < \Delta_{ст} < 0.2$ м, а у випадку $-0.7 < \nu_1 < -0.4$, $0 < \nu_2 < 1$ - в межах $0.25 < \Delta_{ст} < 0.4$ м.

Значний практичний інтерес, як впливає із представлених нижче на рис. 3 залежностей, становить СП із значенням силових параметрів її неконсервативної відновлювальної сили: $\nu_1 = -\nu_2$ та $\nu_2 = 0$, $0 < \nu_1 < 1$. Для такої СП ергономічні вимоги по частоті коливань виконуються за сталого значення статичної деформації не залежно від амплітуди коливань ПМ.

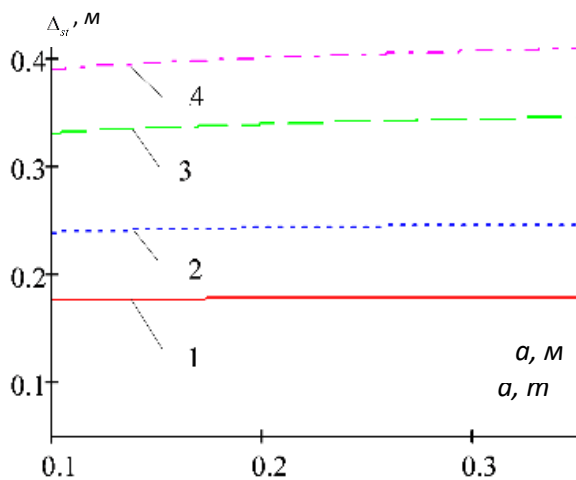


$\nu_1 = -2/7$; 1- $\nu_1 = 2/7$; 2- $\nu_2 = 2/5$; 3- $\nu_3 = 2/3$; 4- $\nu_4 = 4/5$

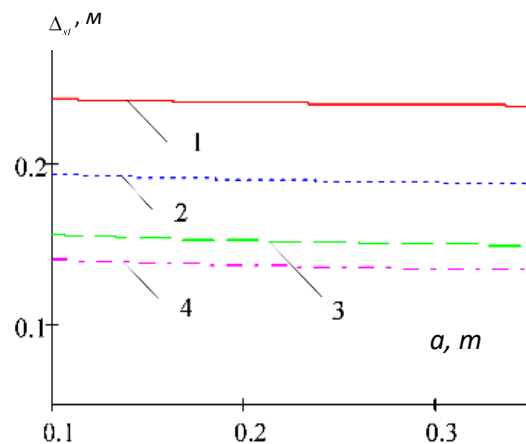


$\nu_1 = -4/7$; 1- $\nu_1 = 2/7$; 2- $\nu_2 = 2/5$; 3- $\nu_3 = 2/3$; 4- $\nu_4 = 4/5$

Рисунок 2. Залежність статичної деформації від амплітуди вертикальних коливань керованої СП КТЗ із неконсервативною силовою характеристикою системи підресорення



$\nu_2 = 0$; $f = 1.5$; 1- $\nu_1 = 2/13$; 2- $\nu_2 = 4/13$; 3- $\nu_3 = 6/13$; 4- $\nu_4 = 8/15$



$\nu_2 = 0$; $f = 1.0$; 1- $\nu_1 = 2/13$; 2- $\nu_2 = 4/13$; 3- $\nu_3 = 6/13$; 4- $\nu_4 = 8/15$

Рисунок 3. Залежність статичної деформації від амплітуди вертикальних коливань керованої СП КТЗ $\nu_1 = -\nu_2$ та $\nu_2 = 0, 0 < \nu_1 < 1$

Отримані вище залежності служать одночасно базою для визначення амплітуди початкового збурення вертикальних коливань, за умови, що нерівності шляху під правим та лівим колесами мають ідентичні профілі. Якщо вважати, що останні описуються співвідношенням $z = h \sin \frac{\pi}{l} x$, а КТЗ рухається зі сталою за величиною швидкістю V , то відносна складова початкової швидкості ПМ з одного боку рівна $V_0 = V \sin \alpha_0$, (α_0 - значення кута нахилу дотичної до нерівності у момент входження колеса на нерівність), а із іншого - $V_0 = \frac{dz^*}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{2a_0}{\nu_2 + 2} \omega(a_0)$.

Література

1. Павленко В.М. Сучасний стан розвитку активних підвісок легкових автомобілів / Павленко В.М., Криворучко О.О. //Вісник НТУ “ХПІ”, Автомобілебудування, 2014.- №9(1052).-С.54-60.
2. Сокіл Б.І., Нанівський Р.А., Грубель М.Г. Сокіл Б.І. Вплив характеристики підвіски на вертикальні та поперечно- кутові коливання корпусу армійських автомобілів багатоцільового призначення. *Проблемні питання розвитку озброєння і військової техніки: тези доповідей IV НТК*. Київ: ЦНДІ, 2013. С. 205–206.
3. Грубель М.Г. Нанівський Р.А., Сокіл М.Б. Коливання ПЧ БКМ та їх вплив на стійкість руху вздовж криволінійної ділянки шляху. Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ, 2014. Вип. 24.1. С.155–162.
4. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system / B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil [et al.] // Communications - Scientific letters of the University of Zilina. 2021. -Vol. 23, № 2. - P. 193-149.
5. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil [et al.] 2022. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications - Scientific letters of the University of Zilina, 24, B247-58.

УДК 629.017

Р.В. Хорошун, д.ф.н.; Н.В.Іванюк; С.В. Конопацький; В.І. Мельник

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АДАПТИВНОЇ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ

R.V. Khoroshun; N.V. Ivanyuk; S.V. Konopatsky; V.I. Melnyk

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH ON ADAPTIVE VEHICLE SUSPENSION

При дослідженні використовувались спеціальні стенди [1-3], прилади та інструменти для заміру конструктивних, кінематичних, силових параметрів. Для проведення експериментальних досліджень віброприскорення з метою підтвердження результатів теоретичних напрацювань і уточнення відповідних параметрів було спроектовано та виготовлено стенд з привідним барабаном для дослідження амортизаційної стійки колісного транспортного засобу, конструктивну схему та загальний вигляд якого представлено на (рис. 1) універсальну вимірювальну систему (рис 2) та акселерометри (рис. 3), які призначені для визначення динамічних навантажень.

Під час проведення дослідження підвіски транспортного засобу з експериментальним обладнанням для фіксації досліджуваних характеристик при статичному навантаженні використовується електронний динамометр (на рисунку не показано). Для цього між нижнім кінцем пневматичної амортизаційної стійки (рухомою частиною) 9 та рамою (нерухомою частиною рамної конструкції) 1 встановлюється датчик електронного динамометра ДЕ - 0.5.

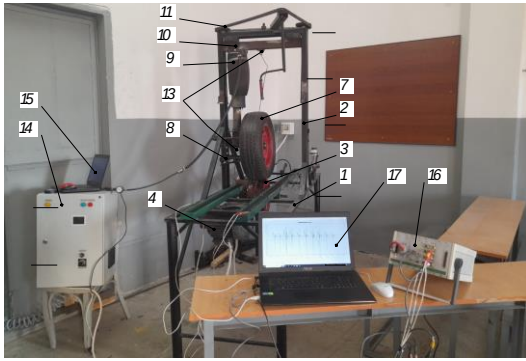


Рисунок 1. Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження віброприскорення



Рисунок 2. Універсальна вимірювальна система



а)



б)

Рисунок 3 Акселерометри: а)- ДН-3-М1; б)- ДН-4-М1

Для отримання відповідних даних у статичі згідно з розробленою методикою проводиться його навантаження. При проведенні дослідження пневматичної амортизаційної стійки колісного транспортного засобу з експериментальним обладнанням для фіксації досліджуваних характеристик приводу при динамічному навантаженні використовуються перетворювач частоти (Altivar 71) [4].

З використанням повнофакторного експерименту та методик проведення досліджень, здійснено визначення залежності віброприскорення характеристик підвіски автомобіля від швидкості руху колеса, v , (м/с), тиску у пневматичній камері амортизаційної стійки, P , (атм) та тиску шин коліс, P_p , (кПа) під час руху, у таких межах зміни входних факторів: $5,5 \leq v \leq 16,64$ (м/с); $1,5 \leq P \leq 2,5$ (атм); $203 \leq P_p \leq 304$ (кПа). Наведено регресійна залежність віброприскорення від швидкості руху колеса, v , (м/с), тиску у пневматичній камері амортизаційної стійки, P , (атм) та тиску шин коліс, P_p , (кПа), тобто $a_m = f_{(x_1, x_2, x_3)}(v, P, P_p)$, для натуральних значень факторів для віброприскорення характеристик підвіски автомобіля має вигляд:

$$a_{m(x_1, x_2, x_3)} = -1,216 - 0,121v + 0,015P_p + 0,00046vP_p + 0,0019v^2 - 0,0003P_p^2 \quad (1)$$

З рисунка 4 видно, що із збільшенням швидкості руху колеса величина віброприскорення характеристик підвіски автомобіля зростає, при чому найбільша віброприскорення характеристик підвіски автомобіля досягається під час руху ТЗ по перешкодам 093 м/с^2 , а мінімальне значення продуктивності складає $0,56 \text{ м/с}^2$.

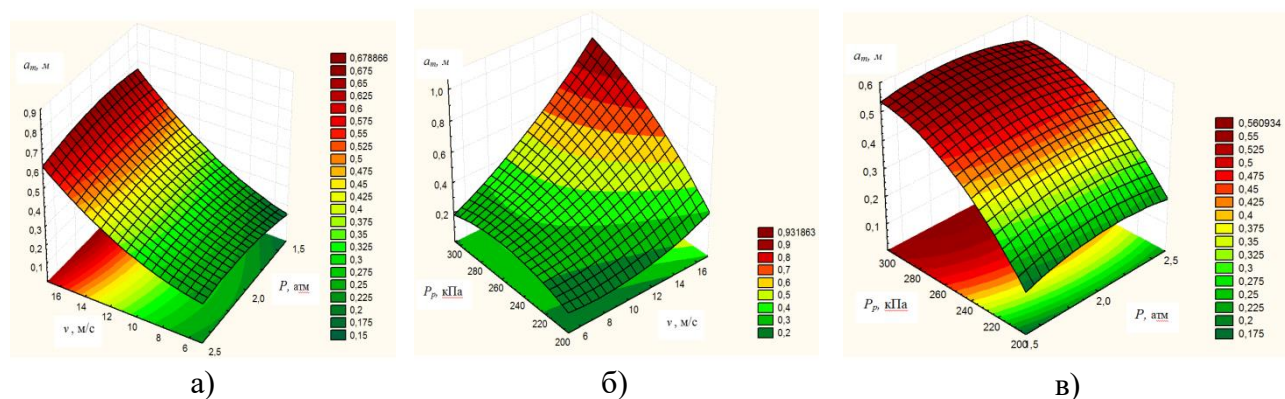


Рисунок 4. Поверхня відгуку залежності віброприскорення $a_{m(P,P_p)}$ дослідження характеристики підвіски автомобіля від: а- $a_m = f(v, P)$ при $P_p = 253,5$ кПа; б- $a_m = f(P_p, v)$ при $P = 2$ атм; в- $a_m = f(P_p, P)$ при $v = 11,1$ м/с.

Література

1. [Стенд для дослідження характеристик підвіски автомобіля](#): пат. 148601 Україна: МПК G01N 17/00. № а [u202101835](#); заявл. 07.04.21; опубл. 25.08.2021, бюл. № 34. 5с. (Частка всіх авторів однакова).
2. [Стенд для дослідження характеристик підвіски автомобіля](#): пат. 150771 Україна: МПК G01N 3/00, F16D 65/00. № а [u202106434](#); заявл. 15.11.21; опубл. 14.04.2022, бюл. № 15. 5с. (Частка всіх авторів однакова).
3. [Стенд для дослідження характеристик підвіски автомобіля](#): пат. 155002 Україна: МПК G01N17/00. № а № [u202302465](#); заявл. 23.05.23; опубл. 10.01.2024, бюл. № 2. 5с. (Частка всіх авторів однакова).
4. Lyashuk, O., Stashkiv, M., Lytvynenko, I., Sakhno, V., Khoroshun, R. Information technologies use in the study of functional properties of wheeled vehicles. *CEUR Workshop Proceedings*. This link is disabled. 2023. 3628. P. 370–381.

УДК 629.017

Р.В. Хорошун, д.ф.н.; Т.С. Балко ; О.Б. Ільків ; І.В. Качан

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІБРОПРИСКОРЕННЯ АДАПТИВНОЇ ПІДВІСКИ

R.V. Khoroshun; T.S. Balko; O.B. Ilkiv; I.V. Kachan

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES ADAPTIVE SUSPENSION ACCELERATION

Для обробки отриманих експериментальних даних використовували спеціалізоване програмне забезпечення для обробки великої кількості даних nCode GlyphWorks [1] - багатоканальне, багатофайлове та багатоформатне середовище, яке дозволяє представляє інтерактивні процеси аналізу даних у графічному вигляді за допомогою вбудованих модулів – гліфів – розрахункових шаблонів із закладеними алгоритмами виконання певних функцій і з можливістю налаштування різних параметрів його властивостей. У ході експерименту змінними параметрами були частота обертання валу електродвигуна (приводного барабану), тиск в камері регульованої пневматичної амортизаційної стійки та висота накладки на приводному барабані (імітація наїзду колеса на перешкоду чи попадання у вибоїну).

Діапазон зміни частоти обертання валу електродвигуна становив 10- 40Гц, що відповідало швидкості руху колеса 4,1 - 16,67 м/с відповідно. Тиск у пневматичній камері амортизаційної стійки активного типу змінювали у діапазоні 1 - 2,5 атм для кожного із значень частоти обертання валу електродвигуна приводного барабана.

Досліджуваним параметром була величина віброприскорення на регульованій стійці транспортного засобу (канал 7) та на рамі кріплення стійки (канал 6). Зміна вихідного стану амортизаційної стійки 9 колісного транспортного засобу під час проведення досліджень при динамічному навантаженні (результати переміщення у вертикальному напрямі) фіксується акселерометром 16 з візуалізацією даних у персональному комп'ютері 17. Основні технічні дані універсальної реєстраційної системи (акселерометра 16): частота дискретизації перебуває в межах від 1 Гц до 2 кГц (на канал); похибка значень становить не більше ніж 4 % (1 % – похибка акселерометрів за паспортом і до 3 % – похибка установки) [4]. Для реалізації процедури обробки експериментальних даних за методикою, описаною в [2-3], побудовано робочий проект, який містить такі структурні елементи (гліфи): Excel Input, Multi Column To Time Series, Butterworth Filter, Meta Data Display, Time Series To Multi Column Output, Frequency Spectrum and XY Display. Загальний вигляд інтерфейсу робочого проекту обробки експериментальних даних у середовищі nCode GlyphWorks показано на рис. 1.

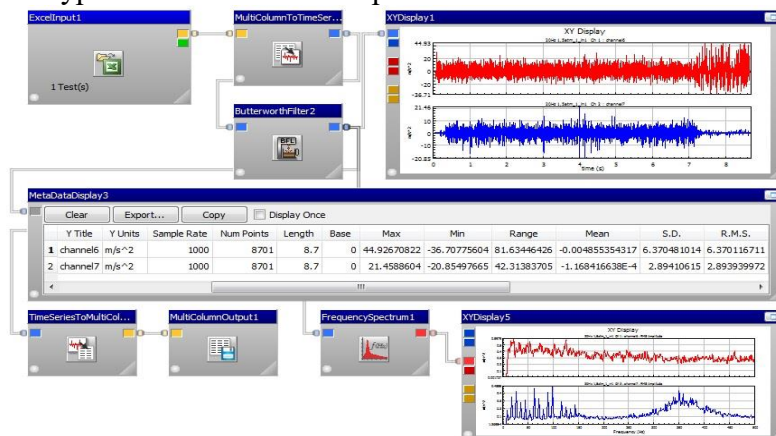


Рисунок 1. Загальний вигляд робочого проекту у середовищі nCode GlyphWorks

Для прикладу, результати обробки експериментальних даних засобами nCode GlyphWorks для окремих комбінацій досліджуваних параметрів подано на рис. 2 – рис.3.

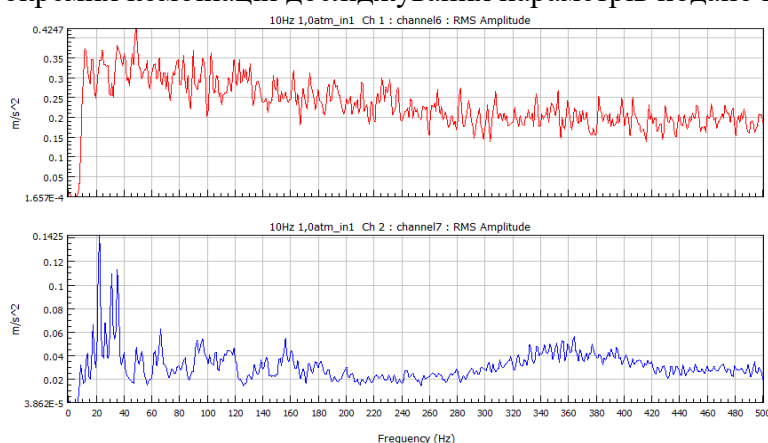


Рисунок 2. Частотний спектр середньоквадратичного відхилення амплітуди прискорення (10 1 Гц, 1.0 atm)

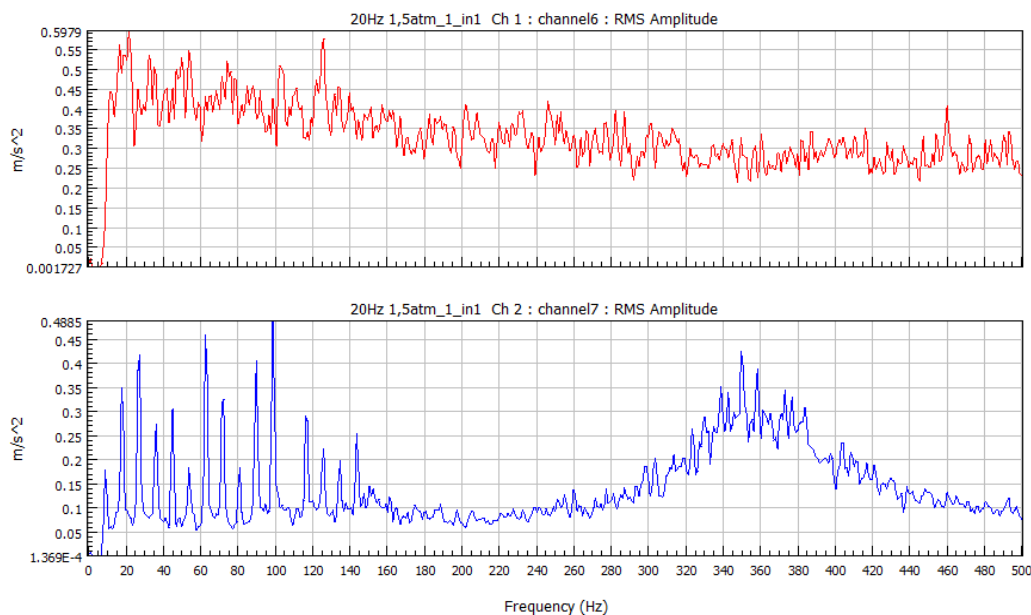


Рисунок 3. Частотний спектр середньоквадратичного відхилення амплітуди прискорення (20 Гц, 1.5 atm)

Література

1. M. Stashkiv & O. Matsiuk, nCode GlyphWorks Software Use for Test Data Processing. The 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2021 (ITTAP 2021). Vol-3039. 192-205.
2. M. Stashkiv, I. Lytvynenko, V. Stashkiv, Test Data Processing Use for Structural Fatigue Life Assessment. The 2st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2022 (ITTAP 2022). Vol. 3309. 241-258.
3. O.Lyashuk, M.Stashkiv, I.Lytvynenko, V.Sakhno, R.Khoroshun, Information Technologies Use in the Study of Functional Properties of Wheeled Vehicles. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023). Vol. 3628. 500-512

УДК663.17

Т.Р. Чайковський, А.І. Рифун, О.В. Наконечний

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ РОЗПОДІЛУ ГАЛЬМІВНИХ ЗУСИЛЬ ТА КЕРОВАНOSTІ АВТОМОБІЛЯ

T.R. Chaikovskiy, A.I. Ryfun, O.V. Nakonechnyi

STUDY OF BRAKE FORCE DISTRIBUTION SYSTEMS AND VEHICLE HANDLING PERFORMANCE

Системи керування автомобілем у процесах розгону, гальмування та зміни траєкторії формують замкнену структуру «водій – автомобіль – колесо – дорога». Від правильного функціонування цієї системи залежить ефективність руху, безпека та стійкість транспортного засобу. Тому розроблення узагальненої моделі розподілу гальмівних зусиль і керованості є важливою задачею сучасної автомобільної інженерії.

Головною вимогою до якості гальмування є відповідність гальмівних сил питомим навантаженням на передню і задню осі. Це забезпечує стабільне уповільнення автомобіля без передчасного блокування будь-якої з осей. У двовісному автомобілі існує нормативне

співвідношення між питомими гальмівними силами, яке задається стандартами. Воно перевіряється за допомогою діаграм граничних характеристик, що визначають допустиму область роботи гальмівної системи.

Під час гальмування перерозподіл маси спричиняє зростання вертикальних реакцій на передній осі та зменшення на задній. Тому вибір регуляторів тиску та конструктивних рішень гальмівного приводу базується на аналізі взаємодії «автомобіль – колесо – дорога». Механічні, пневматичні та електронні регулятори забезпечують адаптивну зміну тиску в контурі задніх гальм залежно від навантаження та дорожніх умов.

Розрахункові рівняння дозволяють визначити уповільнення, при якому першими блокуються колеса передньої або задньої осі. Існує критична точка, коли блокування відбувається одночасно на обох осях – саме вона є показником максимально можливої ефективності гальмування при забезпеченні стійкості руху.

На практиці реальні гальмівні сили часто не збігаються з ідеальними через інерційні ефекти, конструктивні особливості приводу та зміни коефіцієнта зчеплення. Моделювання показує, що використання електронних систем розподілу гальмівних сил та синтезованих регуляторів дозволяє скоротити гальмівний шлях у перехідних режимах – ще до досягнення сталого уповільнення. Це підтверджує доцільність застосування адаптивних алгоритмів у сучасних системах керування гальмуванням.

Керованість автомобіля охоплює його здатність змінювати параметри руху відповідно до керувальних дій водія або автоматизованої системи. Вона включає як динаміку зміни швидкості, так і стійкість при русі по кривій траєкторії. Традиційні методи оцінювання керованості є неоднорідними, що створює труднощі під час проектування нових транспортних засобів. Тому актуальним є формування універсальної методології, яка базується на математичних моделях і критеріях теорії автоматичного керування.

Процес зміни швидкості описується системою диференційних рівнянь, де початковими умовами є усталений режим руху та сума сил опору. Рушання, сталий рух, розгін і рух із максимальною швидкістю потребують різних підходів до керування, але загальними критеріями залишаються швидкодія та точність підтримання заданої швидкості.

У транспортних засобах із автоматичними трансмісіями важливим є узгодження зміни передаточного числа та подачі палива. Тому оцінювання прийнятності автомобіля доцільно проводити не за часом розгону з нуля до 100 км/год, а за динамікою зміни швидкості в робочих діапазонах – наприклад, від 60 до 100 км/год, що відповідає реальним умовам обгону.

При русі в умовах змінного ухилу ефективність керування визначається величиною «просадки» швидкості та часом її відновлення. Моделювання дозволяє змінювати ухил як позитивно, так і негативно, оцінюючи вплив різних факторів без проведення натурних випробувань.

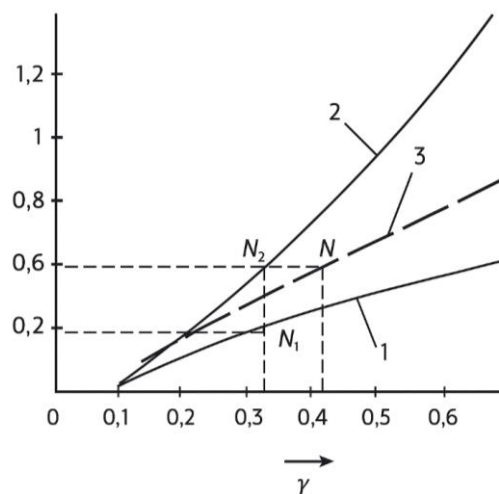


Рисунок 1. Графік розподілу питомих гальмівних сил передньої (1), задньої (2) осей та передньої і задньої осей при «ідеальному» розподілі (3)

Оцінювання керованості за траєкторними параметрами є складнішим, оскільки воно включає аналіз рульового механізму та динаміки повороту. Поворот автомобіля може здійснюватися двома способами:

Силовим методом – за рахунок різниці тягових зусиль по бортах або зміни напрямку дії сил у керованих колесах.

Кінематичним методом – у машинах з індивідуальними приводами коліс, де різна частота обертання створює момент, що викликає поворот.

Для обох випадків можливе формування математичних моделей, у яких кутова швидкість повороту залежить від вхідного керувального сигналу. Це створює основу для прогнозування поведінки машини та оцінювання її керованості за двома критеріями:

- за перехідними процесами: тривалість, коливання, перерегулювання;
- за амплітудно-частотними характеристиками: частота зрізу, наявність резонансів, чутливість на різних частотах.

Такі методи дозволяють не лише оцінювати керованість проєктованих машин, а й оптимізувати конструкцію рульового механізму та алгоритми автоматичного управління ще до виготовлення реального прототипу.

Література

1. Сахно В. П., Сирота В. І., Поляков В. М. Автомобілі. Теорія: навчальний посібник. Одеса: Військова академія, 2017. 414 с.
2. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Теорія експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. – Суми: СНАУ, 2015. – 213 с.
3. Rajamani R. Vehicle Dynamics and Control. Springer, 2012. 498 p.

УДК 629.3

І.Ю. Чепига; П.М. Куций; М.І. Куций

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

УЗАГАЛЬНЕНА РОЗРАХУНКОВА СХЕМА КУЗОВА ТА ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ

I.Iu. Cheryha; P.M. Kutsyi; M.I. Kutsyi

GENERALIZED CALCULATION DIAGRAM OF THE CAR BODY AND SUSPENSION

У сучасних дослідженнях динаміки автомобіля особливе значення має побудова адекватних просторових математичних моделей, здатних відтворювати взаємодію кузова, підвіски та коліс із дорожнім покриттям. Представлена розрахункова схема спрямована на уніфікацію опису цих підсистем через єдиний набір узагальнених координат, що забезпечує узгоджений підхід до подальшого аналітичного та числового моделювання. На рисунку 1 наведено узагальнену просторову розрахункову схему автомобіля, що використовується для формування набору узагальнених координат інерційних характеристик та кінематичного опису підвіски.

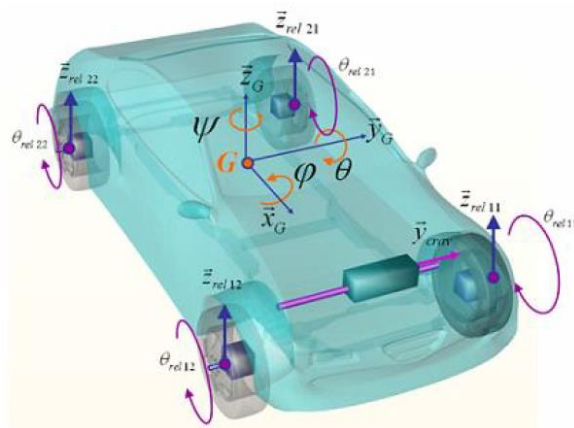


Рисунок 1. Набір розрахункових змінних модуля інерційних характеристик та кінематичної схеми підвіски

Кузов розглядається як тверде тіло з центром мас G , відносно якого задано зв'язану систему координат (x_G, y_G, z_G) : вісь x_G спрямована вздовж руху, y_G – поперек, z_G – вертикально вгору. Положення кузова відносно глобальної системи визначається кутами Ейлера – креном φ , дифілем θ та ристанням ψ , що дає змогу описати повний шестиступеневий рух під дією дорожніх та маневрових збурень.

У зонах коліс введено локальні осі та узагальнені координати, які характеризують відносний рух елементів підвіски: вертикальні переміщення ξ_{ij}^{rel} (хід підвіски) та кутові координати θ_{ij}^{rel} , що описують повороти вузлів і коліс передньої та задньої осей (правий/лівий борт). У передній частині показано виконавчий механізм рульового приводу, через який у моделі задаються керувальні впливи – кут повороту рульового колеса, сигнали систем активної безпеки й автоматизовані закони керування.

Запропонована система розрахункових змінних слугує основою для запису рівнянь руху у диференціальній або матричній формі та подальшої оцінки курсової і загальної стійкості, керованості, плавності ходу й навантаженості елементів підвіски, а також для синтезу алгоритмів активного керування підвіскою та рульовим керуванням.

УДК663.17

Т.В. Чорний¹, М.Г. Левкович², М.В. Костюк²

¹Тернопільський НДЕКЦ МВС

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ГАЛЬМІВНОГО МОМЕНТУ В БАРАБАННОМУ ГАЛЬМІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

T.V. Chorny, M.G. Levkovych, M.V. Kostyuk

STUDY OF THE BRAKING TORQUE IN DRUM BRAKES OF VEHICLES

Ефективність роботи барабанного гальма визначається величиною гальмівного моменту та рівномірністю зносу накладок, що безпосередньо впливає на безпеку транспортного засобу. Відомо, що барабанні гальма з нерухожими осями повороту колодок мають суттєві кінематичні обмеження. Нерівномірність навантаження накладок призводить до перевантаження окремих ділянок, перегріву, прискореного зносу та навіть можливого заклинювання колеса. Така асиметрія формує різні гальмівні моменти на колесах однієї осі, що здатне спричинити занос транспортного засобу.

Традиційний аналітичний підхід до визначення гальмівного моменту ґрунтується на припущенні, що сили взаємодії між барабаном і накладками діють перпендикулярно до поверхні тертя. Проте це можливе лише за умов абсолютно гладких поверхонь, що практично недосяжно у реальних умовах. Унаслідок цього актуальним є уточнення моделей розподілу тиску та визначення гальмівного моменту як для жорстких конструкцій з нерухомими осями, так і для самоустановлюваних колодок.

Барабанні гальма з самоустановлюваними колодками менш чутливі до точності виготовлення, оскільки під час гальмування колодки здійснюють мікропереміщення, автоматично вирівнюючи контакт по всій довжині накладки. Це дозволяє зменшити локальні перевантаження, забезпечити рівномірний тиск і підвищити стабільність гальмівного моменту. Саме тому така конструкція широко застосовується на легкових автомобілях.

Важливим чинником роботи барабанних гальм є характер розподілу тиску по поверхні накладок. Рівномірний синусоїдальний розподіл тиску забезпечує безшумну роботу гальм, тоді як косинусоїдальний або з локальними піками спричиняє високочастотні вібрації та скрип. Головна причина шумів – порушення рівномірності контакту, що проявляється у вигляді асиметричного зношування накладок.

Аналіз силової взаємодії між барабаном і накладками показує, що активні сили притиснення та сили тертя формують складну картину напружено-деформованого стану. У барабанних гальмах з самоустановлюваними колодками для первинної та вторинної накладки характер притиснення суттєво відрізняється. Первинна колодка додатково притискається силами тертя, що збільшує її внесок у загальний гальмівний момент, тоді як вторинна навпаки частково розвантажується. Це визначає конструктивні відмінності та необхідність окремих розрахунків для кожної колодки.

Гальмівні моменти первинної і вторинної колодок визначають інтегруванням елементарних моментів уздовж довжини накладки. Універсальна формула, що описує гальмівний момент барабанного гальма, враховує геометрію барабана, ширину накладки, радіус тертя, плече прикладання сил та кутову координату центру повороту колодок. Вона застосовна як для систем із фіксованими осями, так і для самоналаштувальних конструкцій.

Одним з ключових практичних аспектів є нахил опорної поверхні самоустановлюваної колодки. Від правильного вибору цього кута залежить рівномірність зносу накладки. Якщо реакції опорної поверхні не компенсують силу, що зміщує колодку під дією барабана, знос стає одностороннім, а гальмівний момент нестабільним. Аналітичні залежності дозволяють визначити оптимальні кути нахилу опорних поверхонь залежно від ширини накладки, значення коефіцієнта тертя, радіуса барабана та геометрії механізму.

Дослідження показують, що на величину гальмівного моменту найбільше впливають:

- коефіцієнт тертя накладки;
- кут охоплення барабана;
- положення центра повороту колодки;
- величина рівномірно розподіленого навантаження на накладку;
- орієнтація опорної поверхні колодки.

Правильно визначені кути нахилу опорних поверхонь забезпечують симетричний знос накладок, що підтверджується експериментально: профілі зносу після пробігів 7 000 та 46000 км демонструють рівномірність по довжині накладки, що відповідає розрахованим значенням.

Таким чином, комплексний аналіз силової взаємодії та теоретичне моделювання процесу гальмування дозволяють отримати точне значення гальмівного моменту та сформулювати рекомендації щодо оптимізації конструкції барабанних гальм. Визначення оптимального нахилу опорної поверхні, уточнення моделі розподілу тиску та врахування

властивостей матеріалу накладок є ключовими умовами забезпечення стабільної, безшумної та ефективної роботи гальмівної системи.

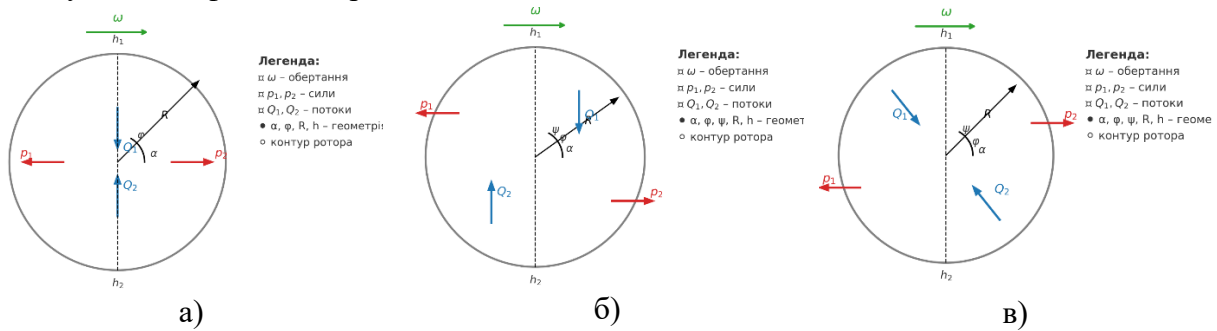


Рисунок 1. Розрахункові схеми барабанних гальм із самоналаштувальними колодками: а – з двома первинними та двома колісними гідроциліндрами; б – із первинною, вторинною колодками та опорною пластиною; в – з передачею впливу від однієї первинної колодки на другу через проміжний стержень, розташований у направляючій.

Література

1. Сахно В. П., Сирота В. І., Поляков В. М. Автомобілі. Теорія: навчальний посібник. Одеса: Військова академія, 2017. 414 с.
2. Сахно В. П., Григорашенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К.: Національний транспортний університет, 2013. 200 с.
3. Newcomb T. P., Spurr R. T. Braking of Road Vehicles. – London: Chapman and Hall, 1987. 336 p.
4. Pacejka H. Tire and Vehicle Dynamics. – Elsevier, 2012. 672 p.

СЕКЦІЯ 5 КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

УДК 004.4

Д.Т. Антонюк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВПРОВАДЖЕННЯ LLM У ВЕБСЕРВІС ДЛЯ ВІДПОВІДЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ AZURE OPENAI

D.T. Antoniuk

IMPLEMENTATION OF LLM IN A WEB SERVICE FOR RESPONSES USING AZURE OPENAI

Сучасний етап розвитку цифрових технологій характеризується зростанням потреби у швидкій, персоналізованій та автоматизованій взаємодії між користувачем і програмними системами. Зі збільшенням кількості інформаційних запитів та ускладненням структури вебдодатків виникає необхідність у впровадженні інтелектуальних рішень, здатних аналізувати контекст звернень та забезпечувати оперативну генерацію релевантних відповідей. Інтеграція великих мовних моделей (LLM) у поєднанні з хмарними сервісами, такими як Azure OpenAI, відповідає цим вимогам, дозволяючи підвищити ефективність обробки запитів, зменшити навантаження на операторів підтримки та покращити взаємодію користувача з системою [1].

Типова архітектура інтеграції LLM у вебдодаток включає фронтенд-компонент, що забезпечує інтерфейс користувача та передачу запитів, бекенд, відповідальний за логіку обробки, і API-з'єднання з сервісом Azure OpenAI. Під час запиту користувача фронтенд формує повідомлення і передає його на сервер, де бекенд аналізує інформацію, формує промпт з урахуванням системних інструкцій і контексту, після чого здійснює API-виклик до моделі. Azure OpenAI генерує відповідь, яка повертається на бекенд, проходить можливу постобробку (виправлення помилок, форматування) і надсилається на фронтенд для відображення користувачеві. Такий підхід дозволяє реалізувати адаптивну взаємодію, забезпечує контроль над якістю відповідей та можливість масштабування рішення [2].

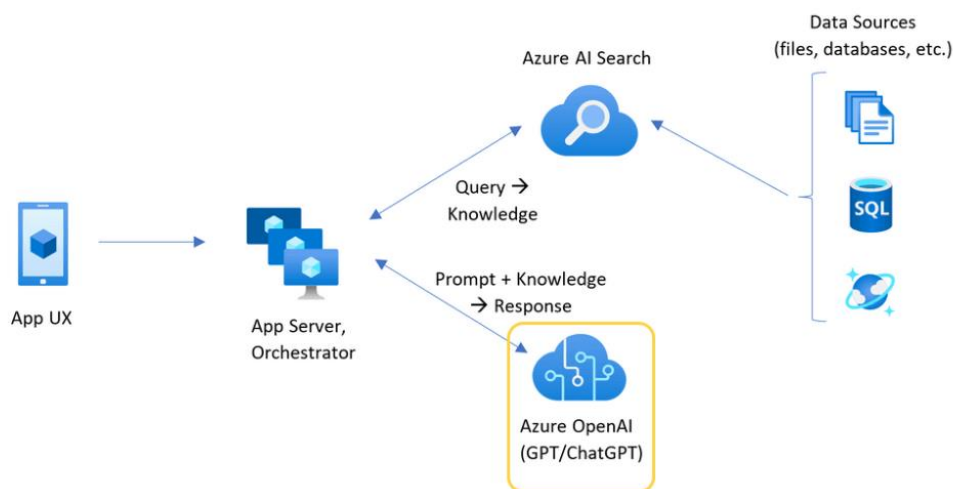


Рисунок 1. Схема інтеграції Azure Open AI

Інтеграція великих мовних моделей у вебдодатки забезпечує можливість автоматизованої генерації відповідей на основі аналізу контексту користувацьких запитів. LLM здатні виконувати семантичне розуміння звернень, генерувати адаптивні відповіді та працювати з неповними або неоднозначними запитам, що значно підвищує ефективність взаємодії з системою. Використання Azure OpenAI додатково забезпечує доступ до оптимізованих моделей у хмарній інфраструктурі Microsoft, з підтримкою масштабування, високою продуктивністю та вбудованими механізмами безпеки. Платформа дозволяє застосовувати як готові моделі (GPT-3.5, GPT-4 тощо), так і їх модифікації з урахуванням специфіки предметної області, що робить інтеграцію більш гнучкою та адаптованою до вимог вебдодатка [3].

Інтеграція LLM у вебдодатки за допомогою Azure OpenAI дозволяє суттєво оптимізувати бізнес-процеси шляхом автоматизації повторюваних звернень та скорочення часу реагування на запити користувачів. На відміну від традиційних чат-ботів із жорстко визначеною логікою, мовна модель здатна аналізувати контекст, адаптувати відповіді до конкретної ситуації та надавати більш точну та персоналізовану інформацію.

Під час інтеграції LLM необхідно врахувати низку технічних обмежень, зокрема продуктивність API, ліміти на кількість запитів, швидкість та стійкість системи при великій кількості одночасних користувачів. Важливим аспектом є забезпечення конфіденційності та захисту переданих даних, особливо у разі використання персоналізованого контексту або доступу до внутрішніх джерел інформації. Рекомендується впроваджувати механізми контролю якості відповідей, фільтрації небажаного контенту та уникнення галюцинацій моделі. Особливу увагу варто приділити безпечній обробці даних через Azure (використання OAuth 2.0, рольова автентифікація, шифрування) та впровадженню систем моніторингу стабільності інтеграції [4].

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення механізмів формування промптів із урахуванням попередньої історії взаємодії користувача, динамічного контексту та адаптивних стратегій генерації відповідей. Перспективним є впровадження гібридних моделей, що поєднують LLM із доменними знаннями або онтологіями для підвищення точності відповідей у спеціалізованих галузях [5].

Реалізація інтеграції LLM у вебдодатки за допомогою Azure OpenAI демонструватиме потенціал створення інтелектуальних систем взаємодії, здатних адаптуватися до потреб користувачів у реальному часі. Подібні рішення формуватимуть основу для нових підходів до автоматизації інформаційних процесів, підтримки комунікації та інтелектуального аналізу запитів, що відповідатиме напрямам розвитку сучасних цифрових технологій.

Література

1. Azure OpenAI in Foundry Models URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/products/ai-foundry/models/openai>. Доступ до ресурсу: 30.11.2025
2. Azure OpenAI: The Smart Choice for AI-Powered Enterprise Solutions URL: <https://www.cloudoptimo.com/blog/azure-openai-the-smart-choice-for-ai-powered-enterprise-solutions/> Доступ до ресурсу: 30.11.2025
3. Models Open AI URL: https://platform.openai.com/docs/models_ Доступ до ресурсу: 30.11.2025
4. К.М. Онищенко. Данієль Я.І., Каманєв Р.О. Аналіз методів обробки природної мови.
5. Albert Ziegler. Prompt Engineering for LLMs / Albert Ziegler, 2024 – с. 250.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІОТ-СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛІЗУ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ

V.I. Antoniuk; N.S. Lutsyk, Ph.D., Assoc. Prof.; A.M. Palamar, Ph.D., Assoc. Prof.

COMPUTERIZED IOT SYSTEM FOR ANALYZING ELECTRICITY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL PREMISES

В умовах зростаючого енергоспоживання та необхідності підвищення енергоефективності житлового сектору все більшої уваги набувають технології автоматизованого моніторингу та аналізу електричних навантажень. Розвиток Інтернету речей (IoT) створює передумови для побудови інтелектуальних систем контролю, що забезпечують збір, передавання, обробку та візуалізацію даних про енергоспоживання у режимі реального часу. Використання таких рішень сприяє оптимізації витрат домогосподарств, ранньому виявленню неефективних режимів роботи електроприладів та формуванню енергоощадної поведінки користувачів.

Проблема, яка лежить в основі даного дослідження, полягає у відсутності доступних та універсальних інструментів комп'ютеризованого контролю енергоспоживання в житлових приміщеннях, здатних забезпечити точні вимірювання, адаптивний аналіз та інтеграцію з хмарними сервісами. Актуальність роботи обумовлена зростанням навантаження на електромережі, збільшенням вартості електроенергії та потребою в раціональному використанні ресурсів. Метою дослідження є розроблення комп'ютеризованої IoT-системи для аналізу споживання електроенергії у побуті, що забезпечує точний збір даних, їх обробку та подання користувачу у зручному вигляді.

Запропонована система включає мікроконтролерний модуль ESP32, неінвазивний давач струму SCT-013-030 та модуль для вимірювання змінної напруги ZMPT101B. Таке поєднання дозволяє визначати миттєві значення напруги та струму, обчислювати активну потужність та оцінювати загальний рівень енергоспоживання. Мікроконтролер виконує локальну попередню обробку даних, усереднення значень та фільтрацію шумів, після чого передає дані на хмарну IoT-платформу Blynk через Wi-Fi.

Платформа Blynk забезпечує гнучкі засоби візуалізації, зокрема побудову графіків у реальному часі, відображення числових параметрів та формування інтерактивних панелей для користувача. Завдяки цьому система може відображати поточні значення напруги, сили струму, миттєвої потужності та накопичених показників про рівень споживання електроенергії. Крім того, можливість зберігання даних у хмарі дозволяє виконувати довгостроковий аналіз, виявляти аномалії у споживанні та прогнозувати поведінку електричних навантажень.

Важливою особливістю системи є її модульність та адаптивність. Зміна конфігурації датчиків або додавання нових вимірювальних модулів може бути здійснена без суттєвої модифікації архітектури. Наявність вбудованих засобів обробки дозволяє масштабувати систему для більших об'єктів або інтегрувати її у комплексні рішення «розумного будинку».

Запропонована система вирішує важливе практичне завдання — забезпечення доступного та ефективного моніторингу споживання електроенергії. Вона поєднує сучасні IoT-технології, методи вимірювання електричних параметрів та хмарну аналітику, що дозволяє покращити енергоменеджмент у побуті. Результати дослідження підтверджують перспективність застосування подібних систем у житлових приміщеннях та створюють основу для подальшого розвитку інтелектуальних енергетичних рішень.

УДК 681.5

Ю.Атаманчук, здобувач вищої освіти

Ю. Лещишин, канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

МЕТОДИ І ЗАСОБИ АДАПТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИРОЩУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИДІВ РИБ

Y. Atamanchuk, higher education applicant

Y. Leshchyshyn, Ph.D., Associate Prof.

METHODS AND MEANS OF ADAPTIVE CONTROL OF COMPUTER SYSTEM PARAMETERS FOR THE CULTIVATION OF INDUSTRIAL FISH SPECIES

Стабільність параметрів середовища вирощування промислових видів риб є ключовою вимогою, оскільки відхилення температури або рівня кисню впливають на працездатність усієї інфраструктури. Поширені схеми керування в таких системах працюють за принципом простого перемикання при досягненні порогових значень, що не дає можливості точно враховувати зміну процесів у часі. Через це виникають коливання параметрів середовища, і система не може підтримувати потрібні значення з достатньою точністю[1].

Щоб реалізувати адаптивне регулювання, необхідно описати роботу середовища вирощування промислових видів риб у вигляді математичних моделей. Для контролю температури використовується рівняння теплового балансу, у якому враховується об'єм води, теплоємність, теплова потужність нагрівача, ефективність нагрівача та втрати тепла через поверхню середовища[2]. Така модель показує, як температура змінюється у відповідь на керуючі дії та зовнішні умови, і дозволяє визначити, який вплив потрібно сформулювати для стабілізації процесу.

$$C_v \cdot V \cdot \frac{dT(t)}{dt} = P(t) \cdot \eta - k_{loss} \cdot S \cdot (T(t) - T_{amb}) \quad (1.1)$$

де C_v – питома об'ємна теплоємність води;

V – об'єм води;

$P(t)$ – керуюча теплова потужність;

η – ККД нагрівача;

k_{loss} – узагальнений коефіцієнт тепловтрат;

S – площа поверхні;

T_{amb} – температура зовнішнього середовища.

Для керування системою аерації планується застосувати модель динаміки концентрації розчиненого кисню $C(t)$, що базується на рівнянні масопереносу [2]:

$$\frac{dC(t)}{dt} = K_L a \cdot (C_{sat} - C(t)) - R(t) \quad (1.2)$$

де $K_L a$ – об'ємний коефіцієнт масопередачі;

C_{sat} – концентрація насичення;

$R(t)$ – швидкість споживання кисню біомасою.

Аналогічно концентрація кисню описується рівнянням масопереносу, що враховує роботу аератора, можливу концентрацію насичення та швидкість споживання кисню[3]. Ця модель дає можливість прогнозувати зміну концентрації кисню в реальному часі, а також визначати, коли система повинна коригувати роботу аератора.

$$u[k] = K_p \cdot e[k] + K_i \cdot T_s \sum_{i=0}^k e[i] + K_d \frac{e[k] - e[k-1]}{T_s} \quad (1.3)$$

де $u[k]$ – розрахований керуючий вплив;

$e[k]$ – помилка регулювання;

T_s – період дискретизації.

Оскільки температурний та кисневий процеси мають інерційні властивості та змінюються з певною затримкою, система керування потребує алгоритму, здатного працювати у дискретному режимі та формувати керуючий вплив, що компенсує ці властивості. Для цього застосовується цифровий ПІД-алгоритм, який розраховує управляючу дію у кожен момент часу на основі різниці між поточним і потрібним значенням параметра[4].

Об'єднання цих моделей та алгоритмів формує основу комп'ютерної системи адаптивного керування параметрами середовища вирощування промислових видів риб. Такий підхід дозволяє підвищити точність регулювання, запобігти небажаним коливанням і забезпечити стабільну роботу системи, що є основною вимогою для автоматизованого контролю цього типу.

Література

1. Boyd C. E. Water Quality: An Introduction. 3rd Edition. Springer, 2020. 440 p. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-23335-8>.
2. Kayombo S. et al. Mathematical Modeling of Dissolved Oxygen in Fish Ponds. *Simulation*. 2000. URL: https://www.researchgate.net/publication/285314378_Mathematical_Modeling_of_Dissolved_Oxygen_in_Fish_Ponds.
3. Sozański K. Low Cost PID Controller for Student Digital Control Laboratory Based on Arduino or STM32 Modules. *Electronics*. 2023. Vol. 12, Iss. 15. 3235. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/15/3235>.
4. Fandiño Pelayo J. S., et al. Smart water quality regulation in sustainable aquaponics using PID control and long-term performance analysis. *Sustainable Engineering and Innovation*. 2025. Vol. 7, No. 2. P. 521–536. URL: https://www.researchgate.net/publication/396413177_Smart_water_quality_regulation_in_sustainable_aquaponics_using_PID_control_and_long-term_performance_analysis.

УДК 621

Бартків П. – студент групи ТР-402

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж»

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Україна)

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ БЕЗПРОВІДНИХ РАДІОМЕРЕЖ СЕНСОРНИХ ВУЗЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Bartkiv P. – student of TR-402 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methologist

OPTIMIZATION OF WIRELESS SENSOR RADIO NETWORKS OPERATION USING MACHINE LEARNING METHODS

Безпроводні сенсорні мережі на сьогодні відіграють важливу роль у розвитку радіоелектроніки та телекомунікацій. Вони застосовуються у системах моніторингу навколишнього середовища, «розумних» будівлях, промисловій автоматизації, медицині та обороні. Такі мережі складаються з великої кількості сенсорних вузлів, що здійснюють вимірювання, обробку та передавання даних у режимі реального часу.

Структура безпроводної сенсорної мережі складається з трьох основних рівнів: сенсорного поля, приймального вузла (базової станції або шлюзу) та центру обробки даних. Сенсорне поле містить велику кількість вузлів, розташованих у зоні моніторингу, які здійснюють вимірювання параметрів середовища (температури, вологості, тиску, вібрацій тощо) та передають результати до приймача. Базова станція збирає дані від усіх вузлів, виконує їх попередню обробку і передає результати через мережу Інтернет або супутниковий канал до диспетчерського центру. У центрі відбувається аналіз отриманої інформації, прийняття рішень і керування роботою всієї системи.

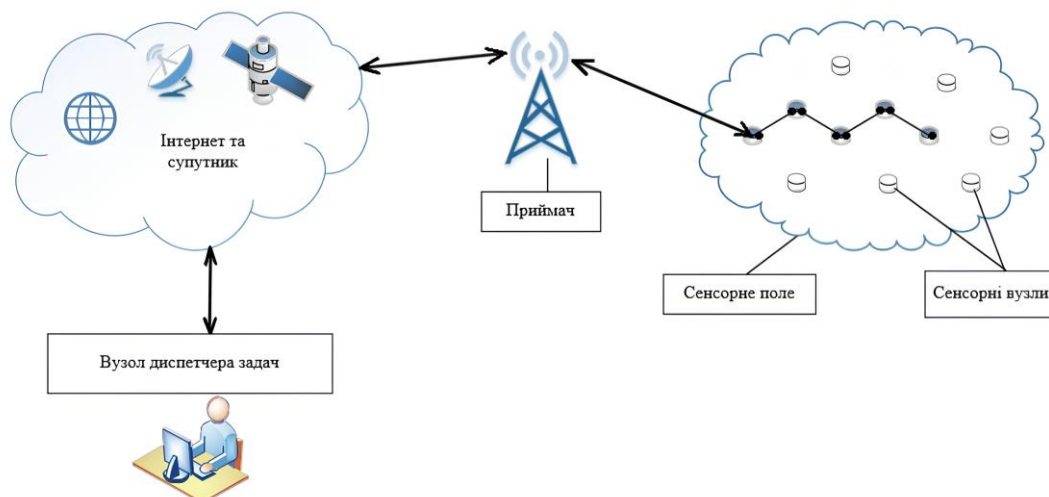


Рисунок 1. Структурна схема безпроводної сенсорної мережі

На рисунку 1 зображено типову структуру БСМ, де сенсорні вузли об'єднані в сенсорне поле, з'єднане з приймачем, що має доступ до мережі Інтернет і супутникового каналу зв'язку, через який інформація передається до диспетчера задач.

Однією з головних проблем у функціонуванні безпроводних сенсорних мереж є обмежений запас енергії їх вузлів. Через це виникає потреба у автономному живленні та зменшенні енергоспоживання, щоб продовжити час роботи системи. Традиційні методи енергозбереження не завжди забезпечують ефективну роботу мережі за змінних умов зв'язку, тому виникає потреба у впровадженні нових інтелектуальних рішень.

Одним із перспективних напрямів розвитку таких систем є використання методів машинного навчання. Ці алгоритми дають змогу мережі самостійно аналізувати зібрані дані, виявляти закономірності та приймати оптимальні рішення щодо маршрутизації інформації. Методи кластеризації (K-means, Self-Organizing Map) дозволяють групувати сенсорні вузли за рівнем енергії або відстанню, що допомагає збалансувати навантаження між ними. Дерева рішень та алгоритми навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) застосовуються для вибору найефективніших маршрутів передавання даних і керування режимами роботи вузлів.

Використання таких підходів дає можливість зменшити середнє енергоспоживання сенсорних вузлів до кількох десятків відсотків, підвищити стабільність передавання сигналів та забезпечити довшу автономну роботу. Крім того, впровадження машинного навчання сприяє підвищенню адаптивності системи, адже вона здатна реагувати на зміни умов зв'язку та навантаження без участі людини.

Оптимізація роботи безпроводних радіомереж сенсорних вузлів із використанням методів машинного навчання є важливим напрямом розвитку сучасних радіотехнічних систем. Поєднання технологій штучного інтелекту з принципами радіозв'язку дозволяє створювати нове покоління «розумних» сенсорних мереж, які можуть ефективно використовувати енергію, підтримувати надійний зв'язок та забезпечувати стійкість функціонування в реальних умовах експлуатації.

Література

1. AI-Driven Energy Management Techniques for Enhancing Network Longevity in Wireless Sensor Networks URL: <https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc/article/view/24885>
2. An Overview of Machine Learning-Based Energy-Efficient Routing Algorithms in Wireless Sensor Networks URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/13/1539>
3. Machine Learning in Wireless Sensor Networks for Smart Cities: A Survey URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/9/1012>
4. Інтелектуальні підходи енергозбереження у безпроводних сенсорних комп'ютерних мережах URL: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2026>
5. Підвищення енергозбереження бездротових сенсорних мереж з використанням методів машинного навчання URL: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2964>

УДК 004.9:638.1

І.В. Бенцал; Л. П. Дмитроца, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ OPEN-SOURCE РІШЕНЬ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ СТАНУ БДЖОЛОСІМЕЙ

I.Bentsal, L. Dmytrotsa, Ph.D.

ANALYSIS OF OPEN-SOURCE SOLUTIONS FOR MONITORING THE CONDITION OF HONEYBEE COLONY

У сучасному бджільництві використання цифрових технологій для моніторингу стану бджолосімей стає дедалі більш актуальним, оскільки традиційні методи – ручні огляди, візуальна оцінка – часто є трудомісткими, недостатньо точними та реагують лише після виникнення проблеми. Системи моніторингу вуликів дозволяють автоматично збирати дані про мікроклімат (температура, вологість), вагу вулика, активність бджіл і передавати їх на віддалені платформи для аналізу.

Проведено порівняльне дослідження чотирьох відкритих рішень HiveEyes, HoneyPi, BeeMoS та PrusaHive.

HiveEyes – це модульна платформа для моніторингу вуликів, яка використовує відкриті технології для збору даних, таких як температура, вологість, вага та інші параметри. Вона підтримує протоколи MQTT та InfluxDB для зберігання і аналізу даних у реальному часі, забезпечуючи доступ через графічні інтерфейси, такі як Grafana [1].

PrusaHive є інноваційним проектом, що поєднує 3D-друк та моніторинг стану вуликів. Система забезпечує автоматизоване вимірювання температури, вологості та інших показників, а також надає відкриті схеми для самостійного налаштування вуликів [2].

BeeMoS – це платформа для моніторингу вуликів, яка використовує технології IoT для збору даних через сенсори, підключені до Wi-Fi або LoRa. Проект підтримує відкритий код аби інтегрувати дані в інші системи для аналітики і прогнозування [3].

HoneyPi – це рішення на базі Raspberry Pi, яке дозволяє створити розумний вулик для автоматичного моніторингу температури, вологості та ваги. Проект надає прості інструкції для налаштування сенсорів і інтеграції з хмарними платформами, такими як ThingSpeak, для зберігання і візуалізації даних [4].

Під час аналізу враховувалися такі критерії: легкість встановлення, вартість компонентів, гнучкість системи, наявність документації та підтримки спільноти. Порівняння показало, що HoneyPi є одним із найзручніших рішень для практичного використання — насамперед через низьку ціну, докладні інструкції, мобільні додатки та сумісність із широким набором сенсорів.

Отже, HoneyPi доцільно розглядати як оптимальне рішення за критеріями «доступність – функціональність – простота впровадження». Дане рішення особливо корисне для невеликих пасік, які прагнуть модернізувати свою роботу без суттєвих витрат і при цьому отримувати достовірні дані про стан бджолосімей у реальному часі.

Література

1. HiveEyes, "HiveEyes: Open-source beehive monitoring," [Online]. Available: <https://www.hiveeyes.org/>.
2. PrusaLab, "PrusaHive: Open-source beehive monitoring and 3D printing integration," [Online]. Available: <https://prusalab.cz/en/portfolio/prusahive/>.
3. Hackuarium, "BeeMoS: Open-source IoT beehive monitoring platform," [Online]. Available: <https://github.com/Hackuarium/beemos>.
4. HoneyPi Project, "HoneyPi: Build your smart beehive with Raspberry Pi," [Online]. Available: <https://honey-pi.de/en/>.

УДК 004.912.2:316.774

Д.В. Боднар; Г.І. Липак, к. соц. ком.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ПІДХОДІВ СЕНТИМЕНТ-АНАЛІЗУ У ДОСЛІДЖЕННІ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

D.V. Bodnar; H.I. Lypak Ph.D

EFFECTIVENESS OF VARIOUS APPROACHES TO SENTIMENT ANALYSIS IN THE STUDY OF SOCIAL NETWORKS

Аналіз тональності, або ж сентимент-аналіз, є однією з ключових задач обробки природної мови (NLP) при дослідженні соціальних мереж. Його основна мета полягає в автоматизованому виявленні та класифікації суб'єктивних думок, настроїв чи емоцій, що виражені користувачами у текстових повідомленнях [1]. Як показано на рисунку 1.1, в

академічній літературі та прикладних рішеннях виокремлюють декілька основних підходів аналізу тональності, які можна згрупувати за складністю та принципом роботи.

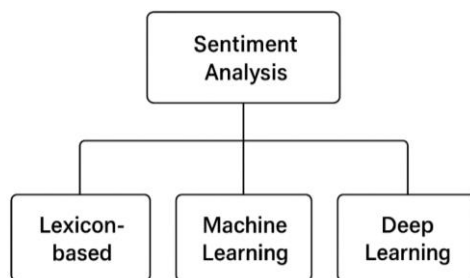


Рисунок 1.1 – Блок-схема основних підходів до сентимент-аналізу

Найбільш ранні, або ж базові, підходи покладаються на використання словників (lexicon-based). Їхня логіка полягає у використанні заздалегідь складених лексиконів, де кожному слову чи фразі присвоєно певний «бал» тональності (наприклад, від -1 до +1). Загальна тональність тексту розраховується шляхом сумачії або усереднення балів окремих слів [2]. Перевагою таких методів є їхня швидкість та відсутність потреби у навчальних даних. Однак вони мають суттєві обмеження: низька точність при роботі зі складними синтаксичними конструкціями, іронією, сарказмом або контекстно-залежними виразами.

Другу, більш поширену, групу складають методи, що використовують класичне машинне навчання (ML). У цьому випадку задача аналізу тональності розглядається як задача класифікації тексту. На великому, вручну розміченому наборі даних (корпусі) навчаються такі алгоритми, як Наївний Баєс (Naive Bayes), логістична регресія (logistic regression) або, найчастіше, метод опорних векторів (support vector machines, SVM) [3]. Ці методи, як правило, дають значно точніші результати, ніж словникові, оскільки здатні враховувати не лише окремі слова, але і їхні поєднання (так звані n-грами).

Третя, найбільш сучасна група, ґрунтується на моделях глибокого навчання (Deep Learning). Саме цей напрям домінує у сучасних дослідженнях NLP. Архітектури, такі як рекурентні нейронні мережі (RNN, LSTM) та, особливо, трансформери (наприклад, BERT), демонструють найвищу ефективність [4]. Їхня ключова перевага полягає у здатності вловлювати складні семантичні зв'язки та розуміти ширший контекст речення, що є критичним для правильної інтерпретації тональності.

Окремо від аналізу тональності варто виділити споріднену, але більш гранулярну задачу – аналіз емоційного забарвлення. Якщо тональність найчастіше обмежується шкалою «позитивно-негативно-нейтрально», то аналіз емоцій має на меті виявлення конкретних почуттів (наприклад, "радість", "гнів", "сум", "страх"), часто на основі психологічних моделей, як-от колесо емоцій Плутчика (рис. 1.2).

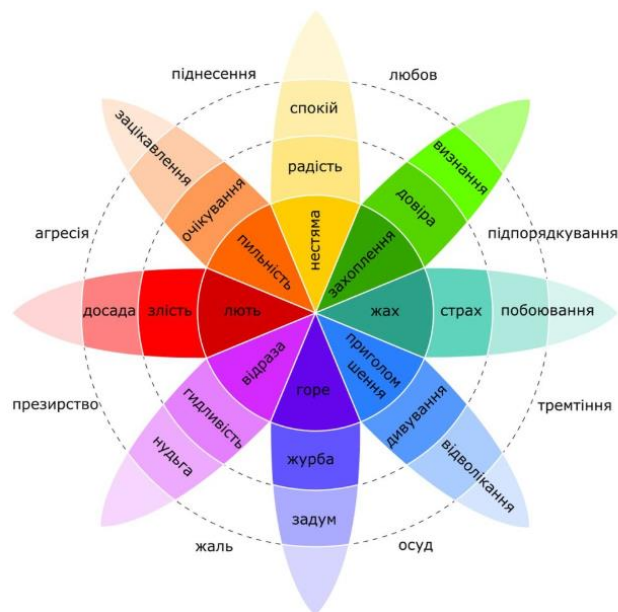


Рисунок 1.2 – Приклад колеса емоцій Плутчика

Розуміння саме емоційних реакцій користувачів може дати більш глибоке уявлення про закономірності їхньої поведінки. На відміну від класичного аналізу тональності, який зосереджується переважно на полярності висловлювань, аналіз емоцій дозволяє детальніше простежити інтенсивність, напрям та характер переживань, що супроводжують онлайн-комунікацію [5].

Література

1. Liu, B. Sentiment Analysis and Opinion Mining – Morgan & Claypool Publishers, 2012. 167 с.
2. Taboada, M., et al. Lexicon-based methods for sentiment analysis Computational Linguistics. 011. Vol. 37, No. 2. P. 267–307.
3. Pang, B., Lee, L., & Vaithyanathan, S. Thumbs up?: sentiment classification using machine learning techniques // Proceedings of the ACL-02 conference on Empirical methods in natural language processing (EMNLP). 2002. P. 79–86.
4. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding // Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (NAACL). – 2019. – P. 4171–4186.
5. Plutchik, R. A general psychoevolutionary theory of emotion // Emotion: Theory, research, and experience. 1980. Vol. 1. P. 3–33.

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СОРТУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ В «GOOGLE DRIVE API» НА ОСНОВІ КОНТЕНТУ

D.A. Boiko

IMPROVEMENT OF THE INFORMATION SYSTEM OF INTELLIGENT DATA SORTING FOR INTEGRATION INTO “GOOGLE DRIVE API” BASED ON CONTENT

Інформаційні системи інтелектуального сортування даних «на основі контенту» передбачають аналіз змісту файлів та їхніх атрибутів (текстового наповнення, метаданих, семантики, типу та структури), а не лише за допомогою стандартних правил і назв. Такий підхід дає змогу автоматично визначати призначення або категорію документа, розпізнавати взаємозв'язки між файлами та оптимізувати процес їх класифікації. У контексті інтеграції з Google Drive API, використання аналізу контенту дозволяє підвищити точність сортування, пришвидшити доступ до релевантних даних та покращити користувацьку взаємодію, що відповідає актуальним задачам сучасних технологій щодо автоматизації обробки інформації та впровадження інтелектуальних систем управління даними. [1].

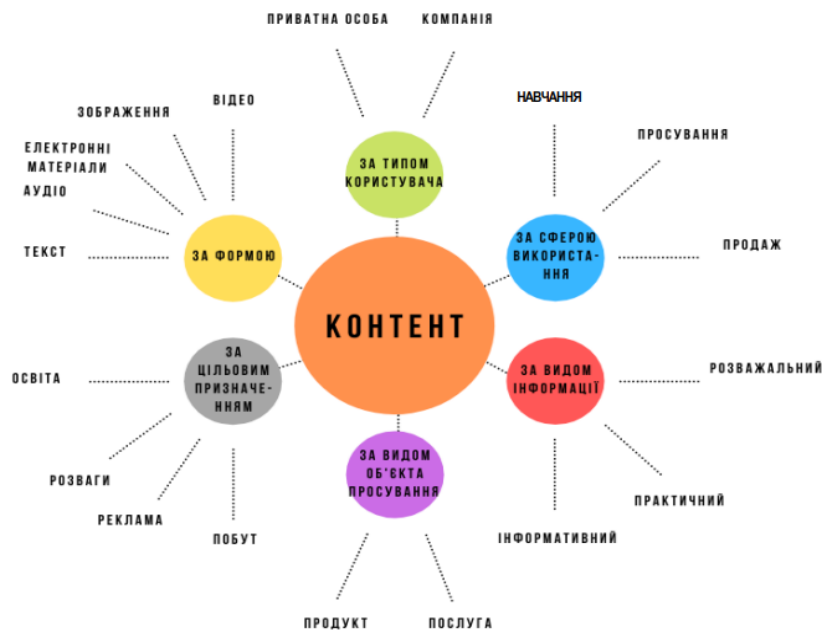


Рисунок 1. Структура класифікації контенту за різними ознаками

Однією з ключових актуальних технологій у процесі цифрової трансформації є використання прикладних програмних інтерфейсів (API), що забезпечують взаємодію між системами та доступ до хмарних сервісів. У контексті інтеграції інформаційної системи інтелектуального сортування даних із Google Drive API, API дозволяє автоматично отримувати метадані файлів, здійснювати доступ до вмісту, виконувати операції класифікації та переміщення без участі користувача. Завдяки підтримці сучасних стандартів безпеки (OAuth 2.0), API дає змогу реалізувати персоналізовану обробку даних, працювати з великими обсягами інформації у реальному часі та масштабувати алгоритми машинного навчання на хмарній інфраструктурі. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності цифрових рішень, що відповідає тенденціям розвитку інтелектуальних веб-технологій і систем управління даними [2].

Для підвищення точності контент-аналізу в системі інтелектуального сортування даних можуть використовуватися гібридні моделі машинного навчання, що поєднують статистичні та математичні методи [3]. На етапі первинної класифікації файлів доцільним є застосування алгоритмів векторного представлення та порівняння, зокрема k-means та методу головних компонент (PCA) для виявлення структурної подібності на основі метаданих (розмір, формат, дата створення, частота появи ключових параметрів). Для оптимізації рішень щодо належності до певної категорії може бути використана логістична регресія або SVM, які дозволяють визначити ймовірність віднесення об'єкта до класу на підставі обраних ознак.

Реалізацію моделей можна виконати як у середовищі Python з використанням бібліотек машинного навчання, так і через інші технології (PHP, JavaScript) у разі інтеграції з відповідними сервісами. Такий підхід забезпечує адаптивність системи, можливість подальшого донавчання та масштабування моделі разом зі зростанням обсягів контенту [4].

У порівнянні з підходами, орієнтованими виключно на пошук за ключовими словами або метаданими, запропонована модель забезпечує багатовимірний аналіз, включаючи статистичні, структурні та змістові ознаки. Крім того, інтелектуальне сортування дозволяє автоматично оновлювати категорії на основі нового користувацького контенту, тоді як класичні системи потребують ручного коригування. Це значно підвищує швидкість обробки даних, знижує ризик помилки та робить систему масштабованою в умовах зростання обсягів інформації [5].

Подальші дослідження можуть зосередитися на інтеграції додаткових методів аналізу контенту, таких як глибинне навчання для розпізнавання семантичних зв'язків та контекстуальних залежностей між файлами, а також на впровадженні адаптивних механізмів рекомендацій для користувачів. Ці напрямки відкривають можливості для підвищення ефективності класифікації, забезпечення більш інтелектуальної взаємодії із даними та розвитку масштабованих систем управління інформацією у хмарних середовищах. Крім того, варто звернути увагу на оптимізацію продуктивності систем при обробці великих обсягів даних, безпеку при взаємодії з хмарними сервісами, управління версіями та історією змін файлів, а також на можливість інтеграції з різноманітними джерелами даних.

Література

1. Структури даних та алгоритми URL: <https://studfile.net/preview/10025806/page:21/>. Доступ до ресурсу: 30.11.2025
2. Brenda Jin. Designing Web APIs / Brenda Jin, Saurabh Sahni, Amir Shevat.
3. Григорова Т.А. Дослідження методів машинного навчання для пошуку інформації / Т.А. Григорова, В.П. Ляшенко, О.О. Москаленко (Статті. Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського)
4. Карабін Р.М., Литвиненко Я.В. Огляд бібліотек машинного навчання для мови python.
5. Google Drive API Overview URL: <https://developers.google.com/workspace/drive/api/guides/about-sdk> (дата звернення: 30.11.2025)

**ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ
КОНТРОЛЮ ТИСКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОМИСЛОВИХ
УМОВАХ****R. Varkholiak****INCREASING THE ACCURACY OF AUTOMATION SYSTEMS FOR PRESSURE
AND TEMPERATURE CONTROL IN INDUSTRIAL CONDITIONS**

Для того, щоб запропонувати технічні нововведення, які забезпечать покращення сучасних АЦП для використання в сенсорних системах інтелектуальних перетворювачів тиску і температури, спочатку необхідно провести аналіз вже існуючих систем, їх переваг та недоліків. Нижче буде описаний та графічно відображений результат такого аналізу.

АЦП (аналого-цифрові перетворювачі) різних типів та з різними характеристиками неможливо порівнювати безпосередньо. З цієї причини їхнє порівняння виконується шляхом об'єднання найважливіших спільних параметрів в єдиний показник якості. Показник якості Волдена (Walden FOM) широко використовується і визначається як:

$$\text{FOMW} = \frac{P}{2 \cdot BW \cdot 2^{\text{ENOB}}} \quad (1)$$

де P — це статична споживана потужність, а ENOB — це ефективна кількість біт.

При порівнянні АЦП з високою роздільною здатністю показник якості Волдена не підходить, оскільки він базується на моделі потужності схеми, де кожен рівень квантування додає постійну величину додаткового споживання, як, наприклад, в архітектурі АЦП паралельної дії (flash-ADC). У моєму випадку найкращим вибором є показник якості Шраєра (Schreier FOM), який також враховує обмеження, пов'язані з тепловим шумом:

$$\text{FOMS} = \text{SNDR} + 10 \log\left(\frac{BW}{P}\right) \quad (2)$$

Порівняння характеристик сучасних АЦП різних архітектур проілюстровано на Рис. 1. Цей тип аналізу продуктивності буде використано в подальшому при порівнянні з результатами всієї дисертаційної роботи. Наразі можна побачити, що архітектура $\Delta\Sigma$ (Дельта-Сигма) на конденсаторах які перемикаються (SC) є найкращим вибором для розробки АЦП з високою роздільною здатністю. Інші якісні параметри, які не включені в Рис. 1, такі як затримка (latency) та площа, порівнюються для всіх груп АЦП у Таблиці 1. З цього порівняння випливає, що, якщо нижча смуга пропускання та вища затримка допускаються, як у випадку сенсорних застосувань, $\Delta\Sigma$ залишається найбільш привабливою архітектурою АЦП.

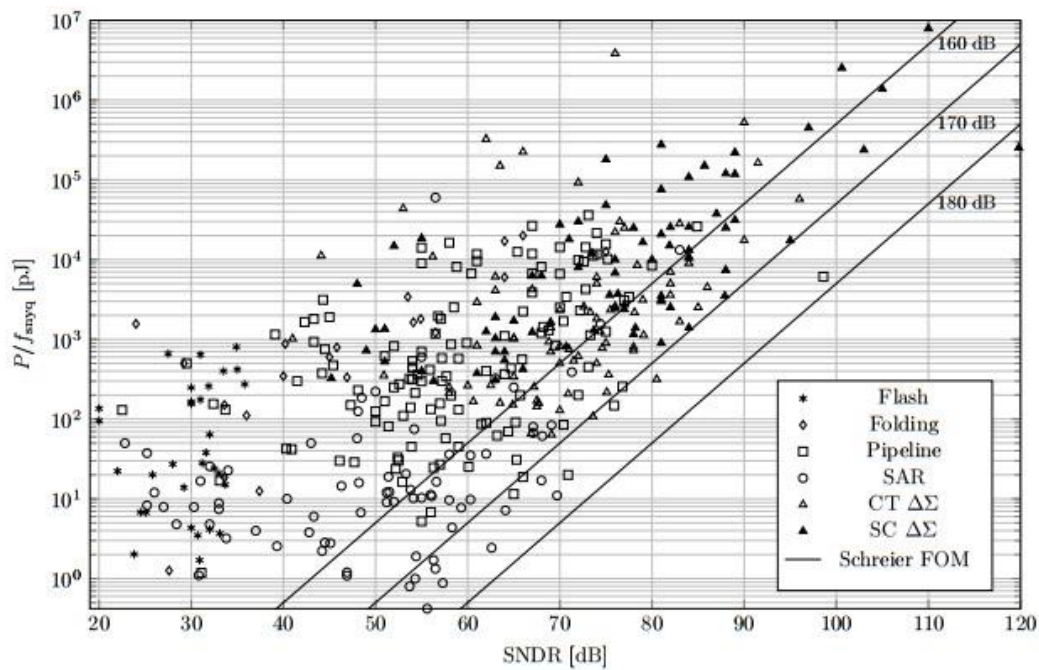


Рис.1 Порівняння характеристик найсучасніших АЦП, представлених в період з 2010 по 2020 рік. Лінії 160-, 170- та 180-дБ показника якості Шраєра нанесені як візуальний орієнтир.

Архітектура	Роздільна здатність	Смуга пропускання	Затримка	Площа
Паралельна (Flash)	Низька	Висока	Низька	Висока
Складна (Folding)	Середня	Середньо-висока	Низька	Висока
Конвеєрна (Pipeline)	Середньо-висока	Середньо-висока	Висока	Середня
Послід. наближення (SAR)	Середньо-висока	Низько-середня	Низька	Низька
ΔΣ (Дельта-Сигма)	Висока	Низька	Висока	Середня

Таб.1 Порівняльний аналіз архітектур АЦП.

Література:

1. Verreault A., Cicek P.-V., Robichaud A. Oversampling ADC: A review of recent design trends. IEEE Access. 2024. Vol. 12. P. 121753–121779.
2. Schreier R., Temes G. C. Understanding Delta-Sigma Data Converters. New York : IEEE Press/Wiley, 2005. 464 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕСТІВ ТА АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ ПЕРЕВІРЦІ WORDPRESS ПЛАГІНІВ

О.А.Vinnichenko

RESEARCH OF THE APPLICATION OF LARGE LANGUAGE MODELS FOR AUTOMATING TEST GENERATION AND RESULT ANALYSIS IN WORDPRESS PLUGIN TESTING

WordPress є однією з найпоширеніших систем управління вмістом (CMS), на якій працює понад 43 % всіх веб-сайтів світу. Розширення функціональності здійснюється за допомогою плагінів, кількість яких у офіційному репозиторії перевищує 60 000. Кожен плагін перед публікацією та після оновлення вимагає ретельного тестування (unit, integration, end-to-end), що традиційно виконується вручну або з частковою автоматизацією за допомогою PHPUnit, Codeception чи Playwright. Це надзвичайно трудомісткий процес, особливо для плагінів середньої та високої складності.

Метою роботи було дослідити можливості сучасних великих мовних моделей (LLM) – GPT-4o, Claude 3.5 Sonnet, Grok-4 – для автоматизації двох ключових етапів тестування WordPress-плагінів:

1. генерація PHPUnit-тестів за описом функціональності плагіна;
2. автоматичний аналіз результатів тестування (логів, code coverage, failed assertions) з пропозиціями виправлень.

Експеримент проводився на п'яти реальних open-source плагінах різної складності:

- N^{100} – простий utility-плагін (до 500 рядків коду);
- N^{200} – плагін середньої складності (500–1500 рядків);
- N^{300} – WooCommerce-розширення (1500–3000 рядків);
- N^{400} – мультифункціональний плагін (понад 3000 рядків).

Для кожної моделі використовувався однаковий промпт-шаблон (system prompt + опис плагіна українською та англійською + приклади існуючих тестів у стилі WordPress Coding Standards). Індекс детермінованості 0,3–0,7, Тор-р(параметр “ядерної вибірки”) = 0,95, максимум 4000 токенів на відповідь.

Таблиця 1. Основні результати експерименту

Модель	Плагін N^{100}	Плагін N^{200}	Плагін N^{300}	Плагін N^{400}	Середня покриття коду, %	Валідних тестів, %	Середній час генерації + аналізу на 1 функцію, с
GPT-4o	96	93	89	84	94.2	98	9.4
Claude 3.5	98	97	94	91	97.8	99	7.8
Grok-4	94	91	87	82	92.6	97	8.2

Ефективність автоматизації оцінювалась за формулою

$$E = (C \cdot V \cdot N) / T \quad (1)$$

де C – середнє покриття коду (code coverage), %; V – частка валідних (компілюються + проходять без помилок синтаксису) тестів; N – кількість згенерованих тест-кейсів на одну функцію/метод; T – середній час генерації + аналізу результатів одним промптом, секунди.

$$T = T_{(руч)} / T_{(LLM)} \quad (2)$$

де $T_{(руч)}$ – час ручного написання одного тесту; $T_{(LLM)}$ – час генерування тесту за допомогою моделі.

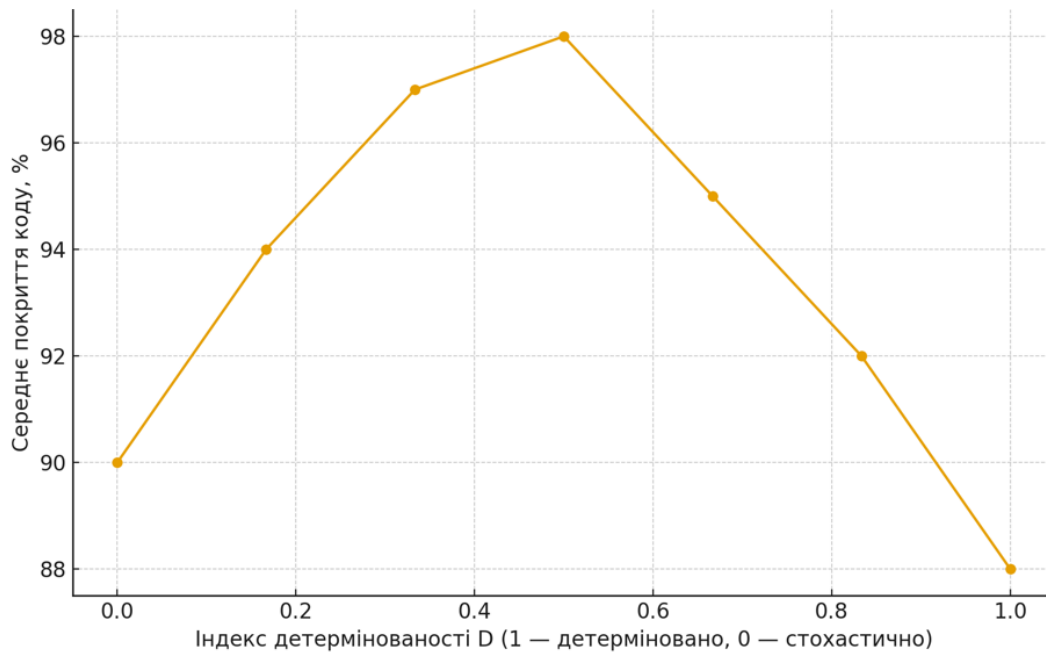


Рисунок 1. Залежність середнього покриття коду від індексу детермінованості моделі (Claude 3.5, плагін N³⁰⁰)

Результати розрахунку коефіцієнта скорочення трудовитрат K : Claude 3.5 Sonnet – 43,6; GPT-4o – 36,2; Grok-4 – 41,5. Найвища якість згенерованих тестів досягнута при температурі моделі 0,4...0,5 та кількості few-shot прикладів 3–5.

Висновок. Найефективнішою для генерації PHPUnit-тестів та аналізу результатів для WordPress-плагінів виявилась модель Claude 3.5 Sonnet (середнє покриття 97,8 %, коефіцієнт скорочення трудовитрат 43,6×). Отримані результати дозволяють рекомендувати інтеграцію LLM у CI/CD пайплайни розробки WordPress-плагінів.

Література

1. Schäfer M., Nadi S., Aghajani E. et al. A Review of Large Language Models for Automated Test Case Generation. Computers 2025, 7(3), 97. URL: <https://doi.org/10.3390/computers7030097>
2. Deng Y., Zhang X. Large Language Models for Automated Web-Form-Test Generation: An Empirical Study. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 2025.
3. Wang Z., Li H. Automated Web Application Testing: End-to-End Test Case Generation with Large Language Models and Screen Transition Graphs. arXiv:2506.02529 [cs.SE], 2025.

4. Hevko R.B., Dovbush T.A., et al. Determination of technical-and-economic indices of root crop conveyer-separator. INMATEH Agricultural Engineering, Vol. 61, No 2, 2020.
5. Dovbush T.A., Khomyk N.I., Dovbush A.D. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. Scientific Journal of TNTU, Vol. 108, No 4, 2022.
6. WordPress Core Handbook. Automated Testing. <https://make.wordpress.org/core/handbook/testing/automated-testing/>
7. PHPUnit Manual 10.5. Writing Tests for PHPUnit. URL: <https://docs.phpunit.de/en/10.5/writing-tests-for-phpunit.html>
8. OpenAI. GPT-4o Technical Report. 2025

УДК 621.326

Волинець Ю. П. - студента група TR-304

Науковий керівник: Недошитко Л. М. , викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ “Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя”, Україна)

БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ

Volynets Y. P. - student of TR-304 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L. M., teacher-methologist

UNMANNED AERIAL VEHICLES

Безпілотні літальні апарати (дрони) сьогодні широко використовуються у багатьох сферах – від агромоніторингу та ландшафтного картографування до військових операцій і доставки вантажів. Їхня ефективність значною мірою залежить від правильно спроектованої радіоелектроніки, адже саме вона забезпечує роботу всіх ключових підсистем: живлення, керування, навігації та зв'язку.

Одним із найважливіших елементів є система живлення та силова електроніка. Більшість сучасних дронів працюють від акумуляторів, зокрема літій-полімерних (Li-Po), які вирізняються високою енергощільністю. Силова електроніка включає регулятори швидкості двигунів (ESC), перетворювачі та інвертори, що формують керовані сигнали для електродвигунів. У наукових роботах порівнюють ефективність різних силових компонентів, таких як MOSFET, SiC чи GaN-транзистори, і вибір залежить від робочої частоти, навантаження та енергетичних характеристик. Додатково застосовуються системи розподілу живлення (PDB), які стабілізують напругу та подають її до всіх бортових пристроїв.

Ключову роль у роботі безпілотників відіграє система керування польотом. Центральний елемент — політний контролер, який обробляє дані від пілота або автономної програми, отримує інформацію з датчиків та формує команди для регуляторів двигунів. До складу сенсорного модуля входять інерційні вимірювачі (IMU), що об'єднують гіроскопи та акселерометри, барометри для визначення висоти та магнітометри для орієнтації у просторі. Завдяки цим компонентам дрон може стабільно утримуватися в повітрі, точно виконувати маршрути та обходити перешкоди. Не менш важливою є навігаційна система. Для точного позиціонування дрони використовують глобальні супутникові системи — GPS, ГЛОНАСС чи Galileo.

У новітніх проєктах вивчаються також додаткові частоти, зокрема терагерцовий та міліметровий діапазони (mmWave), які можуть забезпечити більш високу швидкість передачі даних і надійну навігацію навіть у складних умовах. Навігаційний модуль

інтегрується з контролером, що дозволяє коригувати курс, підтримувати стабільність і реалізовувати автономні режими польоту.

Зв'язок між дроном і оператором здійснюється через радіоканал. Сучасні безпілотники оснащуються каналами керування (RC link) у діапазонах 2,4 чи 5,8 ГГц. Один із популярних протоколів — ExpressLRS, що базується на технології LoRa та дозволяє досягати великої дальності зв'язку при низькій затримці. Телеметричні канали передають оператору інформацію про стан систем рівень заряду батареї, висоту, швидкість і координати. Окремо важливе місце посідає відеолінк (FPV або цифровий), який забезпечує передачу зображення в реальному часі. У зв'язку з підвищенням вимог до пропускної здатності активно досліджуються нові технології, такі як mmWave-зв'язок, beamforming та інтеграція з мережами 4G/5G для польотів поза зоною прямої видимості.

Водночас робота електронних систем дрона стикається з низкою викликів. Одним із найсерйозніших є вплив електромагнітних завад (EMI), що можуть погіршувати якість зв'язку, навігації або навіть призвести до збоїв у керуванні. Для захисту застосовуються різні методи: екранування кабелів та блоків, фільтрація сигналів, правильне розміщення антен. Додатково використовуються спеціальні захисні покриття для електронних компонентів, наприклад Parylene - конформні плівки, які підвищують надійність системи без значного збільшення ваги.

Отже, радіоелектроніка є складним комплексом взаємопов'язаних підсистем, кожна з яких виконує критично важливу функцію. Сучасні дослідження спрямовані на зменшення ваги й енергоспоживання, підвищення швидкості та надійності зв'язку, інтеграцію навігації й комунікацій у єдину систему, а також на захист апаратури від завад. Подальший розвиток цієї галузі відкриває нові можливості для використання безпілотних літальних апаратів у цивільних і військових цілях.

Література

1. Ключові компоненти дронів (схема електроніки): URL: [Kynix – Introduction to the Core Electronic Components in a Drone](#)
2. Будова дрона та робота електронних систем: URL: https://www.gridflight.tech/en/blog/anatomy-of-a-dron-complete-guide-to-components-and-it-workings/?utm_source
3. Акумулятори та живлення UAV: URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11699418/?utm_source
4. Радіоканал управління ExpressLRS: URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ExpressLRS?utm_source
5. Зв'язок, mmWave та 5G для дронів: URL: https://arxiv.org/abs/2104.09204?utm_source

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДІЙ КОРИСТУВАЧА ПК ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМ TINYTASK TA AUTOHOTKEY

R.I. Hanulia; T.I. Khovanets; I.R. Kozbur ; Y.O. Tymoshenko

AUTOMATION PC USER ACTIONS USING TINYTASK AND AUTOHOTKEY PROGRAMS

Автоматизація виконання дій і операцій користувача персонального комп'ютера при його роботі та взаємодії з операційною системою або з програмним забезпеченням є одним з перспективних напрямів забезпечення підвищення якості та продуктивності сучасних інформаційних систем. Збільшення обсягів повторюваних та рутинних дій, необхідність багаторазового виконання однакових операцій, вимоги до забезпечення мінімуму помилок та затраченого часу спонукають користувачів застосовувати інструменти автоматизації.

Розробки та дослідження по даній темі існують вже тривалий час, в яких розглядають проблематику взаємодії людини з комп'ютером (HCI – human-computer interaction) [1], вони стосуються вивчення потреб і бажань користувачів, проектування та розробки інтерактивних систем, а також оцінки їхніх переваг для користувачів. Основна мета зробити комп'ютери більш зручними та інтуїтивно зрозумілими для користувачів.

Подібну автоматизацію виконують програмними додатками, котрі виконують запис дій користувача, створюють відповідні макроси, скрипти та сценарії, включаючи взаємодію з GUI (Graphical User Interface). Взаємодія людини з електронними пристроями та програмами через GUI візуальні елементи, такі як вікна, кнопки, значки та меню, на відміну від текстових команд, робить роботу з комп'ютером більш інтуїтивно зрозумілою та доступною. Відповідно, на теперішній час існує багато інструментів для макро- та GUI-автоматизації. Найбільш відомі серед подібних інструментів. AutoIt – мова скриптів для Windows, орієнтована на автоматизацію GUI та системні завдання [2]. Microsoft Power Automate Desktop – інструмент для автоматизації задач на Windows з інтеграцією в операційну систему Microsoft. SikuliX – автоматизація на основі візуального розпізнавання (OCR), працює через Java. Robot Framework – універсальна платформа для тестування та автоматизації, підтримує ключові слова для GUI та інших систем.

Одними з найбільш простих, доступних і популярних рішень є програми TinyTask та AutoHotkey, які відрізняються функціональністю, простотою при використанні та широким спектром сфер застосування. TinyTask – легке програмне забезпечення для запису та відтворення макросів з мінімальним інтерфейсом. AutoHotkey – мова скриптів для Windows, зручна для створення гарячих клавіш, макросів та автоматизації GUI. Pulover's Macro Creator – графічний інтерфейс до AutoHotkey, з готовими шаблонами сценаріїв.

TinyTask – це простий у використанні програмний інструмент, призначений для запису та відтворення дій користувача. Він фіксує рухи миші та натискання клавіш, дозволяючи створювати прості макроси без необхідності написання коду. TinyTask часто використовується для автоматизації таких задач, як копіювання файлів, відкриття програм, повторювані операції у браузері чи іграх, а також регулярні офісні процедури. Програма зберігає макроси у вигляді виконуваних .exe файлів, що робить їх

незалежними від основного застосунку. Простота інтерфейсу, відсутність складних налаштувань роблять TinyTask оптимальним вибором для початкового рівня автоматизації.

AutoHotkey, на відміну від TinyTask, є повноцінним середовищем для створення сценаріїв автоматизації [2]. Програма використовує власну скриптову мову, що дає змогу будувати складні алгоритми взаємодії з операційною системою. AutoHotkey дозволяє створювати гарячі клавіші, автоматизувати роботу із вікнами, файловою системою, буфером обміну, інтерфейсними елементами, а також виконувати логічні та математичні операції. Це робить програму універсальним інструментом як для звичайних користувачів, так і для програмістів, тестувальників, системних адміністраторів. Перевагами AutoHotkey є можливість створювати цикли, умовні оператори, обробляти події та формувати власні графічні інтерфейси користувача. Таким чином, AutoHotkey може замінити окремі утиліти, автоматизувати задачі, що зазвичай виконуються вручну, адаптувати середовище Windows під потреби конкретного користувача. Наприклад, програма здатна автоматично впорядковувати файли, виконувати повторювані дії у професійних середовищах (CAD, IDE, офісні програми), прискорювати обробку документації та оптимізувати робочі потоки.

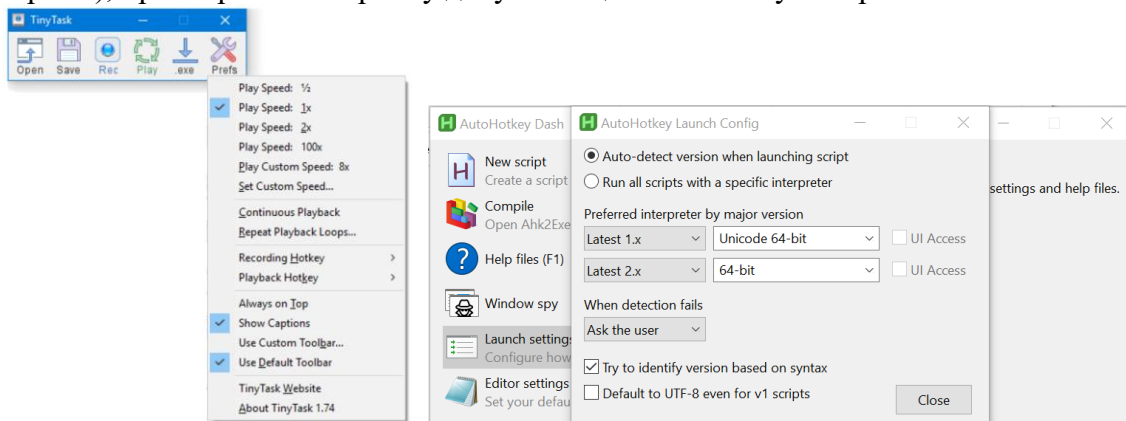


Рисунок 1. Користувацькі інтерфейси TinyTask та AutoHotkey.

Порівняння двох програм дає змогу визначити відповідні сфери їх застосування. TinyTask доцільно використовувати для випадків простої автоматизації без логічних операцій. AutoHotkey, навпаки, забезпечує значно ширші функціональні можливості, але потребує базових навичок програмування. Обидві програми спрямовані на зменшення навантаження на користувача, підвищення швидкості виконання операцій та запобігання помилкам, які виникають під час монотонної роботи.

Досліджено програмні засоби TinyTask та AutoHotkey, визначено їхні можливості, переваги та сфери застосування. Сучасні інструменти автоматизації дозволяють істотно скоротити час виконання рутинних операцій, оптимізувати робочі процеси та адаптувати персональний комп'ютер до потреб користувача з можливим перспективним використанням LLM [3–5]. Дослідження демонструє доцільність використання інструментів автоматизації для підвищення якості та ефективності роботи інформаційних та комп'ютерних систем.

Література

1. Hornbæk, Kasper, Per Ola Kristensson, and Antti Oulasvirta, 'Introduction to human–computer interaction', Introduction to Human-Computer Interaction (Oxford, 2025; online edn, Oxford Academic, 21 Aug. 2025)
2. Weidner A., Wilson R. Unplug Your Mouse: Workflow Automation with AutoHotkey. Tech Talk, University of North Texas, 20 February 2013. UNT Digital Library.

3. Zhang C., Li Z., Zhou P., et al. Large Language Model-Brained GUI Agents: A Survey. arXiv, 2024.
4. Huang F., Li G., Li T., Li Y. Automatic Macro Mining from Interaction Traces at Scale. arXiv, 2023.
5. El-Gharib N. M., Amyot D. Robotic Process Automation Using Process Mining – A Systematic Literature Review. arXiv, 2022.

УДК 519.816, 911.375

А.В. Головко, проф., д.е.н. Матійчук Л.П.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ
НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИБОРУ СТІЙКИХ
РОСЛИН ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТА В УМОВАХ ВІЙНИ**

A.V. Holovko, Prof., Dr. Matiichuk L.P.

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN ARTIFICIAL
INTELLIGENCE-BASED RECOMMENDATION SYSTEM FOR
SELECTING RESILIENT PLANTS FOR URBAN GREENING UNDER
WAR CONDITIONS**

Міські інформаційні системи відновлення територій потребують цифрових рішень, що дозволяють автоматизувати аналіз екосистемних параметрів і підтримати прийняття рішень у складних умовах післявоєнної реконструкції. Одним із критичних завдань є побудова алгоритмічних моделей, здатних опрацьовувати різноманітні екологічні дані та формувати стійкі рекомендації щодо біотехнічних рішень для міського середовища. З огляду на це виникає потреба у створенні інтелектуальної програмної системи, що поєднує методи багатокритеріального аналізу з механізмами пояснюваного штучного інтелекту.

Метою роботи є створення та дослідження AI-підтримуваної інформаційно-аналітичної системи вибору стійких рослин для міського озеленення, побудованої на основі методології Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) та rule-based explainability. Система забезпечує формування прозорих рекомендацій шляхом алгоритмізації процесу оцінювання параметрів середовища та властивостей рослин.

У роботі реалізовано багаторівневу алгоритмічну схему, що включає:

1. модуль обмежувальних фільтрів (морозостійкість, тип ґрунту, світлові умови);
 2. модуль нормалізації числових та категорійних параметрів;
 3. MCDA-модель зваженої лінійної агрегації.
- Інтегральна оцінка виду обчислюється за формулою:

$$\text{Score}(a) = \sum (w_i * s_i(a)) \quad (1)$$

де w_i — вагові коефіцієнти критеріїв, а $s_i(a)$ — нормалізовані субскорі для альтернативи a . Формалізація дозволяє однозначно відтворювати результати, забезпечує стабільність алгоритму та придатність для масштабування.

Для оцінювання роботи системи проведено програмні експерименти через API-ендпоінт рекомендацій, у межах яких протестовано три типові сценарії використання:

холодний регіон із піщаними ґрунтами, посушливі території з родючими чорноземами та урбанізовані/порушені локації після руйнувань. У всіх випадках система коректно виконала фільтрацію непридатних альтернатив та сформувала ранжовані множини результатів, що підтверджує узгодженість MCDA-моделі та відтворюваність обчислень. Контрольний сценарій нульової відповідності засвідчив правильну роботу обмежувальних фільтрів, оскільки жодного виду рекомендовано не було.

Висновок. Досліджено алгоритмічну модель рекомендаційної системи та встановлено її коректну роботу в умовах змінних параметрів середовища. Отримані результати підтверджують, що застосування MCDA, rule-based explainability та системи обмежувальних фільтрів забезпечує надійну інформаційну підтримку для задач цифрового планування озеленення й може бути інтегроване в більш широкі урбаністичні та GIS-платформи.

Література

1. AI for Urban Vegetation Management. 2024. Scientific Reports. Vol. 14, Article 2251. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-2251>
2. Environmental Modelling & Software. Multicriteria algorithms for ecological decision support. 2024. Environmental Modelling & Software. Vol. 170, Article 106084. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.106084>
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Urban Forests: A Global Perspective. FAO, Rome, 2023. 210 p.
4. Forestry Commission. The Urban Tree Manual. 2nd ed. UK Forestry Commission, London, 2022. 120 p.
5. Effectiveness of AI-based recommendation systems in municipal greening. 2023. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 84, Article 127215. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127215>
6. Shimada G., Johnston M. 2015. Planting ‘Post-Conflict’ Landscapes: Urban Trees in Peacebuilding and Reconstruction. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 14(4), 1000–1010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.10.012>
7. United Nations Environment Programme. Environmental Consequences of the War in Ukraine. UNEP Report, 2022. 78 p.
8. Urban trees and cooling effects: Meta-analysis. 2023. Nature Climate Change. Vol. 13(4), 350–362. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01612-1>

УДК 004.932

К.Г. Голубко, д.т.н. Я.В. Литвиненко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА ДЕСКТОПНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДЕТЕКЦІЇ МІМІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

К.Н. Holubko, Dr. Tech. Sci. Y.V. Lytvynenko

DEVELOPMENT OF A DESKTOP SYSTEM FOR DETECTING FACIAL MUSCLE TENSION BASED ON COMPUTER VISION

Персональні цифрові помічники дедалі частіше інтегрують технології комп'ютерного зору для моніторингу станів користувача, включно з мікро виразами обличчя, які можуть впливати на фізичне та емоційне самопочуття. Мимовільне нахмурення є одним із таких проявів, що пов'язаний із підвищенням м'язовим

напруженням, головним болем та формуванням глибоких мімічних зморшок. Це створює потребу у розробці локальних інтелектуальних систем, здатних у реальному часі детектувати мімічні патерни та формувати корисний зворотний зв'язок для користувача.

Метою роботи є створення настільної системи, що використовує методи комп'ютерного зору та «легкі» моделі об'єктної детекції для автоматичного виявлення нахмурення на основі відеопотоку вебкамери, формування миттєвих сповіщень та накопичення статистики мімічної активності.

Архітектура системи включає:

1. Модуль захоплення зображення з веб камери з періодом 2 секунди а також обробки результатів роботи модуля комп'ютерного зору і прийняття рішення про сповіщення на основі впевненості моделі і визначених користувачем порогам чутливості;

2. Модуль комп'ютерного зору, побудований на моделі об'єктної детекції;

3. Підсистему зберігання даних (SQLite) для побудови щоденної та тижневої статистики;

4. Desktopний UI (FastAPI + PyWebView), що забезпечує керування детекцією та перегляд статистики.

Подія «нахмурення» фіксується за таких умов:

- модель визначає класи *frown*, *forehead line* із певною впевненістю p ,
- користувач у графічному інтерфейсі задає поріг чутливості T ,
- система порівнює значення впевненості по кожному з класів з відповідними порогами і якщо хоч один клас досягає або перевищує поріг то надсилається сповіщення:

$$p \geq T$$

Таким чином, система не лише реагує на значення, видані моделлю, а й адаптується до індивідуальних потреб користувача, дозволяючи зробити детекцію більш суворою або м'якою.

Проведене тестування продемонструвало стабільність інференсу та коректність роботи моделі в умовах неоднорідного освітлення, різних ракурсів та природних мімічних варіацій. Система формує достовірні статистичні показники частоти нахмурення, а повністю локальна обробка зображень забезпечує конфіденційність даних користувача без передачі їх у хмарні сервіси.

Розроблено та досліджено настільну систему, що застосовує методи комп'ютерного зору для детекції мімічних напружень у реальному часі. Отримані результати підтверджують ефективність моделей комп'ютерного зору, а зокрема об'єктної детекції на основі зображень для персональних систем моніторингу та їхню перспективність у формуванні здорових поведінкових звичок. Подальший розвиток системи може включати розширення набору детектованих мімічних патернів та рухів тіла як наприклад підняття плечей.

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЛОЩИНИ ДАНИХ ВІРТУАЛЬНОГО
КОМУТАТОРА OPEN VSWITCH****О. Horishnyi, V. Tymoshchuk****ENHANCING THE DATA PLANE SECURITY OF OPEN VSWITCH**

У роботі розглянуто проблему забезпечення стабільної продуктивності та кібербезпеки віртуальних мережесервісів у хмарних інфраструктурах, що базуються на програмному комутаторі Open vSwitch [1] з підтримкою DPDK (Data Plane Development Kit) [2]. Перенесення площини даних у користувацький простір дозволяє досягати пропускну здатності, близької до лінійної швидкості мережевого інтерфейсу, однак водночас створює новий клас загроз, пов'язаних із конкурентним використанням CPU-ресурсів кількома орендарями. Ефект “noisy neighbor” призводить до деградації QoS, зростання затримок, втрати пакетів та побічного витоку інформації через вимірювання часових характеристик (side-channel timing attacks), що суперечить вимогам до доступності й стійкості критичних сервісів у хмарних дата-центрах. Метою дослідження є розроблення та експериментальна перевірка методу ізоляції CPU-ресурсів у vSwitch, який забезпечує гарантовану пропускну здатність і керовану затримку для кожної віртуальної машини, розглядаючи процесорний час як базовий ресурс площини даних. На основі детального аналізу процедури форвардингу в OVS-DPDK побудовано модель споживання процесорних циклів, що розкладає загальні витрати на три компоненти (ingress, classification та egress) і враховує вплив інтенсивності трафіку, розміру пакетів, кількості потоків, NUMA-топології, щільності розміщення VM і конфігурації PMD-потоків (Poll Mode Driver Thread). Показано, що залежність між пропускну здатністю та кількістю необхідних CPU-циклів у робочому діапазоні навантажень є практично лінійною, що дозволяє перейти від bps/pps-орієнтованих політик до CPU-орієнтованого QoS.

Запропонований метод ізоляції ресурсів vSwitch на основі CPU-циклів поєднує два ключові механізми. Перший - token bucket, у якому токени еквівалентні кількості доступних процесорних циклів для кожної VM [3]. Швидкість генерації токенів визначається з урахуванням придбаної смуги пропускання та емпіричних коефіцієнтів середовища розгортання, що забезпечує жорстку ізоляцію CPU-бюджетів і можливість реалізації політики MIN-MAX для динамічного перерозподілу надлишкових циклів між активними орендарями. Другий - hierarchical batch scheduling у PMD-потокі, який впорядковує оброблення трафіку за класами пріоритетів і забезпечує обмежену найгіршу затримку для кожного класу без використання блокувань і конкурентного доступу до спільних структур даних [4].

Реалізація методу виконана шляхом модифікації головного циклу PMD-потoku OVS-DPDK та інтеграції нових параметрів у систему керування ovs-vsctl, що дозволяє конфігурувати бюджети CPU та пріоритети без перезапуску сервісів. Для вимірювання фактичних витрат процесорних циклів використано інструкцію rdtsc, що мінімізує накладні витрати моніторингу. Експериментальні дослідження в середовищі з декількома VM [5,6] продемонстрували, що запропонований метод усуває вплив “noisy neighbor”, забезпечує близьку до заданої пропускну здатність для добропорядних орендарів і істотно знижує варіативність затримки порівняно зі стандартним OVS-DPDK. Отримані результати підтверджують доцільність переходу до CPU-

орієнтованого QoS як інструмента підвищення продуктивності й кіберстійкості програмно-визначених віртуалізованих мереж.

Література

1. Open vSwitch. URL: <https://www.openvswitch.org/> (date of access: 30.11.2025).
2. DPDK Support – Open vSwitch 3.6.90 documentation. Project. URL: <https://docs.openvswitch.org/en/latest/topics/dpdk/> (date of access: 30.11.2025).
3. Hossain T. Token Bucket Algorithm Explained. DEV Community. URL: <https://dev.to/0xtanzim/token-bucket-algorithm-explained-4ceo> (date of access: 30.11.2025).
4. Multilevel Queue (MLQ) CPU Scheduling - GeeksforGeeks. GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/operating-systems/multilevel-queue-mlq-cpu-scheduling/> (date of access: 30.11.2025).
5. Interactive cybersecurity training system based on simulation environments / D. Tymoshchuk et al. Measuring and computing devices in technological processes. 2024. No. 4. P. 215–220. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-26> (date of access: 30.11.2025).
6. Tymoshchuk D., Yatskiv V. Using hypervisors to create a cyber polygon. Measuring and computing devices in technological processes. 2024. No. 3. P. 52–56. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-79-7> (date of access: 30.11.2025).

УДК 004.932.2:004.8

В.А. Готович, к.т.н., В.А. Курян

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХІВ ЛЮДИНИ ЗА КООРДИНАТАМИ MEDIAPIPE POSE

V.A. Hotovych, Ph.D., V.A. Kurian

RESEARCH OF HUMAN MOTION RECOGNITION EFFICIENCY BASED ON MEDIAPIPE POSE COORDINATES

Системи автоматичного розпізнавання рухів людини є важливим напрямом розвитку сучасних інформаційних технологій. Зростаюча популярність безконтактних інтерфейсів, інтелектуальних систем моніторингу, спортивної аналітики та реабілітаційних комплексів зумовлює потребу у точних та швидких алгоритмах аналізу рухової активності. Окреме місце серед методів комп'ютерного зору займають підходи, які ґрунтуються на аналізі ключових точок тіла (landmarks). Такий підхід дозволяє отримувати компактне, інваріантне до освітлення та фоновому шуму подання пози людини.

Одним із найбільш технологічно ефективних інструментів у цій сфері є бібліотека MediaPipe Pose, що забезпечує визначення 33 ключових точок тіла з високою точністю в реальному часі [1]. Її функціонування базується на поєднанні згорткових нейронних мереж та оптимізованих графів обчислення. У поєднанні з класичними алгоритмами машинного навчання це відкриває можливість створення легких, швидких та точних систем розпізнавання рухів [2].

У даній роботі проведено дослідження ефективності моделі, що класифікує рухи людини за координатами ключових точок тіла. Для досягнення поставленої мети реалізовано програмний комплекс, який виконує повний цикл аналізу рухів: від

обробки відео до навчання моделі та тестування в реальному часі. На відміну від багатьох існуючих систем, запропонований підхід не використовує повні RGB-зображення, а працює лише з координатами 3D-ландмарків – це зменшує розмір даних, пришвидшує обчислення та робить систему менш чутливою до фонові інформації.

Для побудови набору даних використовувались відеозаписи двох типів рухів: bending (нахил тулуба) і waving (махання рукою). Кожен відеофайл був автоматично розбитий на окремі кадри, з яких виділялися координати 33 точок тіла. Оскільки кожна точка має три координати – x, y та z – один кадр перетворювався на вектор із 99 числових ознак. Важливо, що ці координати нормалізовано відносно центру торсу, що дозволяє компенсувати зміну масштабу та положення людини у кадрі.

Алгоритм перетворення відео на числовий набір даних (лістинг 1, мова програмування Python) в циклі проходить через усі відео та відібрані кадри, формуючи таблицю ознак для машинного навчання [3].

Лістинг 1. – Фрагмент програмного коду побудови набору даних
for cls in classes:

```
for video in list_videos_in_class(data_root, cls):
    for frame in iter_video_frames(video, step=2):
        features, _ = extract_pose_vector(frame, pose_model)
        if features is not None:
            row = {f"f{i}": v for i, v in enumerate(features)}
            row["label"] = cls
            dataset.append(row)
```

Під час формування набору даних особливу увагу приділено нормалізації координат та відсіюванню некоректних кадрів, у яких MediaPipe Pose не визначала всі лэндмарки. Це забезпечило якість даних і зменшило вплив шумів відео. Вибірка кадрів із фіксованим кроком дозволила отримати збалансовану кількість прикладів для кожного руху. Координати ключових точок перетворювалися у компактний вектор ознак, що відображав геометрію пози, забезпечуючи малу тривалість процесу навчання моделей.

У результаті сформовано 2515 записів, що містили числові ознаки та відповідні класи рухів. Для класифікації використано кілька моделей машинного навчання: RandomForest, KNN, SVM, Logistic Regression та Decision Tree. Це дозволило оцінити, наскільки добре дані MediaPipe Pose підходять для різних типів алгоритмів та виявити найбільш ефективні рішення (табл. 1).

Таблиця 1. Результати класифікації рухів

Алгоритм	Точність (Accuracy)	Метрика f1-score	Примітка
RandomForest (400 дерев)	0.9980	1.00	Висока стабільність результатів
RandomForest (200 дерев)	0.9945	0.99	Зниження глибини ансамблю зменшує точність
KNN (k = 7)	0.9920	0.99	Оптимальне співвідношення швидкості та якості
KNN (k = 3)	0.9870	0.98	Підвищена чутливість до шуму при малому k
SVM (RBF kernel)	0.9910	0.99	Висока точність, але повільніше навчання

Logistic Regression	0.9680	0.96	Найкраще підходить для лінійно відокремлюваних даних
Decision Tree	0.9730	0.97	Схильне до перенавчання, але швидке у виконанні

Отримані результати демонструють, що координати ключових точок тіла є достатньо інформативними для задачі класифікації рухів. Моделі RandomForest та SVM показали найкращу точність, тоді як навіть прості моделі, такі як Logistic Regression або Decision Tree, забезпечили високий загальний рівень розпізнавання.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило ефективність використання координат MediaPipe Pose у задачах автоматичного розпізнавання рухів людини. Високі результати – до 99,8 % точності – свідчать про інформативність координат ледмарків у просторі ознак та придатність підходу для реального застосування.

Розроблений комплекс MWP може бути основою для створення систем реабілітації, контролю фізичної активності, інтерфейсів жестового керування, спортивної аналітики та розумних тренажерів. Подальший розвиток роботи передбачає розширення набору рухів, інтеграцію більш складних моделей та аналіз стійкості системи до шумів і варіацій поз у складних сценах.

Література

1. Lugaresi C. et al. (2019). MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1906.08172>
2. Гонтаренко Я. Д., Красношлик Н. О. (2019). Використання нейронних мереж для розпізнавання дій людини по відео URL: <https://eprints.cdu.edu.ua/2576/1/3705-8986-1-SM.pdf>
3. Pedregosa F. et al. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python URL: <https://jmlr.org/papers/v12/pedregosa11a.html>

УДК 004.415.53

А.І. Дацко, студент гр. СПм-61

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ТИПИ ТЕСТУВАННЯ ЗНАННЯ КОДУ

A.I. Datsko, st.group SPm-61

TYPES OF CODE KNOWLEDGE TESTING

Розглянемо типи тестування знання коду (рис.1) [1]: “чорної скриньки”; “білої скриньки”; “сірої скриньки”.

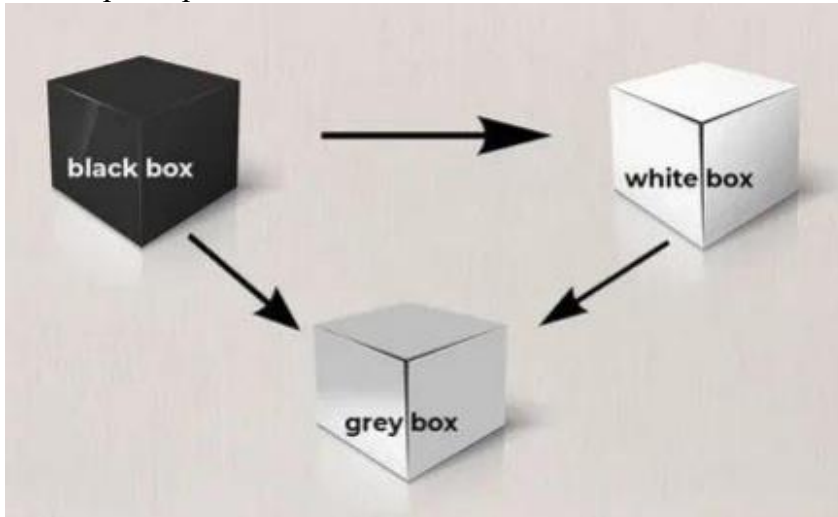


Рисунок 1 - Типи тестування за знанням коду

Основна мета тестування методом “чорної скриньки” полягає у дослідженні невідомих аспектів роботи системи. Це стосується, перш за все, її внутрішньої будови. При цьому тестувальник, всупереч традиційному уявленню про тестування, бере на себе роль типового кінцевого користувача, проводячи тестування, спираючись на технічні специфікації, а також інші супутні документи, що деталізують функціональні аспекти об'єкта, що тестується.

Отже, процес розробки ідей тестування відбувається з урахуванням очікуваних моделей поведінки користувачів. Цей підхід часто визначається як поведінковий, оскільки тестувальник прагне відтворити типові сценарії взаємодії з продуктом виходячи за межі суто технічних аспектів його функціонування [2].

До плюсів цього типу можна віднести:

- об'єктивність. Тестування "чорної скриньки" дозволяє оцінювати систему виключно за її зовнішньою поведінкою, що робить процес об'єктивнішим. Перспектива користувача - тестувальники можуть емулювати дії звичайних користувачів, що допомагає виявити проблеми, з якими вони можуть зіткнутися в процесі використання продукту;

- простота. Таке тестування не вимагає глибокого знання внутрішньої будови системи, що робить його доступним для значного числа спеціалістів.

Варто вказати і недоліки такого тестування [1]:

- обмежене охоплення. Оскільки тестування проводиться виключно на основі зовнішніх характеристик системи, деякі внутрішні дефекти можуть залишитися непоміченими;

- недолік деталізації. Тестування "чорної скриньки" може втратити тонкі нюанси функціонування системи, які можуть бути важливими для її коректної роботи;

– залежність від документації. Ефективність цього методу тестування залежить від якості та повноти технічної документації про продукт. У разі її відсутності чи неповноти виникають складності розробки тест-кейсів;

– обмежений контроль над тестовим процесом. Тестувальники можуть обмежуватися лише тими сценаріями, які передбачені у специфікаціях чи інших документах, та пропускати важливі аспекти функціонування системи, які не були документовані.

“Біла скринька” є повним антиподом до чорної. В процесі тестування чорної скриньки потрібно запуск програми та спостереження за її діями, у той час як при використанні методу білої скриньки цього не потрібно. Достатньо вивчити код програми.

Тестування методом “білої скриньки” (також відоме як прозоре, відкрите, скляне тестування або структурне тестування) є методикою перевірки ПЗ, яка передбачає, що тестувальнику відома внутрішня структура, будова та реалізація системи. При використанні цього методу вибираємо входні значення, спираючись на знання про код, який їх оброблятиме. Крім того, є уявлення про те, яким має бути результат цієї обробки. Розуміння всіх особливостей тестованої програми та її реалізації є обов'язковим застосування цієї методики. Тестування «білої скриньки» передбачає глибоке занурення у внутрішній пристрій системи, виходячи поза її зовнішніх інтерфейсів [2].

Переваги цього методу:

- аналіз коду дозволяє виявляти приховані за інтерфейсом проблеми з ПЗ;
- тестування починається на ранніх етапах розробки, що дозволяє поліпшити якість продукту;
- має розгалужену систему метрик, зібрати і проаналізувати які можна з легкістю автоматизувати;
- сприяє написанню якісного коду та додаткового проходження етапу код-ревью;
- багато підходів даного методу підтверджують свою ефективність, ґрунтуючись на суворих технічних принципах.

Недоліки:

- зростають вимоги до навичок та вмінь тестувальників;
- аналізує роботу програми без реального середовища виконання, ігноруючи його вплив;
- аналізує функціонування програми поза контекстом реальних сценаріїв, у яких його використовують користувачі.

“Сіра скринька” зі свого боку поєднує у собі два методи описані раніше. У нашому розпорядженні лише обмежене уявлення про внутрішню будову програми. Є доступ до деяких аспектів внутрішньої структури та алгоритмів роботи ПЗ для створення найбільш ефективних тест-кейсів. Однак сам процес тестування виконується з використанням методу чорної скриньки, тобто з погляду користувача.

Цей підхід до тестування також відомий як метод напівпрозорої скриньки: є доступ до деяких аспектів, але не до всіх.

Література

1. Всі відомі типи тестування (100+ штук). URL: <https://dou.ua/forums/topic/40666/> (дата звертання: 12.11.2025).
2. Види тестування та відмінності між ними. URL: <https://qagroup.com.ua/publications/vydy-testuvannya-ta-vidminnosti-mizh-nymy/> (дата звертання: 12.11.2025).

ПРИВАТНІ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ 5G ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ

I.Dediv Ph.D, O. Kazmiruk

PRIVATE NETWORKS ARCHITECTURE BASED ON 5G COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Стрімкий розвиток технологій стільникового зв'язку, зокрема, перехід від 4G до стандарту 5G знаменує собою значний стрибок вперед у світі телекомунікацій. Якщо мережі 4G забезпечують надійний зв'язок і сприяли розвитку мобільного інтернету, то мережі 5G мають значно більші перспективи, оскільки, розроблені для забезпечення вищої швидкості передачі даних, зменшення затримок і більшої пропускної здатності. Відповідно, такий спектр характеристик забезпечує високу надійність, безпеку та продуктивність, що зумовлює перспективу використання такої технології в приватних мережах.

Приватна мережа 5G - розгортання мережевої інфраструктури 5G, яка призначена для обслуговування певної організації чи місця, а не є частиною загальнодоступної чи комерційної стільникової мережі. Приватні мережі використовують ту саму технологію 5G, що використовується в громадських стільникових мережах, але вони розгортаються незалежно, щоб забезпечити надійний і високопродуктивний зв'язок в окремих місцях. До переваг приватного 5G можна віднести покращений контроль та підвищену безпеку, надійність і низьку затримку, гнучкість налаштування та адаптивність. Використання приватних мереж 5G особливо цінне в таких галузях, як виробництво, логістика, охорона здоров'я, видобуток корисних копалин і розумні міста, де надійне та високопродуктивне з'єднання має важливе значення.[1]

На відміну від публічної мобільної мережі, що розгортається операторами, приватна мережа передбачає передачу права власності на розгортання та експлуатацію кінцевому підприємству. Така мережа може функціонувати як на ліцензованих, так і на неліцензованих частотних діапазонах, незалежно від публічної інфраструктури.

Типи розгортання приватних 5G мереж поділяються на дві основні категорії залежно від ступеня залежності від публічної мережі:[2]

- незалежна (автономна) мережа (Standalone): повністю ізольовані приватні мережі, що використовують власну мережу радіодоступу (RAN) та опорну мережу (Core Network);

- залежна (інтегрована) мережа: приватні мережі, розгорнуті спільно з публічною мережею.

Також, існують такі варіанти побудови приватних 5G мереж:

- ізольована локальна мережа 5G, побудована на підприємстві (локальна частота 5G, повністю закрита, без сумісного використання);
- ізольована локальна мережа 5G, побудована оператором стільникового зв'язку (ліцензована частота, повністю приватна, без сумісного використання);
- сумісне використання RAN між приватною мережею і загальнодоступною мережею;
- RAN и Control Plane Sharing між приватною мережею і загальнодоступною мережею;

- RAN і Core Sharing (End-to-End Network Slicing) між приватною і загальнодоступною мережею;
- N3 LBO (Local Breakout);
- F1 LBO (Local Breakout).

Серед ключових переваг приватної 5G мережі можна виділити:[3]

- повна відокремленість автономної мережі від публічного трафіку гарантує безпеку та запобігає витоку внутрішніх корпоративних даних;
- завдяки розміщенню всіх мережевих функцій та Edge Computing на об'єкті, затримка між пристроєм та сервером додатків є мінімальною, що дозволяє надавати критично важливі послуги;
- конфігурації мережі можуть бути детально налаштовані відповідно до специфічних вимог корпоративних додатків, на відміну від типових параметрів публічної мережі;
- автономний характер приватної мережі гарантує її незалежну роботу навіть у разі будь-яких збоїв чи зниження продуктивності в загальнодоступній 5G мережі оператора.[4]

Застосування стандарту 5G для побудови приватних мереж відповідає високим стандартам технологічності та надійності. Тому, незважаючи на високі фінансові та технічні вимоги до її розгортання та підтримки, вона забезпечує максимальний контроль, безпеку та якість обслуговування, що є критично важливими чинниками для сучасних галузей промисловості.

Література

1. Що таке Private LTE та у чому його переваги? | Kyivstar Business Hub. Kyivstar Business Hub – корпоративний блог для бізнесу. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/shho-take-private-lte-ta-u-chomu-jogo-perevagy> (дата звернення: 01.12.2025).
2. RAN Sharing - Telecompedia. *Telecompedia*. URL: <https://telecompedia.net/ran-sharing/> (дата звернення: 18.11.2025).
3. Приватна мережа 5G стане стандартною мережею для 90% підприємств на провідних ринках приватної мережі 5G. *SHOP-GSM.UA*. URL: <https://shop-gsm.ua/blog/chastnaya-set-5g-stanet-standartnoj-setyu-dlya-90-predpriyatij-na-veduschih-rynках-chastnoj-seti-5g/?srsltid=AfmBOorKJ9q1NJ6yZlspyuU1TcPcZyGsype042TV4m2HRvEqy-CzeJEL> (дата звернення 18.11.2025).
4. Private 5G Networks: Everything you need to know - firecell.io. *firecell.io*. URL: <https://firecell.io/learn/private-5g-networks-everything-you-need-to-know/> (дата звернення: 18.11.2025).

**МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЗА
ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН З ВРАХУВАННЯМ ЕВАПОТРАНСПІРАЦІЇ****N. Demchan, higher education applicant; R. Jarovski, PhD., Associate Prof.
METHODS AND SOFTWARE-HARDWARE TOOLS FOR CONTROLLING
PLANT GROWTH WITH INCLUDES OF EVAPOTRANSPIRATION**

В умовах зростання вартості енергоресурсів та посилення кліматичних змін, підвищення ефективності використання води в агросекторі є критичним завданням [2]. Більшість існуючих бюджетних систем автоматизації поливу покладаються на спрощені або реактивні моделі управління. Вони або використовують усереднені норми поливу за площею, що не враховують динамічних погодних умов, або реагують на свідчення датчиків вологості ґрунту, фіксуючи вже настання стресового для рослини стану. Такий підхід призводить до неефективного використання ресурсів та неоптимальних умов для вегетації. На ринку бракує доступних рішень, які б перейшли від "поливу за фактом" до "поливу за реальною потребою", базуючись на прогностичних розрахунках [4].

Метою роботи є наукове обґрунтування та розробка архітектури прогностичної системи поливу, що базується на розрахунку ET_c . Завдання включають: аналіз методології FAO-56 для розрахунку евапотранспірації; проєктування програмно-апаратного комплексу [3]; обґрунтування гібридної моделі збору даних для мінімізації вартості системи; розробку алгоритмів для автоматичного розрахунку та управління виконавчими механізмами.

Методологічною основою розрахунку слугує рівняння Пенмана-Монтейта, для визначення еталонної евапотранспірації ET_0 [1].

Для розрахунку реальної потреби конкретної культури ET_c застосовується формула:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_0 \quad (1)$$

де K_0 — коефіцієнт культури, що зберігається у базі даних у вигляді цифрових фенологічних профілів;

ET_0 — еталонна евапотранспірація, розрахована на основі мікрокліматичних даних.

Рівняння Пенмана-Монтейта[5] для розрахунку евапотранспірації:

$$ET_0 = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot T + \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)} \quad (2)$$

де R_n — чиста радіація на поверхні;

G — тепловий потік у ґрунті;

T — середня температура повітря, береться з API;

u_2 — швидкість вітру на висоті 2 м, береться з API;

e_s — насичений парціальний тиск, береться з API;

e_a — фактичний парціальний тиск, береться з API;

Δ — нахил кривої насичення парціального тиску;

γ — психрометрична постійна.

Для визначення реальної потреби конкретної культури ET_0 використовується коефіцієнт K_c , що зберігається у базі даних у вигляді "профілів росту". Система автоматично обирає відповідний коефіцієнт K_c залежно від фази вегетації, яка визначається за кількістю днів від моменту посадки. Апаратна частина базується на мікроконтролері ESP32, датчиках температури та вологості повітря і водяній pompі.

Розроблено архітектуру системи, що дозволяє перейти від реактивного до прогностичного управління поливом. Наукова новизна полягає в економічному обґрунтуванні гібридної моделі збору даних. Запропонований підхід дозволяє використовувати точний метод Пенмана-Монтейта без необхідності встановлення дорогих локальних піранометрів та анеометрів, що робить рішення економічно доцільним для впровадження у малих господарствах та теплицях.

Запропонована прогностична система дозволяє перейти від "поливу за розкладом" до "поливу за реальною потребою". Це створює передумови для значного скорочення витрат води та енергії, уникнення стресу рослин, спричиненого як нестачею, так і надлишком вологи, та, як наслідок, підвищення врожайності.

Література

1. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. Smith, J. Optimization of Water Usage in Automated Irrigation Systems. Journal of Agricultural Engineering. 2018. P. 201-214.
3. Brown, T., White, K. IoT and Data Analytics for Smart Irrigation. IEEE Transactions on Smart Agriculture. 2020. P. 145-160.
4. Chen, H., Wang, Y. Mathematical Models for Efficient Water Management. Journal of Environmental Systems. 2019. P. 98-112.
5. The Penman-Monteith Method C. 2–3. URL: https://www.researchgate.net/publication/241492864_The_Penman-Monteith_Method.

УДК 004.75

В.Л. Дерягін, М.В. Дрогобицький, Н.С. Луцик доктор філософії, доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСОБИ АВТОМАТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАФІКУ МІЖ МІКРОСЕРВІСАМИ В ISTIO SERVICE MESH

V.L. Deriahin, M.V. Drohobytskyi, N.S. Lutsyk Ph.D., Assoc. Prof.
**TOOLS FOR AUTOMATIC OPTIMIZATION OF TRAFFIC BETWEEN
MICROSERVICES IN ISTIO SERVICE MESH**

Сучасна мікросервісна архітектура значно підвищує швидкість та гнучкість розробки програмного забезпечення, проте водночас збільшує операційну складність розподілених систем [1]. Перехід від монолітних застосунків до мікросервісів створює нові виклики у сфері управління міжсервісною комунікацією, моніторингу та забезпечення безпеки. Service mesh є перспективним підходом до вирішення цієї проблеми шляхом впровадження виділеного інфраструктурного рівня над мікросервісами без необхідності модифікації їх реалізації [1]. Istio, побудований на основі високопродуктивного Envoy проху, є однією з найпоширеніших реалізацій

service mesh, що забезпечує автоматичне управління трафіком, безпеку та спостережуваність у хмарних середовищах [2].

Архітектура Istio базується на патерні sidecar proxy, де кожен мікросервіс супроводжується окремим контейнером Envoy, що перехоплює весь вхідний та вихідний трафік [2]. Така архітектура забезпечує повну прозорість мережових взаємодій для застосунків — розробникам не потрібно впроваджувати логіку управління трафіком безпосередньо у код сервісів. Це дозволяє централізовано застосовувати політики маршрутизації, балансування навантаження та забезпечення відмовостійкості без змін у коді застосунків. Компонент control plane (Istiod) динамічно конфігурує всі проксі відповідно до поточної топології mesh через xDS API, забезпечуючи автоматичне оновлення конфігурації при зміні стану кластера [3].

Ключовим механізмом оптимізації трафіку є система балансування навантаження, що підтримує алгоритми Least Request (маршрутизація до екземпляра з найменшою кількістю активних запитів), Round Robin (послідовний розподіл), Random (випадковий вибір) та Consistent Hash (забезпечення session affinity на основі HTTP-заголовків або cookies) [1]. Конфігурація здійснюється через Custom Resource Definition DestinationRule, що дозволяє визначати політики для окремих сервісів або їх підмножин (subsets). За замовчуванням Istio використовує алгоритм Least Request, який динамічно адаптується до поточного навантаження кожного екземпляра сервісу. Дослідження показують, що service mesh забезпечує ефективне управління трафіком навіть у складних розподілених середовищах з тисячами сервісів [4].

Механізм Circuit Breaker є критичним патерном для створення стійких мікросервісних застосунків, що обмежує вплив відмов та затримок окремих сервісів на загальну продуктивність системи [2]. Цей патерн запозичений з електротехніки та реалізує принцип швидкої відмови для захисту системи від перевантаження. Istio реалізує circuit breaker через параметри connection pool: maxConnections (максимальна кількість з'єднань), http1MaxPendingRequests (максимальна кількість очікуваних запитів) та maxRequestsPerConnection. При досягненні встановлених лімітів circuit breaker автоматично блокує нові запити, забезпечуючи швидку відмову замість накопичення черги запитів до перевантаженого сервісу. Після певного періоду circuit breaker переходить у напіввідкритий стан, пропускаючи обмежену кількість тестових запитів для перевірки відновлення сервісу [3].

Outlier Detection доповнює circuit breaker механізмом автоматичного виключення несправних екземплярів із пулу балансування [3]. Система аналізує частоту помилок (consecutive5xxErrors) та виключає проблемні екземпляри на визначений період (baseEjectionTime). Параметр maxEjectionPercent контролює максимальний відсоток екземплярів, що можуть бути виключені одночасно, забезпечуючи мінімальну доступність сервісу. Такий підхід забезпечує самовідновлення системи та мінімізує вплив несправних компонентів на загальну продуктивність.

Додаткові можливості оптимізації надає механізм rate limiting, який дозволяє обмежувати кількість запитів до сервісу за одиницю часу. Це особливо важливо для захисту критичних сервісів від перевантаження під час пікових навантажень або DDoS-атак. Istio підтримує як локальний rate limiting на рівні окремого проксі, так і глобальний через зовнішній сервіс, що забезпечує узгоджене обмеження швидкості запитів у масштабах всього mesh.

Важливим аспектом оптимізації є також механізм retry з експоненційним backoff, який автоматично повторює невдалі запити з наростаючими інтервалами між спробами. Це дозволяє компенсувати тимчасові збої мережі або короточасну недоступність сервісів без втручання на рівні застосунку. Конфігурація retry включає параметри

кількості спроб, таймаутів та умов, за яких запит вважається невдалим і потребує повторення.

Спостережуваність є невід'ємною складовою оптимізації трафіку в Istio. Система автоматично збирає метрики латентності, пропускну здатності та частоти помилок для кожного з'єднання між сервісами. Інтеграція з Prometheus та Grafana забезпечує візуалізацію цих метрик у реальному часі, а розподілене трасування через Jaeger або Zipkin дозволяє аналізувати шлях запиту через ланцюжок мікросервісів та ідентифікувати вузькі місця продуктивності.

VirtualService забезпечує гнучке управління маршрутизацією трафіку, включаючи розподіл між версіями сервісів для canary deployments та A/B тестування, налаштування timeouts та автоматичних retries з конфігурованою кількістю спроб [2]. Комбінація механізмів балансування навантаження, circuit breaker та outlier detection дозволяє будувати самовідновлювальні системи, де несправні компоненти автоматично ізолюються, а трафік перенаправляється до здорових екземплярів без втручання оператора.

Література

1. Li W., Lemieux Y., Gao J., Zhao Z., Han Y., 2019. Service Mesh: Challenges, State of the Art, and Future Research Opportunities. 2019 IEEE International Conference on Service-Oriented System Engineering (SOSE). P. 122–127. DOI: 10.1109/SOSE.2019.00026.
2. Saleh Sedghpour M.R., Klein C., Tordsson J., 2022. An Empirical Study of Service Mesh Traffic Management Policies for Microservices. Proceedings of the 2022 ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering (ICPE '22). ACM, New York, NY, USA. P. 17–27. DOI: 10.1145/3489525.3511686.
3. Karn R., Das R., Pant D., Heikkonen J., Kanth R., 2022. Automated Testing and Resilience of Microservice's Network-link using Istio Service Mesh. Proceedings of the 31st Conference of Open Innovations Association FRUCT. DOI: 10.23919/FRUCT54823.2022.9770890.
4. Elkhatib Y., Povedano Poyato J., 2023. An Evaluation of Service Mesh Frameworks for Edge Systems. 6th International Workshop on Edge Systems, Analytics and Networking (EdgeSys '23). ACM, New York, NY, USA. DOI: 10.1145/3578354.3592867.

УДК 004.6:004.855

Л. П. Дмитроца, к.т.н., доцент; О. І. Шубалий, аспірант

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТРЕНДІВ АНАЛІТИКИ BIG DATA

L. P. Dmytrotsa Ph.D, Assoc. Prof.; O. I. Shubalyi, postgraduate student

(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

RESEARCH ON CURRENT TRENDS IN BIG DATA ANALYTICS

Від часу появи на початку 2000-х терміну "Big Data", в процесі активного розвитку цього напрямку Data Science, сучасні акценти досліджень у цій сфері змістилися від задач накопичення даних до пошуку шляхів покращення аналітичної обробки та якнайширшої інтеграції із штучним інтелектом. В той час як на старті "ери великих даних" для їх аналізу у більшій мірі застосовувалися класичні статистичні методи (регресія, баєсівський аналіз і т.п.) та традиційні реляційні бази даних, то

сучасні тенденції демонструють перехід до широкого використання методів машинного навчання, NoSQL-рішень та хмарних платформ.

В загальному, сучасні тренди в аналітиці Big Data можна виокремити у наступні дві категорії – це технологічні тренди та організаційні тренди.

Серед вагомих актуальних технологічних трендів в аналітиці Big Data та дотичних до неї сферах виділяють ІІІ-аналітику (нейронні мережі, дерева рішень, кластеризація), а також гібридні підходи, що поєднують машинне навчання і класичну статистичну аналітику.

Для прийняття швидких та результативних рішень в сучасних умовах уже недостатньо пакетної обробки даних, підсумки якої отримують із значною затримкою та коли вони стають вже не актуальними. Внаслідок цього відбувається розвиток аналітики реального часу [1]. Завдяки сучасній потоковій аналітиці, дані обробляються “на-льоту”, а отже необхідні рішення приймаються відразу, й так само зразу виявляються аномалії у великих даних. Ще одним із прикладів аналітики реального часу є технологія граничних обчислень, яка працює на пристроях IoT.

Іншим, вартим уваги, сучасним трендом аналітики Big Data є інтеграція технологій ІІІ безпосередньо в аналітичні платформи [2]. При такій реалізації, штучний інтелект може автоматично робити запити у базу даних та формувати відповідну візуалізацію, що спрощує та пришвидшує отримання аналітичних звітів. Такі Self-Service-BI-інструменти дозволяють нефакхівцям ефективно працювати з Big Data без залучення професійних аналітиків.

Дуже цікавим актуальним трендом є поєднання прогностної та прескриптивної аналітики. Цей підхід дозволяє не лише мати певні ймовірнісні прогнози, а й отримувати рекомендації щодо подальших оптимальних дій.

Також, для аналітичних задач із чутливими конфіденційними даними (фінансова сфера, медицина і т.п.) генеративний штучний інтелект використовують для створення синтетичних даних, що імітують реальні, для подальшого тренування моделей у машинному навчанні.

Для вирішення проблеми “брудних даних” у Big Data, важливими є сучасні технологічні рішення, що забезпечують спостережуваність даних (наприклад, Datadog).

Що ж стосується актуальних підходів до збереження та управління великими даними, то тут чітко простежується тенденція до побудови гнучких та децентралізованих архітектур. Це ілюструє, зокрема, поява таких гібридних технологій, як Data Lakehouse, де гнучкість “озер даних” поєднується із швидкодією Data Warehouses. Відповідно до нової концептуальної моделі Data Mesh, великі дані розглядаються, як продукт і здійснюється їх децентралізація відповідно до конкретних доменів. А сучасний архітектурний підхід Data Fabric пропонує уніфіковані рішення для оптимізації великих даних у розподілених системах, їх керованості та взаємної інтеграції [3].

Поява векторних баз даних – це ще один актуальний тренд, дотичний до аналітики Big Data, оскільки їх виникнення пов’язане із різким збільшенням варіативності даних (в т.ч. і згенерованих ІІІ) [4]. Кожен об’єкт у таких базах даних асоціюється із вектором його характеристик, групування по яким у багатовимірному векторному просторі дозволяє провадити ефективний пошук.

Ще одним важливим трендом, власне, в аналітиці великих даних є Vertical Data Science, який символізує еволюційний перехід від універсальних рішень до глибокої спеціалізації аналітики Big Data [5]. Замість, так званих “горизонтальних”, або ж іншими словами, загальних моделей, таких як ChatGPT чи Gemini, які часто “галюцинують” у специфічних питаннях предметної області, моделі, що здійснюють вертикальний аналіз даних, дають точні рішення експертного рівня у конкретних

сферах. Відповідно до цього тренду, зараз уже й постачальники хмарних сервісів почали пропонувати послуги на основі вертикального підходу у Big Data, такі як спеціалізовані платформи (наприклад, Healthcare Data Science чи LegalTech) та промислові хмари для IoT.

Щодо згаданих вище організаційних трендів аналітики великих даних, то тут слід виділити наступні. Насамперед, це аналітика на основі даних (Data-Driven Analytics) як організаційна культура даних та Data Governance, як система управління даними, яка забезпечує їх якість, безпеку та узгодженість. Ще одним актуальним трендом аналітики Big Data є автоматизація процесів ETL/ELT, оскільки автоматизовані пайплайни значно скорочують час інтеграції даних, зменшують кількість помилок та підвищують гнучкість, забезпечуючи підтримку як структурованих так і неструктурованих даних.

Висновок. В роботі систематизовано та здійснено комплексну оцінку сучасних тенденцій аналітики Big Data, що буде корисним як для розуміння ключових напрямків майбутнього розвитку аналітичної складової Data Science, так і при практичному плануванні шляхів подальших досліджень.

Література

1. IEEE. Real-Time Analytics: Concepts, Architectures, and ML/AI Considerations [Електронний ресурс]. IEEE Xplore, 2023. Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10183999>
2. Singh, S. K.; Kumar, R.; та ін. Artificial Intelligence Techniques for Big Data Analytics: A Survey [Електронний ресурс]. ACM Computing Surveys, 2022. Режим доступу: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3514228>
3. Blohm, Ivo; Wortmann, Felix; Legner, Christine; Köbler, Felix. Data products, data mesh, and data fabric [Електронний ресурс]. Business & Information Systems Engineering. Springer, 2024. Режим доступу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12599-024-00876-5>
4. Zhang, Y.; Li, H.; Wang, J.; Chen, X. A Comprehensive Survey on Vector Database: Storage and Retrieval Technique, Challenge [Електронний ресурс]. arXiv, 2023. Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2310.11703>
5. Yu, B.; Barter, R. L. Veridical Data Science: The Practice of Responsible Data Analysis and Decision Making [Електронний ресурс]. Cambridge, MA: The MIT Press, 2024. Режим доступу: <https://mitpress.mit.edu/9780262048378/veridical-data-science>

УДК 004.75

М.В. Дрогобицький, А.І. Фіялка, Н.С. Луцик, Ph.D, доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖ MICROGRID

M.V. Drohobytskyi, A.I. Fiialka, N.S. Lutsyk, Ph.D, доц.

COMPUTER-BASED MONITORING SYSTEM FOR MICROGRID NETWORKS

Мікромережі (MicroGrid) характеризуються різноманітністю обладнання, що ускладнює уніфікований збір телеметрії, необхідний для балансування навантаження й диспетчеризації. Існуючі універсальні або open-source рішення (OpenEnergyMonitor, IoTaWatt, OpenEMS) орієнтовані переважно на локальний моніторинг, не підтримують індустріальні протоколи обміну та не забезпечують передачу структурованих даних у

диспетчерські центри. Комерційні системи (SMA, SolarEdge, Huawei, Schneider Electric) є пропрієтарними та здебільшого сумісні лише з обладнанням власної екосистеми, що обмежує їх використання у складних MicroGrid [1].

Метою дослідження є розроблення концепції універсальної системи моніторингу, яка незалежна від виробника обладнання й забезпечує безпечну передачу телеметрії назовні. Використовуються різні типи трансформатори струму (датчики Холла/Роговського) та бездротові датчики напруги. Додаткові сенсори сонячної іррадіації та швидкості вітру дають змогу оцінювати нереалізований потенціал ВДЕ.

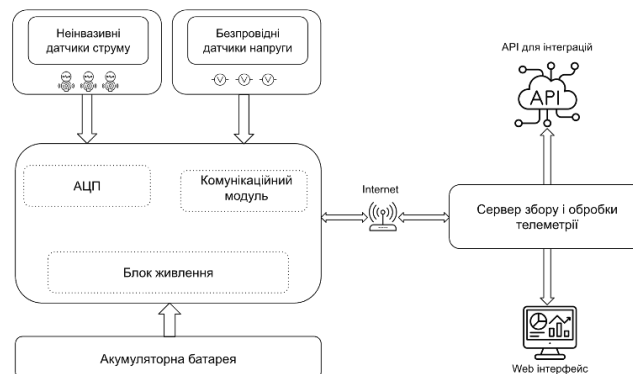


Рисунок 1. Структурна схема комп'ютерної системи

Апаратна частина включає (рис. 1) модульний вимірювальний блок (24-біт АЦП), комунікаційний модуль (Ethernet/Wi-Fi/LTE Cat-M1/NB-IoT), блок живлення та резервну батарею. ПЗ для агрегації телеметрії, виявлення аномалій, прогнозування споживання чи генерації, розрахунок індексу гнучкості та подієві сповіщення.

Для зовнішньої телеметрії застосовується MQTT 5.0 поверх TLS 1.3 з буферизацією даних (store-and-forward). Підтримуються шлюзи до OpenADR 2.0b, IEEE 2030.5 та Modbus/IEC 61850, що забезпечує сумісність із платформами диспетчеризації та системами керування попитом (DERMS).

Запропоноване рішення забезпечує уніфікований збір даних у MicroGrid будь-якої конфігурації, покращує спостережуваність, підвищує готовність до інтеграції у системи диспетчеризації та відкриває можливість масштабованого керування навантаженнями.

Література

1. Godyński, J., Stępień, M., Zubert, M., Swędrowski, L. 2025. Measurement System and Testing Procedure for Characterization of the Conversion Accuracy of Integrating Circuits for Rogowski Coils. Sensors. 25(20), 6357. DOI: 10.3390/s25206357.

**ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ ІНЕРЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
АЛГОРИТМУ КАЛМАНА****V.L.Dunets Ph.D., Associate professor; A.V. Khyh****FORECASTING THE TRAJECTORY OF INERTIAL OBJECTS USING THE
KALMAN ALGORITHM**

Прогнозування траєкторії рухомих об'єктів є актуальною задачею для систем навігації, зокрема керування безпілотними літальними апаратами. Основна складність при вирішенні цієї проблеми полягає у наявності значних шумів у вимірюваннях координат та швидкостей об'єкта, що призводить до неприпустимих похибок при використанні простих методів екстраполяції. Для вирішення цієї проблеми запропоновано застосувати фільтр Калмана [1-5] — оптимального рекурсивного алгоритму, що забезпечує найбільш точне оцінювання стану динамічної системи шляхом інтеграції зашумлених вимірювань та моделі руху об'єкта. Для побудови фільтра розроблено математична модель динаміки інерційного об'єкта у двовимірному просторі, де рух описується вектором стану $x=[x,y,v_x,v_y]^T$, а динаміка визначається рівняннями з урахуванням гравітаційного прискорення та сил опору повітря, які пропорційні квадрату швидкості. Модель простору станів представлена у дискретній формі з матрицею переходу F , а матриця вимірювань H відображає можливість прямого вимірювання всіх компонент вектора стану. При цьому, враховано вплив двох типів невизначеностей: вимірювальні шуми змодельовані білим гаусовим процесом зі стандартними відхиленнями 5 м для координат та 2 м/с для швидкостей, а процесні шуми відображають невраховані фактори динаміки, маючи стандартні відхилення для прискорень 0,5 м/с². На основі цієї моделі реалізований алгоритм фільтрації Калмана рекурсивно виконує етапи прогнозування апіорної оцінки стану та корекції, де ключовим елементом є коефіцієнт посилення Калмана, що оптимально зважає довіру до моделі та вимірювань.

Чисельне моделювання траєкторії об'єкта, виконане на часовому інтервалі 20 секунд з кроком 0,1 секунди, підтвердило значну ефективність розробленого підходу. Результати показали, що середньоквадратична похибка (RMSE) оцінювання положення фільтром Калмана виявилася суттєво нижчою за похибку безпосередніх зашумлених вимірювань. Фільтровані оцінки положення мали похибку лише в кілька метрів, тоді як прямі вимірювання сягали 5 м, що доводить оптимальність поєднання інформації з моделі та експериментальних даних. Фільтр Калмана забезпечив ефективне згладжування зашумлених даних та точне відновлення справжньої траєкторії руху. Коректність та консистентність роботи фільтра підтверджено аналізом послідовності інновацій, які демонстрували властивості білого шуму з нульовим математичним сподіванням. Графіки інновацій положення та швидкості (Рис. 1) ілюструють, що похибки оцінювання залишаються в межах трикратного стандартного відхилення, визначеного коваріаційною матрицею. Крім оцінювання поточного стану, на основі останньої оцінки було виконано прогнозування майбутньої траєкторії на 5 секунд вперед шляхом ітеративної екстраполяції. Незважаючи на природне зростання коваріаційної матриці похибки прогнозу, що відображає накопичення невизначеності, траєкторія може бути передбачена з прийнятною точністю. Можливість квантифікації

невизначеності через коваріаційну матрицю є особливо важливою, оскільки дає змогу будувати довірчі інтервали для оцінки надійності прогнозів.

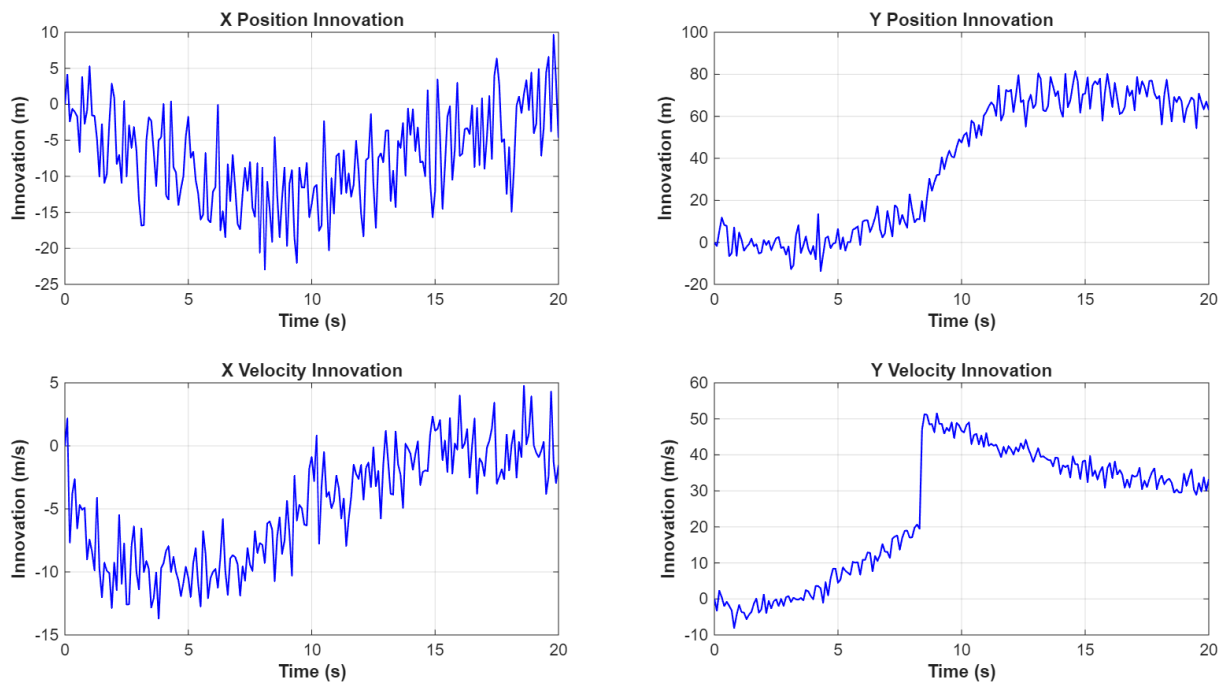


Рисунок 1. Графіки інновацій положення та швидкості

Таким чином, застосування фільтра Калмана для прогнозування траєкторії інерційних об'єктів демонструє високу ефективність у задачах оцінювання стану в умовах вимірювальних шумів, забезпечуючи суттєве підвищення точності порівняно з прямими вимірюваннями. Можливість квантифікації невизначеності робить цей метод надійним інструментом для оцінки надійності прогнозів. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на розширенні моделі на тривимірний простір, впровадженні адаптивних алгоритмів для оцінювання параметрів шумів у реальному часі, а також розробці модифікацій для систем з нелінійною динамікою, зокрема розширеного фільтра Калмана, для більш точного врахування складних факторів опору повітря та інших нелінійних впливів.

Література

1. Тимків П.О. Верифікація удосконаленого методу визначення коефіцієнтів фільтра Калмана у низько інтенсивній електроретинографії. «ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті)»: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя 22-24 травня 2018 року). Тернопіль. С.22-23.
2. Pavlo Tymkiv, Yuriy Leshchyshyn. Algorithm Reliability of Kalman Filter Coefficients Determination for Low - Intensity Electoretino signal. «Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)»: Works of XVI internation alconference (Polyana-Svalyava, February 26 – March 2, 2019). Polyana. pp. 7.14-7.18.
4. Mur-Artal, R., & Montiel, J. M. M. (2015). ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System. *IEEE Transactions on Robotics*, 31(5), 1147-1163.
4. Skog, I., &Handel, P. (2009). In-field calibration of a low-cost inertial measurement unit. *In Proc. of the 2009 Int. Conf. on Embedded Software and Systems*.

5. Julier, S. J., & Uhlmann, J. K. (1997). A new extension of the Kalman filter to nonlinear systems. *In Proc. SPIE AeroSense*.

УДК 621.3

В. Л. Дунець к.т.н., доцент; Н. А. Гульовський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЦИФРОВА РАДІОРЕЛЕЙНА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ З БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

V.L.Dunets Ph.D., Associate professor; N.A. Gulovsky

DIGITAL RADIO RELAY COMMUNICATION LINE FOR HIGH-SPEED DATA TRANSMISSION FROM UNMANNED AERIAL VEHICLES

Високошвидкісна та надійна передача даних з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є актуальною задачею. На сьогодні існує широкий спектр методів передавання даних — від провідних (оптоволоконних) до безпроводних (радіо телекомунікаційних) систем, кожна з яких має свої області застосування та переваги.

З розвитком смартфонів, інтернет-пристроїв виникла необхідність у високошвидкісній передачі інформації. Особливу увагу набули системи, здатні передавати відео високої роздільності в режимі реального часу. Такі технології дають змогу здійснювати моніторинг у реальному часі лісових масивів, полів, потенційно небезпечних територій а також у сучасних військових конфліктах, де швидкість передачі інформації є критично важливою.

Основна складність при вирішенні цієї проблеми полягає у передачі відео в реальному часі з БЛА, зокрема, в забезпеченні стабільного та швидкого зв'язку при обмеженій пропускній здатності, високій затримці, енергоспоживанні та потребі в безпечній передачі даних.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано застосувати обладнання Mikrotik LHG XL 52 ac, що дає змогу створити двосмугову цифрову радіорелейну лінію РРЛ (Рис.1) на відстань у кілька десятків кілометрів: основний канал 5 ГГц зі швидкістю до 600 Мбіт/с та резервний канал 2,4 ГГц зі швидкістю до 260 Мбіт/с. Побудована тестова система високоякісної передачі відео передбачає налаштування зв'язку типу «точка-точка» та дослідження характеристик каналу на відстані (>10 км) на основі РРЛ, створеної за стандартами IEEE 802.11, які зазвичай застосовуються у системах безпроводного зв'язку типу «точка-багатоточка» з локальним покриттям у межах сотень метрів.

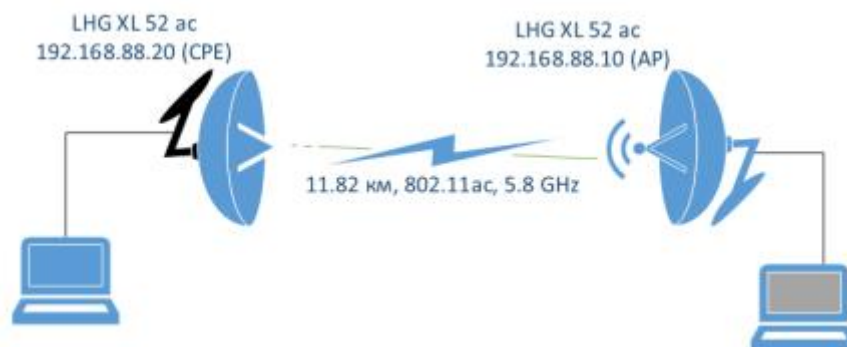


Рисунок 1. Схема підключення прийомопередавачів РРЛ Mikrotik та кінцевих терміналів з IP-адресами

За допомогою інструменту математичного моделювання проведено оцінку траси РРЛ та її характеристик на основі географічного розташування вузлів і параметрів обладнання. Згідно з теоретичними розрахунками, рівень сигналу на приймальній стороні має становити -55,76 дБм. Після налаштування антен найкращий зафіксований сигнал на приймачі склав -57 дБм, що підтверджує відповідність практичних результатів теоретичним розрахункам і достовірність моделі.

Результати дослідження підтверджують, що ефективність використання БПЛА значною мірою залежить від якості та стабільності каналу зв'язку, особливо під час передавання відеопотоку високої роздільності. Запропоновані технічні та архітектурні рішення забезпечують можливість створення надійної системи передачі даних для широкого спектра застосувань у цивільній, промисловій та оборонній сферах.

Таким чином, ефективне використання БПЛА для моніторингу критичної інфраструктури, картографування та промислової безпеки — напряду залежить від якості телекомунікаційної системи. Забезпечення стабільного, високошвидкісного каналу передачі відео в реальному часі є ключовою науково-технічною задачею. Проаналізовані протоколи, технології та мережеві рішення демонструють, що сучасні апаратні засоби на кшталт Mikrotik LHG XL 52 ac та мережеві архітектури нового покоління можуть забезпечити необхідний рівень продуктивності, надійності та безпеки для реалізації таких систем.

Література

1. Химич Г.П., Дунець В.Л., Корнєєв К.Г., Пиць І.В. Телекомунікаційна мережа обміну даних телеметрії між надшвидкісним літаючим об'єктом (ракетою) та наземною станцією. XXV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос»: збірник тез. Дніпро: НЦАОМ, 2023. С.119. ISSN 2221-4550.

2. ДСТУ ETSI EN 300 328 :2008 (ETSI EN 300 328:2006, IDT) Електромагнітна сумісність і радіочастотний спектр. Системи з радіодоступом у діапазоні частот 2,4 ГГц. Загальні вимоги до радіоінтерфейсу

3. ДСТУ 7115:2009 (ETSI EN 301 893:2008, MOD) Обладнання радіодоступу діапазону частот 5 ГГц. Загальні технічні вимоги та методи випробування

4. ДСТУ 3937-1999 Системи передачі прямої видимості радіорелейні. Класифікація. Основні параметри. Методи вимірювань

5. Mikrotik LHG XL 52 ac URL: https://mikrotik.com/product/lhg_xl_52_ac

УДК 004.056

Загальюк П. - студент групи TP-304

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя")

РАДІОЕЛЕКТРОННА БОРОТЬБА У ВІЙНІ

Zahaliuk P. - student of TP-304 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M. , teacher-methologist

RADIO-ELECTRONIC WARFARE IN WAR

Радіоелектронна боротьба (РЕБ) стала невід'ємним елементом сучасних бойових дій, особливо в умовах повномасштабного вторгнення Росії в Україну. Це не просто окрема галузь бойових засобів — це потужний інструмент домінування в

електромагнітному спектрі, який дозволяє виводити з ладу засоби зв'язку, навігації й розвідки супротивника, одночасно забезпечуючи працездатність власних електронних систем.

Сучасна система радіоелектронної боротьби є складним технічним комплексом, який об'єднує апаратні, програмні та енергетичні елементи, що працюють узгоджено для досягнення єдиної мети — контролю над електромагнітним простором. Її будову можна подати як поєднання кількох основних підсистем.

Антенно-фідерна система. Антени є «очима» та «вухами» РЕБ. Вони приймають електромагнітні сигнали противника або передають перешкоди у певному діапазоні частот.

Залежно від призначення, антени можуть бути:

- спрямованими — для точкового впливу на конкретну ціль;
- всеспрямованими — для створення перешкод навколо об'єкта (“купол захисту”).

Антенна система також включає кабельні тракти, фільтри та підсилювачі, які забезпечують стабільну передачу сигналів до основного обладнання.

Приймально-передавальна апаратура. Це серце системи. Вона відповідає за виявлення, аналіз і генерування сигналів.

До її складу входять:

- приймачі — фіксують випромінювання супротивника, визначають частоту, силу й тип сигналу;
- передавачі — створюють перешкоди або хибні сигнали, щоб дезорганізувати роботу ворожої техніки;
- модулятори й генератори — задають форму сигналу, необхідну для ефективного пригнічення.

Ці елементи працюють у широкому частотному діапазоні — від сотень мегагерц до кількох гігагерц, що дозволяє протидіяти як звичайним радіостанціям, так і дронам чи навігаційним системам.

Блок обробки та керування. Усі сигнали, що потрапляють у систему, проходять цифрову обробку. Комп'ютерний блок або процесор керування аналізує отримані дані, визначає тип загрози й автоматично обирає оптимальний режим дії — наприклад, створення шумових перешкод чи підміну координат. У сучасних зразках використовується штучний інтелект, який здатен розпізнавати типи дронів і швидко змінювати частоти глушіння. Цей блок також забезпечує зв'язок між окремими модулями системи та передає інформацію оператору.

Панель керування оператора. Оператор спостерігає за роботою системи через монітор або планшет, де відображається спектр сигналів, рівень потужності, цілі та режими роботи.

Панель дозволяє вручну змінювати параметри — діапазон частот, потужність, напрямок дії, режим придушення.

У більшості сучасних систем передбачено автоматичний режим, який самостійно обирає алгоритм роботи, але оператор може втрутитися в будь-який момент.

Система живлення. РЕБ потребує значних енергетичних ресурсів, особливо в режимі активного придушення.

Джерелом живлення можуть бути:

- автомобільний генератор (для мобільних систем);
- акумуляторні батареї (для портативних чи окопних пристроїв);
- стаціонарна електромережа (для великих комплексів).

Важливою частиною є система стабілізації напруги, яка забезпечує рівномірну роботу навіть у складних польових умовах.

Система охолодження та захисту. Оскільки під час роботи утворюється багато тепла, системи оснащуються вентиляторами, теплообмінниками або рідинним охолодженням.

Корпуси мають екранування від зовнішніх електромагнітних впливів та захист від вологи, пилу й механічних пошкоджень.

У військових зразках корпуси часто броньовані, щоб витримати удар або уламки.

Програмне забезпечення. Без програмного керування РЕБ не зможе працювати точно.

Програми відповідають за:

-аналіз спектра сигналів;

-класифікацію типів загроз;

--вибір оптимального режиму придушення;

синхронізацію з іншими системами — наприклад, радіорозвідкою чи ППО.

Програмне забезпечення постійно оновлюється для адаптації до нових типів сигналів противника.

Радіoeлектронна боротьба є ключовим елементом сучасної війни, що дозволяє захищати війська й техніку від дронів та засобів зв'язку супротивника. Українські технології в цій сфері доводять свою ефективність і постійно удосконалюються, залишаючись одним із важливих факторів у забезпеченні обороноздатності.

Література

1. Радіoeлектронна боротьба у війні: види, роль та найкращі системи 2025 року. URL: <https://bezpeka-veritas.com.ua/radioelektronna-borotba-u-viini-vydy-rol-ta-naikrashchi-systemy-2025-roku/>

2. Які існують види РЕБів: їхні класи й відмінності? URL: <https://wartex.com/yaki-isnuyut-vidi-rebiv/>

3. Радіoeлектронна боротьба — ключ до сучасної війни URL: <https://www.armyfm.com.ua/radioelektronna-borotba--kliuch-do-suchasnoi-viiny/>

УДК 004.41

О.М. Задворний; І.В. Бойко, д.ф.-м.н, професор

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕТЕКЦІЇ ЕПІЛЕПТИЧНИХ НАПАДІВ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ ТОПОЛОГІЧНО-СПЕКТРАЛЬНИХ ОЗНАК

О.М. Zadvornyi, I.V. Boyko, D.Sc., Prof.

INCREASING THE EFFICIENCY OF EPILEPTIC SEIZURE DETECTION BASED ON HYBRID TOPOLOGICAL-SPECTRAL FEATURES

Автоматизований аналіз ЕЕГ-сигналів є критично важливим для ефективної діагностики епілепсії. Хоча методи глибокого навчання демонструють високу результативність [1], класичні спектральні підходи часто втрачають інформацію про нелінійні структурні зміни мозкової активності [2]. Останні дослідження виділяють топологічний аналіз даних (TDA) як перспективний інструмент для ідентифікації стійких геометричних патернів у біомедичних сигналах, що залишаються недоступними для лінійних методів [3, 4].

У дослідженні використано базу даних CHB-MIT Scalp EEG [5]. Запропонований гібридний підхід поєднує оцінку спектральної густини потужності (метод Велча) з обчисленням персистентних гомологій. Багатоканальні епохи сигналу розглядаються як хмари точок у частотному просторі, для яких будуються комплекси Вієторіса-Ріпса. Екстракція топологічних ознак виконується шляхом трансформації діаграм стійкості у персистентні ландшафти [6]. Класифікація реалізована алгоритмом Random Forest із застосуванням стратегії балансування даних SMOTE та валідацією Leave-One-Group-Out для забезпечення узагальнення на нових пацієнтах.

Інтеграція топологічних інваріантів дозволила моделі фіксувати специфічні патерни синхронізації між каналами, характерні для судомної активності. Порівняльний аналіз із базовим спектральним методом демонструє приріст точності (Precision) на 8,5% (до 0,85) та повноти (Recall) на 6,6% (до 0,75), що забезпечило загальний F1-score на рівні 0,80. Застосування адаптивного порогу чутливості у поєднанні з медіанною фільтрацією дозволяє мінімізувати вплив короточасних артефактів, знизивши кількість помилкових спрацювань при аналізі. Реалізований вебінтерфейс візуалізує часову динаміку ймовірностей нападів, надаючи інструмент для верифікації результатів.

Взаємодія спектрального аналізу та топологічних методів забезпечує вищу стійкість алгоритму до шумів та артефактів порівняно з традиційними підходами. Розроблена архітектура може слугувати основою для функціонування систем підтримки прийняття рішень у клінічній нейрофізіології.

Література

1. A. Shoeibi et al., "Epileptic seizures detection using deep learning techniques: A review," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 11, p. 5780, 2021. doi: 10.3390/ijerph18115780.
2. X. Jiang, G.-B. Bian, and Z. Tian, "Removal of artifacts from EEG signals: A review," *Sensors*, vol. 19, no. 5, p. 987, 2019. doi: 10.3390/s19050987.
3. Y. Wang et al., "Topological data analysis of Single-Trial Electroencephalographic Signals," *The Annals of Applied Statistics*, vol. 12, no. 3, pp. 1506–1534, Sep. 2018. doi: 10.1214/17-AOAS1119.
4. F. Chazal and B. Michel, "An Introduction to Topological Data Analysis: Fundamental and Practical Aspects for Data Scientists," *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 4, 2021. doi: 10.3389/frai.2021.667963.
5. J. Guttag, "CHB-MIT Scalp EEG Database (version 1.0.0)," *PhysioNet*, 2010. doi: 10.13026/C2K01R.
6. P. Bubenik, "Statistical topological data analysis using persistence landscapes," *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 16, pp. 77–102, 2015. <https://www.jmlr.org/papers/volume16/bubenik15a/bubenik15a.pdf>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

R.Z.Zoloty, Ph.D., Assoc.prof., M.S. Dziurmak, D.V. Sas, I.Y. Khariv
**RESEARCH OF THE METHOD FOR PREDICTING THE TRAJECTORY OF A
VEHICLE**

Нещодавні досягнення в методах машинного навчання дозволили досягти величезного прогресу в автономному водінні, зокрема, завдяки етапу сприйняття, глибокому навчанню та глибоким нейронним мережам, у поєднанні із загальним прогресом у сенсорах, картографуванні та методах пропріоцепції. Тому зараз увага зміщується до наступних кроків у автономному конвеєрі, де прогнозування відіграє важливу роль. Після того, як навколишні дорожні агенти виявлені та відстежені, система керування повинна передбачити їхню майбутню траєкторію та відповідно спланувати безколізійний курс.

Це прогнозування траєкторії має відповідати кільком вимогам. Воно, очевидно, має бути точним та надійним, щоб його результат можна було надійно використовувати в наступних процесах. Майбутнє може представляти безліч можливостей, з яких не завжди можливо зробити висновок виключно на основі минулих історичних даних. Тому прогноз має бути мультимодальним, шляхом прогнозування кількох одночасних ймовірних майбутніх подій. Оскільки прогноз має бути зроблений для всіх навколишніх агентів, і на поведінку цих агентів дуже впливає їхня взаємодія один з одним, модель повинна враховувати ці взаємодії, а її мультимодальні прогнози повинні бути узгодженими один з одним. Зрештою, для безпеки та надійності, прогнозування траєкторії має бути легким для інтерпретації, ретельно оціненим, здатним забезпечувати оцінки достовірності та розробленим з урахуванням його кінцевого використання в конвеєрі.

Після аналізу існуючих методів прогнозування траєкторії, що не базуються на навчанні, було вивчено різні існуючі представлення та підходи до прогнозування руху на основі навчання. Далі було запропоновано вирішити проблему прогнозування траєкторії за допомогою теплових карт ймовірностей для полегшення мультимодальності (рис.1). Розроблено три різні способи створення цих карт та оцінки їх одна відносно одної та існуючого сучасного рівня. Запропоновано повний метод вибірки для вилучення фактичних траєкторій з цих карт та вивчено переваги та недоліки цих методів порівняно з іншими поширеними фреймворками.

Було запропоновано повний метод вибірки для вилучення фактичних траєкторій з цих теплових карт та вивчено переваги та недоліки цих методів теплових карт порівняно з іншими поширеними фреймворками. Було застосовано багатоагентне прогнозування, а точніше на узгоджених виходах на рівні сцени, для цих типів моделей теплових карт шляхом вибірки та навченої пост-обробки з дослідженням різних способів розширення оцінки моделі прогнозування шляхом оцінки невизначеності, калібрування та аналізу узагальнюваності між наборами даних.

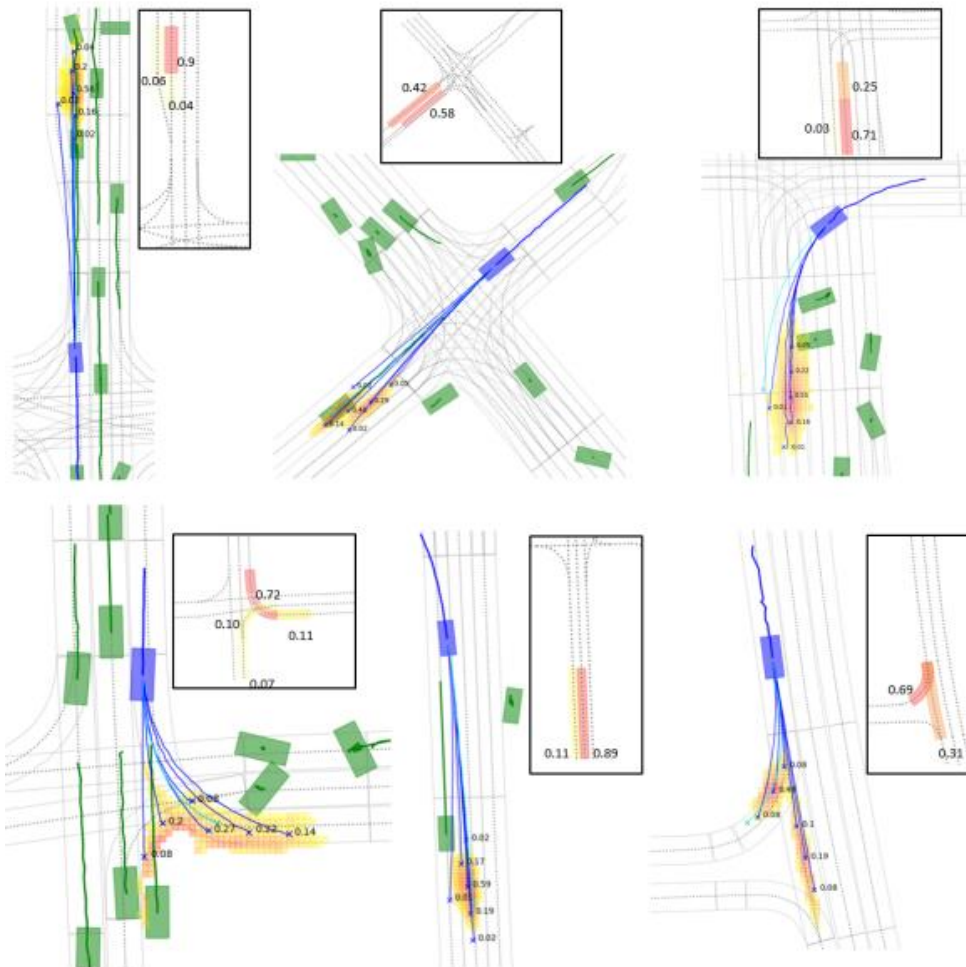


Рисунок 1. Приклад теплових карт для прогнозування траєкторії руху транспортних засобів

Починаючи з найпростішої архітектури на основі згортки HOME, спостерігали недосягнуту продуктивність покриття порівняно з найкращими існуючими методами, але помітили обмеження швидкості виведення.

Тому було здійснено до повністю векторизованої графової архітектури GHOME, яка зберегла той самий приріст продуктивності, але досягла набагато швидшого часу навчання та прогнозування. Потім ми спростили це повністю векторизоване створення теплової карти, використовуючи перехресну увагу в THOMAS, що дозволило нам інтегрувати ієрархічний ефективний декодер теплової карти, та додатково прискорити процес.

Література

1. Gilles, T., Sabatini, S., Tsishkou, D., Stanciulescu, B., Moutarde, F. THOMAS: Trajectory Heatmap Output with Learned Multi-Agent Sampling. In ICLR 2022 : International Conference on Learning Representations, Virtual, Apr. 25-29, 2022.
2. Thomas, H., Qi, C. R., Deschaut, J.-E., Marcotegui, B., Goulette, F., Guibas, L. J. Kpconv: Flexible and deformable convolution for point clouds. In Proceedings of the the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, Seoul, South Korea, Oct. 27–Nov. 3, 2019. IEEE, 2019. P. 6411–6420.

УДК 004.41

О. Карнаухов, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

Т. Лобур, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

С. Марценко, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ УНІВЕРСИТЕТУ

O. Karnaukhov, PhD student

T. Lobur, PhD student

S. Martsenko, Ph.D., Assoc. Prof.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING AND ACCOUNTING FOR THE UNIVERSITY'S ENERGY RESOURCES

У роботі описано технічну реалізацію автоматизованої системи контролю і обліку енергоресурсів (АСКОЕ), створеної в Тернопільському національному технічному університеті імені І. Пулюя. Система призначена для збору, передачі та централізованого управління даними про споживання газу і води. Її архітектура базується на принципах сервісно-орієнтованого підходу (SOA) з контейнеризацією компонентів у Docker, що забезпечує масштабованість, ізоляцію функціональних модулів та простоту розгортання в університетській інфраструктурі. Архітектурна структура наведена на рис. 1.

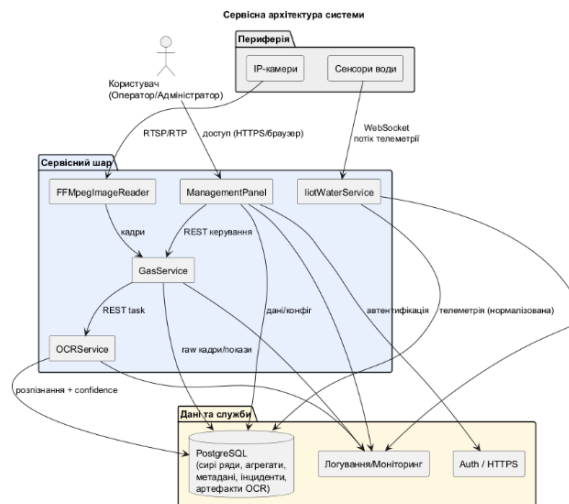


Рисунок 1. Архітектура системи

Сервісний шар системи включає ключові модулі **GasService**, **IotWaterService**, **OCRService**, **FFMpegImageReader** та **ManagementPanel**, які взаємодіють між собою через **REST API** та **WebSocket**. Компоненти об'єднані єдиною базою даних **PostgreSQL**, що виконує роль центрального сховища. **GasService** відповідає за отримання кадрів з **ІР-камер** за протоколом **RTSP/RTP**, які фіксують показники аналогових газових лічильників. Потік відео попередньо буферизується за допомогою **FFMpegImageReader**, що стабілізує частоту кадрів, забезпечує синхронізацію часових міток і усуває артефакти зображення. Після обробки кадри передаються до **OCRService**, який

використовує модель Microsoft TrOCR Large Printed для розпізнавання цифр лічильника. Результати містять значення показників, метадані та рівень впевненості (confidence), що разом з артефактами препроцесингу зберігаються у базі даних для подальшої перевірки оператором.

IiotWaterService збирає телеметрію від сенсорів води через WebSocket. Дані проходять валідацію (формат, діапазони, частота) та синхронізацію за часовими мітками, після чого зберігаються як часові ряди в БД і доступні для візуалізації в реальному часі.

ManagementPanel (Blazor) забезпечує операторське керування, налаштування вузлів та побудову інтерактивних дашбордів із графіками, таблицями й індикаторами. Система шаблонів дозволяє додавати нові компоненти візуалізації без втручання в ядро, а вбудований механізм – писати власні алгоритми обробки даних. Модуль Auth/HTTPS відповідає за автентифікацію та захищену комунікацію між сервісами. Логування/Моніторинг централізовано відстежує стан контейнерів, API-запити та затримки.

PostgreSQL зберігає часові ряди, метадані, інциденти, журнали OCR та конфігурації вузлів. Доступ через Entity Framework Core забезпечує незалежність від SQL і спрощує модифікацію структури даних.

Компоненти розгортаються в Docker-контейнерах (Docker Compose), що дозволяє ізолювати середовища та масштабувати сервіси. Інтеграція з периферією (ІР-камери, сенсори) реалізована через RTSP/RTP, WebSocket і REST для сумісності з різними обладнаннями.

Таким чином, система реалізує повнофункціональну архітектуру моніторингу двох типів енергоресурсів – газу та води – з можливістю розширення функціоналу. Вона підтримує інтерактивну побудову дашбордів, написання власних алгоритмів для аналізу даних, налаштування параметрів вузлів у реальному часі та централізоване керування сервісами через вебінтерфейс. Модульність, стандартизовані протоколи та контейнерна архітектура роблять систему технічно гнучкою, безпечною та придатною до інтеграції у ширші системи цифрової інфраструктури університету.

Література

1. Li, M., Lv, T., Cui, L., Lu, Y., Florencio, D., Zhang, C., Li, Z. & Wei, F. (2021). *TrOCR: Transformer-based Optical Character Recognition with Pre-trained Models*. arXiv preprint arXiv:2109.10282. DOI: [10.48550/arXiv.2109.10282](https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.10282)
2. FFmpeg Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ffmpeg.org/documentation.html – Дата звернення: 21.10.2025.
3. PostgreSQL Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.postgresql.org/docs/ – Дата звернення: 21.10.2025.
4. ASP.NET Blazor Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/blazor/ – Дата звернення: 21.10.2025.
5. Docker Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.docker.com/ – Дата звернення: 21.10.2025.
6. WebSocket API Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebSockets_API – Дата звернення: 21.10.2025.

7. Real Time Streaming Protocol (RTSP). RFC 2326 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [\[https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2326\]](https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2326)(<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2326>) – Дата звернення: 21.10.2025.

УДК 004.056.5:004.738.5

В. Ю. Кашин, Т.А. Лечаченко доктор філософії

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТЕЙ HTTP REQUEST SMUGGLING ЗАСОБАМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ФАЗЗИНГУ HTTP-ЗАПИТІВ

V. Kashchyn, T. Lechachenko Ph.D.

ANALYSIS OF HTTP REQUEST SMUGGLING VULNERABILITIES USING DIFFERENTIAL FUZZING OF HTTP REQUESTS

Вразливості типу HTTP Request Smuggling (HRS) залишаються однією з найнебезпечніших загроз для багаторівневих вебінфраструктур, у яких трафік послідовно проходить через балансувальники навантаження, проксі-сервери, брандмауери та бекенд-сервери [1]. Їхня природа полягає не у помилці окремого вебсервера, а в неузгодженості трактування структур HTTP/1.1-запитів різними компонентами ланцюга обробки. Конфлікт між заголовками Content-Length і Transfer-Encoding: chunked, а також неоднозначна обробка CRLF/LF-роздільників створюють умови, за яких один вузол вважає запит завершеним, тоді як інший продовжує читати потік як частину того самого або нового повідомлення. Це відкриває можливість інжекції прихованих запитів, обходу контролю доступу, отруєння кешу та реалізації DoS-сценаріїв.

Метою дослідження є експериментальне виявлення та класифікація уразливостей HTTP Request Smuggling шляхом застосування диференціального фазингу HTTP/1.1-запитів з використанням утиліти HTTP Request Smuggler у складі Burp Suite [2]. Для цього побудовано ізольований тестовий стенд типу Client → Nginx (reverse proxy) [3] → Apache HTTP Server (backend) [4], розгорнутий на віртуальних машинах під керуванням гіпервізора KVM [5] у середовищі Ubuntu Linux. Nginx налаштовано як зворотний проксі з акцентом на обробці конфліктних заголовків Content-Length і Transfer-Encoding, Apache виступає бекендом із власною логікою визначення меж тіла HTTP-повідомлень. У дослідженні сформовано репрезентативний набір HTTP/1.1-запитів із варіативними заголовками та роздільниками рядків: класичні CL- та TE-запити, конфліктні вектори CL.TE та TE.CL, дубльовані Content-Length із різними значеннями, подвійні Transfer-Encoding, некоректні або неповні заголовки, а також змішані варіанти CRLF/LF. Диференціальний фазинг реалізовано як багаторазове відтворення цих шаблонів через Burp Suite з HTTP Request Smuggler у напрямку Nginx → Apache з паралельною фіксацією артефактів. Для реєстрації результатів використано розширене логування access/error на обох серверах і перехоплення трафіку інструментом tshark у форматі pcap, що забезпечило повну картину обробки кожного запиту на мережевому й прикладному рівнях.

Отримані результати демонструють, що для ряду конфігурацій виникають стійкі парсингові розбіжності між Nginx і Apache. Для векторів CL.TE та TE.CL показано сценарії, за яких проксі орієнтується на Content-Length, а бекенд - на Transfer-Encoding: chunked, або навпаки, унаслідок чого в межах одного TCP-з'єднання з'являється «прихований» GET-запит, що фактично минає первинний рівень контролю. У випадку

дубльованих Content-Length виявлено ситуації, коли один компонент бере перше значення, інший - останнє, що призводить до розділення потоку на валідний та некоректний запити. Для змішаних CRLF/LF-варіантів зафіксовано випадки, коли Nginx приймає LF як допустимий роздільник, тоді як Apache повертає 400 Bad Request через некоректне завершення секції заголовків, що також відображає критичну асиметрію трактувань.

Диференціальний фазинг у поєднанні з HTTP Request Smuggler є ефективним підходом до систематичного виявлення HRS-вразливостей у багаторівневих вебінфраструктурах. Запропонована методика дозволяє не лише виявляти конкретні експлуатаційні сценарії CL.TE, TE.CL і CRLF-інжекцій у типових зв'язках Nginx–Apache, але й формалізувати критерії парсингових розбіжностей для подальшого впровадження превентивних заходів, зокрема жорсткішої валідації заголовків, уніфікації політики обробки Content-Length/Transfer-Encoding та суворого дотримання стандартів HTTP/1.1 у проміжних вузлах.

Література

1. Exploiting and Preventing HTTP Request Smuggling. VAADATA - Ethical Hacking Services. URL: <https://www.vaadata.com/blog/what-is-http-request-smuggling-exploitations-and-security-best-practices/> (date of access: 30.11.2025).
2. What is HTTP request smuggling? Tutorial & Examples | Web Security Academy. Web Application Security, Testing, & Scanning - PortSwigger. URL: <https://portswigger.net/web-security/request-smuggling> (date of access: 30.11.2025).
3. NGINX Reverse Proxy | NGINX Documentation. NGINX Documentation. URL: <https://docs.nginx.com/nginx/admin-guide/web-server/reverse-proxy/> (date of access: 30.11.2025).
4. Documentation: Apache HTTP Server - The Apache HTTP Server Project. Welcome! - The Apache HTTP Server Project. URL: <https://httpd.apache.org/docs/> (date of access: 30.11.2025).
5. Interactive cybersecurity training system based on simulation environments / D. Tymoshchuk et al. Measuring and computing devices in technological processes. 2024. No. 4. P. 215–220. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-26> (date of access: 30.11.2025).

УДК 004.7:681.518:004.89

С.Б. Кіт, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ЖИТЛОВОМУ ПРИМІЩЕННІ З ВИКОРИСТАННЯМ БСМ

S.B. Kit, V.R. Perun, S.I. Perun, G.V. Shymchuk

INTELLIGENT SYSTEM FOR CONTROLLING MICROCLIMATE PARAMETERS IN A RESIDENTIAL PREMISES USING BSM

Мікроклімат житлового приміщення безпосередньо впливає на самопочуття людини, працездатність і ризики респіраторних захворювань. У квартирах типові проблеми пов'язані з нерівномірним прогрівом кімнат, локальними зонами підвищеної вологості (кухня/ванна), накопиченням CO₂ у спальнях та появою летких органічних сполук (VOC) від меблів і побутової хімії. Тому актуальним є створення інформаційної

системи, здатної безперервно збирати показники з кількох кімнат, оперативно виявляти відхилення та формувати рекомендації/сповіщення для мешканців.

Мета роботи – розробити інформаційну систему моніторингу мікроклімату квартири (наприкладі 2–3-кімнатного планування) на базі бездротової сенсорної мережі (БСМ), що забезпечує масштабованість, енергоефективність та надійність збору даних.

Завдання:

- визначити набір параметрів мікроклімату та вимоги до періодичності вимірювання;
- спроектувати архітектуру БСМ (сенсорні вузли – шлюз – сервер – клієнтські сервіси);
- реалізувати протокол обміну та сховище часових рядів;
- забезпечити візуалізацію, порогове сповіщення та базову аналітику;
- оцінити якість зв'язку, автономність вузлів і стабільність системи в умовах квартири.

Об'єкт дослідження – процес моніторингу параметрів мікроклімату в житловому приміщенні.

Предмет дослідження – методи та програмно-апаратні засоби побудови бездротової сенсорної мережі та інформаційної системи збору, зберігання й аналізу мікрокліматичних даних.

Система реалізується у вигляді багаторівневої архітектури:

- Сенсорні вузли (по одному на кімнату): мікроконтролер класу ESP32/NRF52; сенсори температури/вологості, атмосферного тиску, CO₂, TVOC/якості повітря (за потреби – освітленість та шум). Вузол виконує опитування сенсорів, первинну фільтрацію (усереднення/медіанний фільтр), часову синхронізацію та передачу пакетів.

- Бездротова мережа: для квартири доцільні Zigbee або BLE Mesh (низьке енергоспоживання, стійкість у приміщеннях), альтернативно Wi-Fi для спрощення інтеграції, якщо автономність не критична. Топологія – зірка (через шлюз) або mesh (для покриття складних зон).

- Шлюз (Raspberry Pi/домашній роутер/міні-ПК): прийом телеметрії та маршрутизація повідомлень до брокера MQTT; кешування при тимчасовій втраті інтернету.

- Серверний рівень: брокер MQTT, сервіс обробки (нормалізація, валідація, детекція аномалій), сховище часових рядів (InfluxDB/TimescaleDB), модуль сповіщень (Telegram/e-mail/push).

- Користувачський рівень: веб-панель і дашборди (Grafana/власний UI) з картами кімнат, трендами, статистикою та історією подій.

Для підвищення якості даних застосовуються:

- калібрування сенсорів за еталонними вимірюваннями (особливо CO₂/VOC);

- контроль достовірності (відсікання нереалістичних стрибків, перевірка діапазонів);

- адаптивні пороги сповіщень (наприклад, різні межі для дня/ночі у спальні).

- Основні результати:

- Запропонована архітектура системи, що дозволяє масштабувати кількість вузлів без суттєвого ускладнення серверної частини.

- Реалізована передача телеметрії через MQTT з буферизацією на шлюзі, що знижує втрати при нестабільному каналі.

– Організовано сховище часових рядів і дашборди для аналізу трендів мікроклімату в кожній кімнаті та порівняння зон квартири.

– Додано правила сповіщення: перевищення CO₂ у спальні, ризик конденсації при високій вологості та низькій температурі, різкі зміни VOC.

– Показано, що БСМ-підхід з енергоефективними протоколами дає змогу розміщувати вузли без прокладання кабелів та з мінімальним впливом на інтер'єр.

Новизна полягає в поєднанні БСМ з інформаційною підсистемою часових рядів та подієвого сповіщення, адаптованих до умов квартири (багатозонність, перешкоди, короткі відстані, потреба в простій експлуатації).

Практична цінність – можливість оперативного виявлення проблем (погана вентиляція, перезволоження, забруднення повітря) та формування рекомендацій мешканцям, а також основа для подальшої автоматизації (керування вентиляцією/зволожувачем/опаленням).

Розроблена концепція інформаційної системи моніторингу мікроклімату квартири на базі бездротової сенсорної мережі забезпечує багатоточковий збір даних, централізоване зберігання часових рядів, зручну візуалізацію та своєчасне сповіщення про критичні відхилення. Подальші напрями розвитку: прогнозування мікрокліматичних параметрів (короткострокові прогнози CO₂/вологості), інтеграція з системами “розумного дому” (Home Assistant), підвищення кібербезпеки (шифрування, керування ключами, контроль доступу).

Література

1. Sensor Systems for Greenhouse Microclimate Monitoring and Control: a Review / [J. K. Basak, H. T. Kim, A. Bhujel та ін.] // Sensors. – 2021. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42853-020-00075-6.pdf>.

2. Cureau R. J. New Wearable System for Sensing Outdoor Environmental Conditions for Monitoring Hyper-Microclimate / R. J. Cureau, I. Pigliautile, A. L. Pisello // Sensors. – 2022. URL: https://mdpires.com/d_attachment/sensors/sensors-22-00502/article_deploy/sensors-22-00502.pdf?version=1641819298.

3. Modular and Cost-Effective Microclimate Monitoring System for Ecological Research // Sensors. – 2021. URL: https://mdpi-res.com/d_attachment/sensors/sensors-21-04615/article_deploy/sensors21-04615-v2.pdf?version=1625565877.

УДК 004.738.5:681.518

С.Б. Кіт, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ХМАРНО-ОРІЄНТОВАНА ПЛАТФОРМА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА МІКРОКЛІМАТОМ КВАРТИРИ НА ОСНОВІ ІОТ

S.B. Kit, V.R. Perun, S.I. Perun, G.V. Shymchuk

CLOUD-BASED PLATFORM FOR MONITORING APARTMENT MICROCLIMATE BASED ON IOT

Зростання популярності smart-home рішень формує потребу у надійному моніторингу мікроклімату житлових приміщень у реальному часі. Температура, вологість, рівень CO₂, TVOC та інші показники змінюються нерівномірно в різних кімнатах і залежать від вентиляції, кількості людей, режиму опалення та побутових процесів. Локальний збір даних без аналітики та зручної візуалізації часто не дає

користувачу практичної користі, тоді як хмарний підхід дозволяє забезпечити централізоване зберігання, доступ із будь-якого пристрою, масштабування та розширення функцій (алерти, аналітика, інтеграції з іншими сервісами).

Мета роботи – розробити концепцію та прототип хмарної платформи для збору, зберігання та візуалізації телеметрії мікроклімату smart-квартири з підтримкою подієвих сповіщень і базових механізмів безпеки.

Завдання:

- визначити вимоги до телеметрії (частота вимірювань, затримка, надійність доставки, збереження історії);
- спроектувати хмарну архітектуру приймання даних і API-доступу;
- обґрунтувати вибір сховища часових рядів та підходу до агрегації;
- реалізувати веб-дашборди для багатозонної візуалізації;
- додати правила алертингу та аудит стану сенсорних вузлів;
- передбачити механізми автентифікації, шифрування й розмежування доступу.

Запропоновано багаторівневу модель “сенсори → шлюз → хмара → веб-інтерфейс”. На рівні квартири сенсорні вузли (кімната/зона) вимірюють параметри мікроклімату та передають дані на домашній шлюз (наприклад, ESP32/Raspberry Pi/роутер). Шлюз виконує буферизацію при нестабільному інтернет-з’єднанні, нормалізацію форматів і публікацію телеметрії у хмару через MQTT/HTTPS.

У хмарі платформа містить такі компоненти:

- Ingress-рівень: брокер повідомлень або endpoint приймання телеметрії (MQTT/Webhook), контроль авторизації пристроїв.
- Stream Processing: сервіс обробки подій (валідація, дедуплікація, перерахунок одиниць, формування агрегатів 1/5/15 хв).
- Time-series Storage: база часових рядів (для швидких графіків і довгої історії) з політиками зберігання (retention) та downsampling.
- Alerting Service: правила з гістерезисом і часовими вікнами підтвердження (наприклад, CO₂ > порога 10 хв; ризик конденсації за комбінацією температури й вологості).
- Web/API Layer: REST/GraphQL API, веб-кабінет користувача, управління зонами/пристроями та ролями доступу.

Веб-інтерфейс орієнтований на швидке розуміння стану квартири:

- “карта кімнат” з кольоровою індикацією (норма/попередження/критично);
- графіки трендів по зонах, порівняння кімнат, добові профілі;
- обчислювані індикатори (наприклад, комфортність, індекс вентиляції за CO₂, ризик плісняви);
- журнали подій: перевищення порогів, відпадання вузла (“last seen”), зміна налаштувань;
- експорт даних (CSV/JSON) для подальшого аналізу.

Для забезпечення стійкості платформи передбачено асинхронний прийом даних через брокер, повторні відправки з боку шлюзу та ідемпотентність обробки. Захист телеметрії базується на TLS, токенах/сертифікатах для пристроїв, розмежуванні доступу (ролі: користувач/адміністратор), а також аудиті операцій у веб-кабінеті. Для зменшення вартості підтримується гнучка частота вимірювань і багаторівневі retention-політики (детальні дані – коротше, агрегати – довше).

Хмарна платформа візуалізації телеметрії мікроклімату для smart-квартири забезпечує централізований збір та зберігання часових рядів, зручну багатозонну візуалізацію і покрокове сповіщення, що перетворює “сірі” показники сенсорів на

практичні дії (провітрювання, контроль вологості, оптимізація опалення). Подальший розвиток доцільно спрямувати на прогнозування параметрів (короткострокові прогнози CO₂/вологості), автоматичне керування виконавчими пристроями та розширення кіберзахисту (керування ключами, політики доступу, виявлення підозрілої активності).

Література

1. OASIS. MQTT Version 5.0 : OASIS Standard. – 2019. – URL: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf> (дата звернення: 02.12.2025).
2. Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3 : RFC 8446. – IETF, 2018. – URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8446.html> (дата звернення: 02.12.2025).
3. Fielding R., Nottingham M., Reschke J. HTTP Semantics : RFC 9110. – IETF, 2022. – URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9110.html> (дата звернення: 02.12.2025).
4. Lodderstedt T., Bradley J., Labunets A., Fett D. Best Current Practice for OAuth 2.0 Security : RFC 9700 (BCP 240). – IETF, 2025. – URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc9700/> (дата звернення: 02.12.2025).
5. Voas J. Networks of “Things” : NIST Special Publication 800-183. – Gaithersburg, MD : NIST, 2016. – URL: <https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/183/final> (дата звернення: 02.12.2025).
6. Fagan M., Megas K., Scarfone K., Smith M. IoT Device Cybersecurity Capability Core Baseline : NISTIR 8259A. – Gaithersburg, MD : NIST, 2020. – URL: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8259A> (дата звернення: 02.12.2025).
7. Fagan M., Marron J., Brady K., Cuthill B. та ін. IoT Device Cybersecurity Guidance for the Federal Government : NIST SP 800-213. – Gaithersburg, MD : NIST, 2021. – URL: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-213> (дата звернення: 02.12.2025).
8. ETSI EN 303 645 V2.1.1. Cyber Security for Consumer Internet of Things: Baseline Requirements. – ETSI, 2020. – URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303600_303699/303645/02.01.01_60/en_303645v020101p.pdf (дата звернення: 02.12.2025).
9. Sensirion. SGP40. VOC Sensor : Datasheet. – 2021. – URL: https://sensirion.com/media/documents/296373BB/618ED821/Sensirion_Gas_Sensors_SGP40_Datasheet.pdf (дата звернення: 02.12.2025).
10. Microsoft. Azure IoT Hub documentation (device connectivity / telemetry ingestion). –URL: <https://learn.microsoft.com/azure/iot-hub/> (дата звернення: 02.12.2025).

УДК 681.518

А.М. Ковтко; І.Р. Козбур; В.Б. Савків, к.т.н., доц.; Г.В. Козбур, к.т.н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ МОДУЛЬНИХ ТЕСТІВ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МУТАЦІЙНОГО ТЕСТУВАННЯ

A.M. Kovtko; I.R. Kozbur; V.B. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof.; H.V. Kozbur, Ph.D., Assoc. Prof.

ARCHITECTURE OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR GENERATION OF MODULE TESTS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MUTATIONAL TESTING

За основу автоматизованої системи генерації модульних тестів [1, 2] використано мутаційне тестування, котре застосовується у якості механізму оцінювання ефективності наявних тестів. Важливим етапом цього процесу є формування детальних звітів про виконання, дані яких у подальшому використовують для моделей LLM з метою оптимізації тестових наборів.

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій критично необхідно створювати гнучкі програмні системи, здатні адаптуватися до появи нових інструментів та мов програмування. Це зумовлено високою динамікою ринку, швидкою еволюцією мов програмування і фреймворків. Гнучкість забезпечує масштабованість, зменшує витрати на підтримку та модернізацію і сприяє довгостроковій стійкості програмного продукту [3].

Фреймворки мутаційного тестування реалізовані для більшості популярних мов програмування, однак вони суттєво відрізняються за механізмами генерації та фільтрації мутантів, так і структурою вихідних звітів. Наприклад, Stryker (JavaScript/TypeScript) формує детальні JSON- та HTML-звіти зі статусами мутантів і посимвольним підсвічуванням змінених фрагментів коду. Фреймворк PIT для Java застосовує іншу модель представлення результатів, агрегуючи дані за класами, методами та типами мутаторів, формуючи XML- та HTML-звіти з показниками на кшталт Mutation Score, Line Coverage і Test Strength. Таким чином, хоча семантичний зміст звітів переважно збігається, їхня структура суттєво різниться, що ускладнює подальшу обробку.

Через зазначену відмінність звітів аналіз результатів мутаційного тестування в уніфікованому вигляді неможливий без попередньої стандартизації даних. Перед інтеграцією LLM до процесу генерації або вдосконалення тестів необхідно привести різні формати звітів до спільного проміжного представлення. Уніфікований формат має містити щонайменше: ідентифікатор мутанта, вихідний код і його модифікацію, статус виконання, інформацію про відповідні тести або покриття, а також контекст класу чи модуля. Стандартизація забезпечує узгоджене трактування метрик, мінімізує втрату інформації під час парсингу та спрощує формування запитів. У результаті LLM зможе надійно аналізувати якість тестового покриття, визначати слабкі місця та генерувати нові або покращені тести на основі структурованих і порівнянних даних, незалежно від джерела їх походження.

З урахуванням важливості забезпечення масштабованості та гнучкості запропоновано наступний набір модулів для автоматизованої системи генерації тестів (Рис. 1):

1. Адаптери під різні типи мутаційного тестування. Саме ці модулі забезпечуватимуть стандартизацію отриманих звітів про виконання мутаційного тестування, забезпечуючи можливість швидко додати підтримку нового мутаційного фреймворку за потреби.
2. На основі отриманих даних від адаптерів та аналізу контексту кожного конкретного програмного модулю створюються запити до LLM.
3. LLM модель, що виконує запит, створений на попередньому етапі. Передбачається підтримка декількох моделей із урахуванням завдання системи.
4. Отримання нового / редагованого набору тестів, які передаються на крок 1 для повторного оцінювання за допомогою мутаційного тестування.

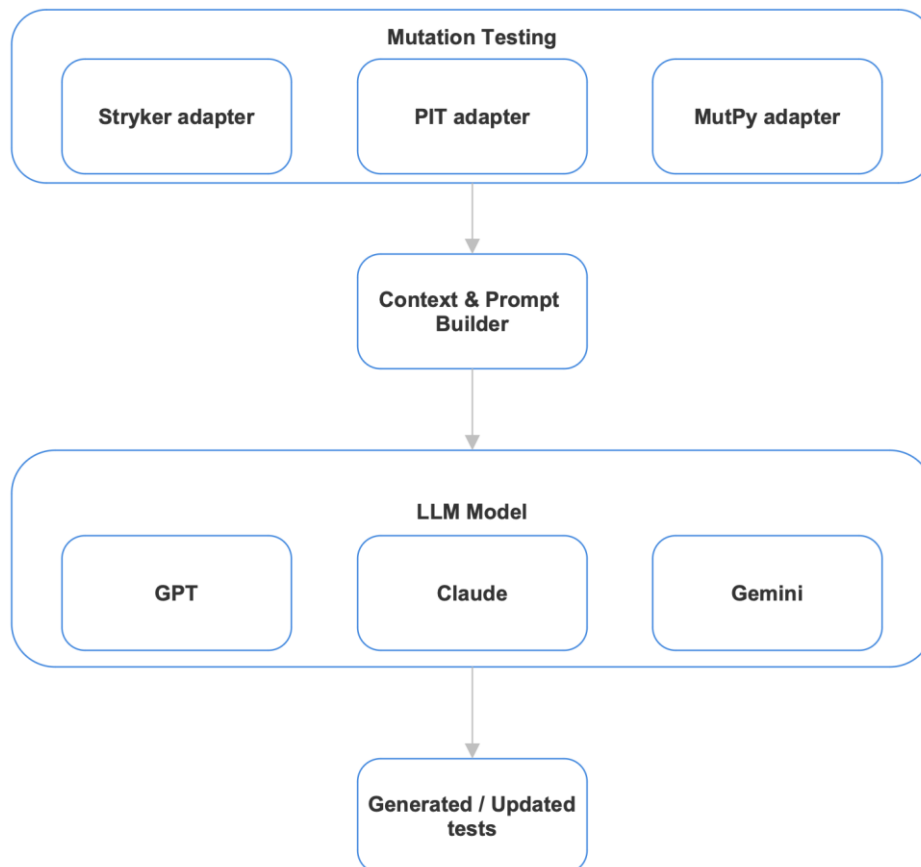


Рис. 1 Автоматизована система генерації модульних тестів.

Такий підхід забезпечує можливість використовувати різні фреймворки мутаційного тестування та LLM моделі з мінімальними змінами до решти складових системи.

Література

1. Kovtko, A., Savkiv, V., Kozbur, H., Kozbur, I., Trembach, R. Integration of mutation testing into unit test generation using large language models. *Proceedings of the CITI 2025: 4th International Conference on Computational Intelligence and Information Technology*, 2025.
2. Ковтко А.М. Автоматизована системи генерації модульних тестів на основі штучного інтелекту та мутаційного тестування / А.М. Ковтко, В.Б. Савків, І.Р. Козбур // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. 2024. С. 417–418. – (Комп’ютерно-інформаційні технології та системи зв’язку).

3. Tempero E., Blincoe K., Lottridge D. An Experiment on the Effects of Modularity on Code Modification and Understanding. *Proceedings of the 25th Australasian Computing Education Conference (ACE '23)*. 2023. P. 1–10. – ACM.

УДК 004.9

К. А. Кокурін

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРА SDS011 ТА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ СПОВІЩЕНЬ

К. А. Kokurin;

DEVELOPMENT OF AN AIR QUALITY MONITORING SYSTEM USING THE SDS011 SENSOR AND A TELEGRAM BOT FOR NOTIFICATIONS

У сучасних умовах зростання рівня урбанізації, інтенсивного розвитку промисловості та транспорту проблема контролю якості атмосферного повітря набуває особливої актуальності. Підвищені концентрації твердих частинок (PM2.5, PM10) негативно впливають на здоров'я населення, сприяють загостренню хронічних захворювань дихальної та серцево-судинної систем і погіршують загальний екологічний стан довкілля. Традиційні стаціонарні пости спостереження є дорогими в інсталяції та обслуговуванні, що обмежує їхню кількість та просторове покриття, особливо у невеликих населених пунктах та локальних зонах забруднення. Це зумовлює необхідність створення доступних, гнучких і масштабованих систем моніторингу на основі недорогих сенсорів.

Метою роботи є розробка мікросервісної системи моніторингу якості повітря з використанням сенсора SDS011 та інтегрованого Telegram-бота для оперативного інформування користувачів про рівень забруднення атмосферного повітря.

Запропоновано програмно-апаратну архітектуру розподіленої системи моніторингу, що базується на застосуванні сенсора твердих частинок SDS011 у поєднанні з обчислювальним модулем (Raspberry Pi), серверною частиною та сервісами доставки повідомлень. Збір даних здійснюється на низовому рівні через послідовний інтерфейс взаємодії із сенсором, після чого виміряні значення концентрацій PM2.5 та PM10 передаються до серверних мікросервісів для зберігання, попередньої фільтрації та аналітичного опрацювання.

Серверна частина реалізована у вигляді набору мікросервісів, які відповідають за приймання телеметрії, збереження даних у базі даних, формування агрегованих показників і виявлення фактів перевищення порогових значень. Використання мікросервісної архітектури забезпечує можливість масштабування системи, спрощує модифікацію окремих компонентів та інтеграцію нових джерел даних або аналітичних модулів без істотної зміни загальної структури.

Особливу увагу приділено розробці Telegram-бота, який забезпечує користувачам зручний доступ до актуальної інформації про якість повітря. Бот реалізує функції отримання поточних значень показників, перегляду останніх вимірювань, а також надсилання автоматичних сповіщень у випадку перевищення заданих порогів. Це підвищує оперативність прийняття рішень користувачами, сприяє формуванню екологічної обізнаності та залученню громадськості до контролю стану довкілля.

Наукова новизна роботи полягає в поєднанні недорогого сенсора SDS011 із мікросервісною архітектурою та засобами Telegram для створення доступної, адаптивної та розширюваної системи моніторингу якості повітря. Запропонований підхід дозволяє масштабувати систему як у напрямі збільшення кількості вузлів вимірювання, так і шляхом розширення функціональності аналітичної обробки даних і механізмів сповіщення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні прототипу системи, який може бути використаний як основа для розгортання локальних або муніципальних систем моніторингу якості повітря, а також у навчальному процесі для демонстрації принципів функціонування розподілених екологічних інформаційних систем та технологій Інтернету речей.

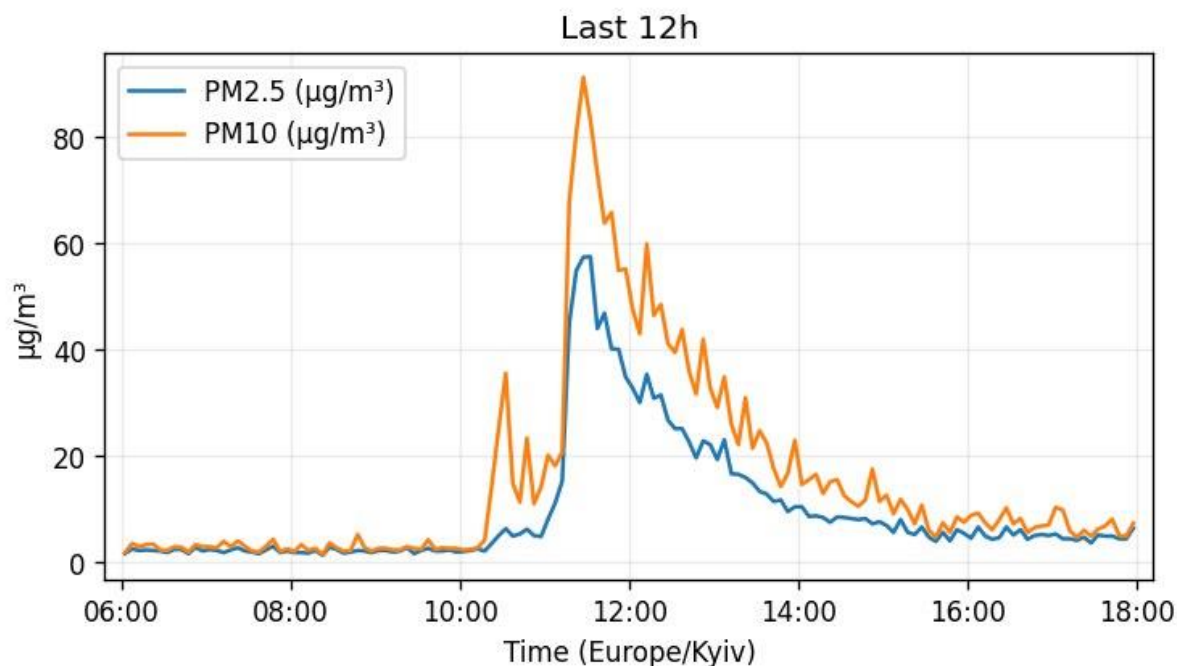


Рисунок 1. Графік змін показників PM2.5 та PM10

Література

1. World Health Organization, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization.
2. Lu F., Xu D., Cheng Y., Dong S., Guo C., Jiang X., Zheng X., 2015. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population. *Environmental Research*. Vol. 136. P. 196–204. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.06.029>
3. Oh J., et al., 2025. A systematic review and meta-analysis on long-term exposure to PM2.5 and PM10 and mortality. *Journal of Korean Medical Science*. Vol. 40, e156. URL: <https://doi.org/10.3346/jkms.2025.40.e156>
4. Jayaratne R., Liu X., Ahn K.-H., Asumadu-Sakyi A., Fisher G., Gao J., Mabon A., Mazaheri M., Mullins B., Nyaku M., Ristovski Z., Scorgie Y., Thai P., Dunbabin M., Morawska L., 2020. Low-cost PM2.5 sensors: an assessment of their suitability for various applications. *Aerosol and Air Quality Research*. Vol. 20. P. 520–532. URL: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.10.0390>

5. Nothhelfer M., Todea A. M., et al., 2025. Performance evaluation of five different low-cost particulate matter sensors for monodisperse test aerosols. Aerosol and Air Quality Research. Vol. 25(5). Article ID 17. <https://doi.org/10.1007/s44408-025-00019-9>

6. Velasco R. P., et al., 2022. Update of the WHO global air quality guidelines: a review of evidence and global policy implications. Environment International. Vol. 158. Article 106905. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106905>

7. Kang Y., et al., 2022. Performance evaluation of low-cost air quality sensors: a review. Science of the Total Environment. Vol. 806. Article 150872. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150872>

УДК 681.5

М.А. Конотопський, здобувач вищої освіти

Ю.З. Лещишин, канд. техн. наук, доц

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ ТЕПЛОПОСТАЧАЛЬНОГО ПУНКТУ

Konotopskiy M. A., higher education applicant

Leshchyshyn Y.Z. PhD., Associate Prof.

METHODS AND SOFTWARE-HARDWARE MEANS OF COMPUTERIZED POWER CONTROL OF A HEATING SUPPLY POINT

Для заощадження енергії в житлових будинках необхідно змінювати застарілі підходи до опалення. Більшість існуючих теплових пунктів працюють за простим принципом перемикачів станів, що не дозволяє підтримувати стабільну температуру. Це призводить до температурного дискомфорту в приміщеннях та марної витрати палива. Вирішити цю проблему можна шляхом заміни старих механізмів на сучасні комп'ютерні системи, здатні плавно регулювати нагрів та адаптуватися до змін погоди.

Ефективне керування інерційним котлом вимагає застосування вдосконаленого пропорційно-інтегрального методу, оскільки звичайні регулятори не здатні точно втримати задану температуру без залишкового відхилення. Цей алгоритм автоматично накопичує дані про похибку регулювання і поступово коригує потужність нагріву до повного досягнення цільового показника без необхідності постійного нагляду людини.

Система працюватиме на двох рівнях, щоб максимально економити ресурси. Ключовим елементом системи є верхній рівень керування, який визначає оптимальну температуру води в трубах на основі спеціальної математичної моделі, відомої як крива опалення. Ця модель дозволяє розрахувати необхідну температуру подачі теплоносія для компенсації тепловтрат будівлі за поточної погоди. Розрахунок виконується за формулою:

$$T_{set} = T_{room} + S \cdot (T_{room} - T_{out}) + O$$

де T_{set} це розрахункова температура подачі, T_{room} це бажана температура в приміщенні, T_{out} це температура зовнішнього повітря, отримана через API, S це коефіцієнт нахилу кривої, що характеризує теплоізоляцію будівлі, а O це коефіцієнт паралельного зміщення для точного калібрування. Такий підхід дозволяє системі діяти

на випередження, реагуючи на прогноз погоди ще до того, як зміниться температура всередині будівлі [1].

Нижній рівень системи безпосередньо керує нагрівачем, виконуючи команди верхнього рівня. Головним елементом тут виступає мікроконтролер ESP32. Його обрано тому, що він має вбудований Wi-Fi для зв'язку з інтернетом і достатню потужність, щоб одночасно завантажувати погоду та керувати котлом. Для вимірювання температури використовуються цифрові датчики DS18B20. Вони надійні та передають точні дані навіть через довгі дроти, що зручно для монтажу в котельні [2]. Програма керування спроектована так, щоб усі процеси відбувалися паралельно і не заважали один одному.

Дослідження підтвердило, що поєднання пропорційно-інтегрального алгоритму регулювання з проактивною математичною моделлю погодозалежної компенсації забезпечує високу точність стабілізації температури теплоносія в інерційних системах, усуваючи статичні похибки та підвищуючи загальну енергоефективність порівняно з традиційними бінарними методами керування. Надалі систему можна вдосконалити, навчивши її автоматично підлаштовуватись під реальну температуру в кімнатах та використовувати розумні алгоритми, щоб контролер самостійно вивчав, як швидко конкретний будинок нагрівається та остигає.

Література:

1. How to set the heating curve URL: <https://www.viessmann.com.au/en/knowledge/tips-and-tutorials/set-heating-curve.html> (дата звернення: 12.11.2025).
2. ESP32 HTTP GET with OpenWeatherMap API URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-http-get-open-weather-map-thingspeak-arduino/> (дата звернення: 12.11.2025).

УДК 004.932.2

В.О. Кравчик, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

Науковий керівник: Осухівська Г.М., кандидат технічних наук, доцент

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ВІДЕОНАГЛЯДУ

V.O. Kravchyk, the third (educational and scientific) level of higher education applicant

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

G.M. Osukhivska. Ph.D., Assoc. Prof.

METHODS AND MEANS OF DETECTING ROAD TRAFFIC ACCIDENTS USING COMPUTERISED VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

У сучасних містах камери відеоспостереження є важливою складовою систем контролю дорожнього руху, проте здебільшого вони лише фіксують відео без можливості автоматичного аналізу подій. За таких умов оперативне виявлення дорожньо-транспортних пригод покладається на людський фактор, що може призводити до затримок реагування та зменшення ефективності роботи відповідних служб. Тому виникає потреба у створенні інтелектуальних підходів, здатних автоматично розпізнавати ознаки ДТП за допомогою технологій комп'ютерного зору.

Основною метою роботи є дослідження сучасних методів машинного зору та розроблення алгоритмічного рішення, яке дозволяє визначати факт дорожньо-

транспортної пригоди у відеопотоці, що надходить від комп'ютеризованих систем відеонагляду.

У межах дослідження проаналізовано актуальні підходи до обробки відеоданих, зокрема моделі глибинного навчання, такі як YOLO та інші представники сімейства згорткових нейронних мереж. Розглянуто ключові характеристики, за якими можна виявити потенційну аварію: нестандартні зміни траєкторій руху транспортних засобів, раптове гальмування, зіткнення об'єктів або поява фрагментів ушкоджень на дорозі.

На основі аналізу сформовано архітектуру системи, що включає модуль виявлення транспортних засобів, блок аналізу поведінкових аномалій та механізм сповіщення про підозрілу подію. Для забезпечення роботи в режимі реального часу застосовано оптимізовані моделі нейронних мереж та методи попередньої обробки кадрів, що підвищують продуктивність системи.

Перевірку працездатності розробленого підходу здійснено на реальних відеофрагментах дорожніх камер, де присутні як звичайні ситуації, так і сцени з аваріями. Під час експериментів встановлено, що комбінація згорткових нейронних мереж з аналізом траєкторій руху забезпечує високу точність автоматичного визначення більшості типів ДТП.

Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції методів комп'ютерного зору в системи відеоспостереження, а запропонований підхід може слугувати основою для вдосконалення інфраструктури моніторингу дорожнього руху та підвищення рівня безпеки на транспортних магістралях.

УДК 658.62:664

В.В. Левицький, канд. техн. наук, доцент, А. Г. Микитишин, канд. техн. наук, доцент, А.Ю. Гураль, А.В. Михайлюк
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ СИРІВ

V.V. Levytskyi, Ph.D., Assoc. Prof., A.G. Mykytyshyn, Ph.D., Assoc. Prof., A.Yu. Gural, A.V. Mykhailiuk

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FERMENTED CHEESE PRODUCTION

Технологічний процес виготовлення дитячих сирків включає низку взаємозалежних етапів: приймання молока, очищення, нормалізація, пастеризація, введення заквасочних культур, термостатне зсідання, видалення сироватки, механічне оброблення сирного згустку, додавання наповнювачів, гомогенізація, фасування та охолодження.

Для забезпечення стабільної якості та безпечності продукції визначено критичні контрольні точки:

- температура пастеризації: 85–92 °C;
- час витримки пастеризації: 20–30 с;
- рН на стадії зсідання: 4,6–4,7;
- швидкість перемішування під час гомогенізації: 800–1400 об/хв;
- температура охолодження перед фасуванням: 4–6 °C.

Ідентифіковано ділянки з високими вимогами до точності керування: пастеризатор, термостатна ванна, сепаратор-нормалізатор, гомогенізаційний модуль. Саме вони формують основу для побудови автоматизованих контурів регулювання.

Архітектура АСКТП сформована за модульним принципом та включає такі апаратні компоненти:

1. ПЛК середнього рівня (Siemens S7-1200 або аналог), що підтримує цифрові та аналогові входи/виходи, зв'язок по Modbus TCP та можливість інтеграції зі SCADA.
2. Датчики температури (Pt100, термопари типу ТХК) з точністю $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ для зони пастеризації.
3. Електродні або ISFET-датчики рН, стійкі до молочної середовища, з автоматичною температурною компенсацією.
4. Частотні перетворювачі для керування насосами і мішалками, що дає можливість регулювати витрати і швидкість перемішування з похибкою не більше ніж $\pm 2\%$.
5. Витратоміри (електромагнітні) для контролю подачі молока та дозування компонентів.
6. Система SCADA (WinCC, Ignition, TRACE MODE), що забезпечує візуалізацію технологічних параметрів, архівування, формування звітів і передачу даних на рівень MES.

На рівні SCADA передбачено модулі журналювання, діагностики відмов, керування рецептами та відображення трендів критичних параметрів.

Розроблена структурна схема АСКТП містить три логічні рівні:

1. Нижній рівень (польові пристрої). Включає датчики температури й рН, виконавчі механізми (клапани, насосні агрегати, мішалки), частотні перетворювачі та локальні контролери. Уся інформація передається до ПЛК через аналогові входи або цифрові інтерфейси.

2. Середній рівень (ПЛК), що реалізує контури регулювання:

- PID-регулятор температури пастеризації з компенсацією інерційності теплообмінника.
- Алгоритм керування термостатним зсіданням, що автоматично коригує тривалість процесу відповідно до зміни рН.
- Регулювання швидкості перемішування у процесі гомогенізації через частотний привід.
- Логічний алгоритм керування етапами технологічного циклу: послідовне вмикання насосів, перемикання клапанів, блокування нештатних станів (перегрів, відсутність продукту, перевищення тиску).

Передбачена можливість дистанційної зміни рецептури (температурних кривих, швидкостей та часових параметрів).

3. Верхній рівень (SCADA), що забезпечує:

- візуалізацію стану всіх технологічних вузлів;
- архівування температурних та рН-показників з дискретністю 1–2 с;
- побудову звітів для системи НАССР;
- можливість ручного або напівавтоматичного керування режимами.

Для аналізу роботи контурів регулювання виконано моделювання у середовищі MATLAB/Simulink. Модель включає:

- теплову підсистему пастеризатора як об'єкт 2-го порядку з нелінійністю теплообміну;
- модель динаміки рН-зміни під час ферментації з урахуванням кінетики молочнокислих бактерій;
- модель приводу мішалки з урахуванням моменту навантаження.

- Результати моделювання показали:
- час встановлення температури пастеризації: 18–25 с, перерегулювання < 4 %;
- стабілізацію рН у визначеному діапазоні з відхиленням не більше $\pm 0,02$;
- зниження енергоспоживання насосів на 7–12% при використанні частотних перетворювачів.

Таким чином, розроблена автоматизована система керування технологічним процесом виготовлення дитячих сирків забезпечує комплексний контроль критичних технологічних параметрів, підтримує стабільність якості продукції та підвищує ефективність роботи виробничої лінії. Запропонована архітектура може бути адаптована для інших молочних продуктів та інтегрована в загальнозаводську систему управління виробництвом (MES/ERP). Подальші дослідження передбачають застосування алгоритмів предиктивного керування (MPC) та машинного навчання для прогнозування зміни рН і оптимізації рецептурних режимів.

Література

5. Patil, M., Riyaj, S. A., Shahabuddin, S. S., & Kanifnath, W. H. (2025). PLC and SCADA Design of Dairy Industry. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 10(10), 816–820.

6. Shraga, R., Katz, G., Badian, Y., Calderon, N., & Gal, A. (2022). From Limited Annotated Raw Material Data to Quality Production Data: A Case Study in the Milk Industry. *arXiv*.

7. Keskin, E., & Yildirim, İ. O. (2025). Cultivating Precision: Comparative Analysis of Sensor-Based Yogurt Fermentation Monitoring Techniques. *arXiv*.

8. Тузова, Д. К. (2023). Автоматизація процесу виготовлення сухого молока для сиру. *Центральноукраїнський нац. техн. ун-т*.

УДК 004.4

Р.В. Лесик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ВЕБТРЕНАЖЕРІ ПАМ'ЯТІ

R.V. Lesyk

RESEARCH ON ADAPTIVE ALGORITHMS FOR COGNITIVE LOAD REGULATION IN A WEB MEMORY TRAINER

Адаптивні математичні моделі та алгоритми регулювання когнітивного навантаження у вебтренажерах пам'яті є актуальною задачею сучасних технологій, пов'язаною з розробкою інтелектуальних систем навчання та цифрових платформ для персоналізованого розвитку когнітивних здібностей. Вони забезпечують динамічне підлаштування складності завдань відповідно до індивідуальної продуктивності користувача, підвищуючи ефективність тренування короткочасної та робочої пам'яті. Використання таких алгоритмів у вебсередовищі дозволяє реалізувати моніторинг показників продуктивності, автоматичну корекцію рівня складності завдань та аналіз динаміки навантаження у реальному часі. У межах цієї роботи планується дослідження методів побудови адаптивних алгоритмів, оцінка їх ефективності у вебтренажері та визначення перспектив подальшого розвитку інтелектуальних навчальних систем [1].

Для реалізації адаптивного регулювання складності завдань у вебтренажері пам'яті використовуватимуться математичні моделі, що оцінюють ймовірність правильної відповіді та динаміку попередніх результатів користувача.

Такий підхід дозволяє підвищити ефективність навчання, а також створює платформу для подальшого впровадження методів штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування продуктивності користувачів і оптимізації структури тренувальних сесій [2]. Це дозволяє не лише прогнозувати можливі помилки, а й ефективно кодувати інформацію про завдання та їх складність для швидкого доступу алгоритму. Враховуючи потребу в оптимальному представленні частотних характеристик завдань та ефективному зберіганні інформації, подальше дослідження може бути пов'язане з використанням алгоритму Хаффмана для кодування та управління структурою завдань у вебтренажері.

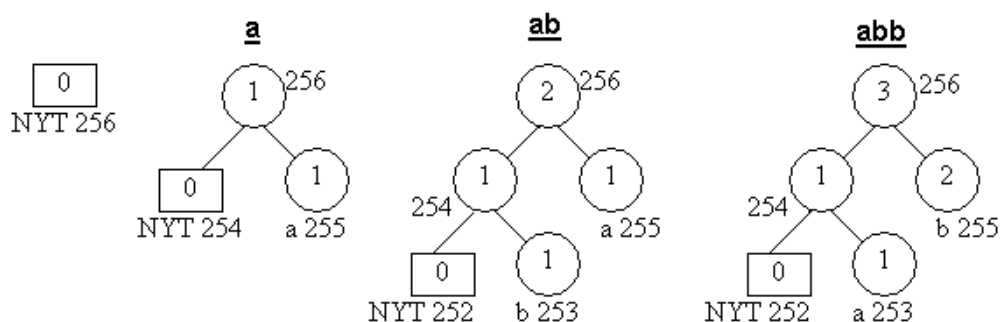


Рисунок 1. Адаптивний алгоритм Хаффмана

Алгоритми враховують час реакції, точність відповідей та частоту помилок, що дозволяє коригувати рівень складності завдань у реальному часі. Основою моделі є поєднання евристичних методів та адаптивних правил, які забезпечують баланс між оптимізацією когнітивного навантаження та персоналізацією тренувального процесу [3].

Реалізація адаптивного алгоритму у вебтренажері передбачає багаторівневу структуру програмного забезпечення, що включає модулі обробки результатів користувача, генерації завдань та корекції рівня складності. Дані про виконання завдань зберігаються у структурованому вигляді, що дозволяє швидко отримувати статистику для подальшого аналізу та прийняття рішень алгоритмом. Використання алгоритму Хаффмана дозволяє оптимально кодувати інформацію про частотні характеристики завдань, забезпечуючи економне зберігання та швидкий доступ до даних під час динамічної зміни складності. Така архітектура відкриває можливість інтеграції сучасних вебтехнологій та графічних бібліотек для створення інтерактивного та візуально адаптивного середовища, де алгоритм може в реальному часі регулювати складність завдань залежно від продуктивності користувача [4].

Алгоритм керує структурою завдань, їх частотою та складністю на основі показників продуктивності користувача, тоді як інтерфейс забезпечує реальне відображення цих змін у режимі реального часу. Така інтеграція дозволяє не лише ефективно кодувати та зберігати інформацію, а й створювати персоналізовані тренувальні сесії, де складність підлаштовується під індивідуальні здібності користувача, підвищуючи ефективність навчання та мотивацію до тренування.

У межах дослідження актуальних задач сучасних технологій для адаптивного алгоритму вебтренажера пам'яті особлива увага має приділятися аналізу його впливу на продуктивність користувачів та ефективність навчального процесу. Оцінка

ефективності адаптивного алгоритму у вебтренажері пам'яті проводиться шляхом аналізу показників продуктивності користувачів, таких як точність відповідей, швидкість реакції та динаміка прогресу протягом тренувальних сесій. Використання структурованих даних та частотних характеристик завдань дозволяє порівнювати адаптивний підхід із традиційним статичним розподілом завдань, визначаючи переваги персоналізованої регуляції складності. Експериментальна оцінка показала, що інтеграція адаптивних моделей та алгоритму Хаффмана забезпечує більш рівномірний розподіл когнітивного навантаження та підвищує ефективність тренування пам'яті. Отримані результати демонструють перспективність впровадження таких алгоритмів у сучасні інтелектуальні навчальні системи, а також можливість подальшої оптимізації та масштабування для широкого кола користувачів.

Література

1. Алгоритми та структура даних URL: <https://dou.ua/lenta/articles/what-you-should-know-about-algorithms/>. Доступ до ресурсу: 30.11.2025
2. Pedro Domingos. The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World / Pedro Domingos.
3. Дослідження оптимального коду Хоффмана URL: <https://naurok.com.ua/metodichni-vkazivki-schodo-vikonannya-praktichno-roboti-doslidzhennya-optimalnogo-kodu-haffmana-359165.html> /(дата зверення: 30.11.2025)
4. Жихарський П.О. Дослідження методів та алгоритмів компресії (Кваліфікаційна робота. Харківський національний університет радіоелектроніки) С.56 URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/b10b5b95-3a99-4d57-a3fd-6097208477c5/content>

УДК 004.92:004.8:004.738.5

Т.А. Липак

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ З МОБІЛЬНОЮ ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНОСТЮ В ІОТ

Т.А. Lypak

DESIGN PRINCIPLES FOR MULTIMODAL INTERFACES WITH MAR IN IOT

Все частіше в сучасних системах IoT застосовуються технології мобільної доповненої реальності (MAR) [1]. Це розширює способи взаємодії користувача із системою, дозволяє в реальному часі інтуїтивно подати складну, часто багатопланову, інформацію про контекст взаємодії, роблячи шлях досягнення поставленої цілі зрозумілішими для користувача. Системи IoT стають все складнішими, а інтерфейси користувача (UI) часто виявляються перенавантаженими та нелогічними у спробах адаптуватись під нові можливості, тому традиційні підходи до дизайну не справляються із зростаючою кількістю інформації [2]. Потреба взаємодії користувача складних систем з великою кількістю датчиків, сервісів та інших засобів зумовлює необхідність формування принципів дизайну, які забезпечать позитивний досвід користувача (UX).

Дослідники [3] поділяють принципи дизайну для складних смартсистем на 7 загальних категорій: контекстна обізнаність, подання та абстрагування даних, мультимодальна взаємодія, юзабіліті та навчання, персоналізація та залучення,

масштабованість та адаптивність, прозорість і приватність. Основна ідея полягає у врахуванні контексту користувача: місця, часу, середовища, стану користувача. Елементи AR повинні бути правильно розташовані та прив'язані до реального фізичного об'єкта; надлишкова інформація обмежена або прихована, коли взаємодія із нею не передбачена; взаємодія із доповненими об'єктами має використовувати декілька можливих способів залежно від ситуації та контексту; досвід має бути передбачуваним, і що важливо, інтуїтивно зрозумілим; інтерфейс має бути незалежним та працювати коректно в умовах недоступності частини IoT даних, адаптуватись до змінних умов і давати користувачу можливість контролю над автоматизованими процесами. Окремо виділяють принципи прозорості, приватності та довіри. Користувач має розуміти, що саме роблять IoT-пристрої, для чого і які дані збирають так як їх обробляють.

Інтерфейси користувача виходять за межі 2D простору, зміна контексту взаємодії із користувачем робить використання загальноприйнятих принципів проектування вкрай важливими для послідовного, зрозумілого та ефективного використання інтерфейсу.

Література

1. Oviatt S., Cohen P. R. Definition and Types of Multimodal Interface // The Paradigm Shift to Multimodality in Contemporary Computer Interfaces. Cham: Springer International Publishing, 2015. DOI: 10.1007/978-3-031-02213-5_1.
2. Nishchik A., Sanderson N. C., Chen W. Elderly-centered Usability Heuristics for Augmented Reality Design and Development // Universal Access in the Information Society. 2025. Vol. 24. P. 621–641. DOI 10.1007/s10209-023-01084-w.
3. Kim J. C., Mitra K., Saguna S., Åhlund C., Laine T.H. DesignWise: Design principles for multimodal interfaces with augmented reality in Internet of Things-enabled smart regions // *International Journal of Human-Computer Studies*. 2025. Vol. 207. Article ID 103663. DOI:10.1016/j.ijhcs.2025.103663.

УДК 004.8

В.Г. Лісовий – студент гр. САМ-61

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРА ТРАНСФОРМЕРА ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

V. Lisovyi st.group SAm-61

TRANSFORMER ARCHITECTURE FOR MULTIDIMENSIONAL TIME SERIES CLASSIFICATION

Для вирішення задачі класифікації багатовимірних часових рядів розроблено архітектуру моделі трансформера, що дозволяє враховувати як взаємозв'язки між локальними областями серед вимірів, так і взаємозв'язки між підпоследовностями вздовж кожного виміру. Як основа взята архітектура двобаштової моделі [1], яка може обробляти різну природу даних. Розроблена архітектура показано на рис. 1.

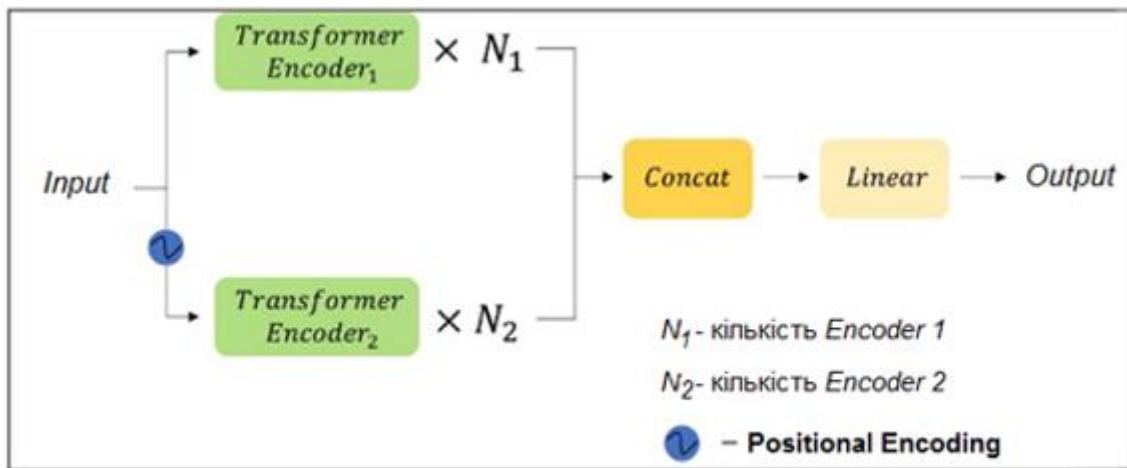


Рисунок 1 – Архітектура моделі, що розробляється

Вхідні дані надходять у два різних кодувальники, котрі називаються Encoder 1 і Encoder 2 відповідно, додаючи у другому випадку позиційний вектор. Далі дані проходять через N шарів кодувальників, що об'єднуються, проходять через лінійний шар і формується цільовий результат.

Як вхідні дані використовуються багатовимірні часові ряди, розділені на підпоследовності однакової розмірності (патчі). При проходженні даних через розроблену модель формується набір ймовірностей, що дозволяє визначити клас найбільшої ймовірності.

Як кодувальники використовуються оригінальні шари трансформер моделі, представленої в роботі [2]. Дані шари перетворюють вхідну послідовність у внутрішнє представлення, що містить інформацію про семантику та структуру вихідних даних. Він складається з декількох блоків, кожен з яких містить безліч шарів самоуваги (self-attention) і шарів прямого (feed-forward). Перші шари допомагають моделі фокусуватися на різних частинах вхідних даних, а другі шари забезпечують нелінійні перетворення, покращуючи здатність моделі до вивчення складних залежностей даних. Кількість кожного кодувальника може змінюватись і є гіперпараметром моделі. Завданням Encoder 1 є пошук закономірностей між патчами серед вимірів. А завданням Encoder 2 є пошук закономірностей між патчами вздовж кожного часового ряду. Пошук взаємозв'язків кодувальниками показано на рис. 2.

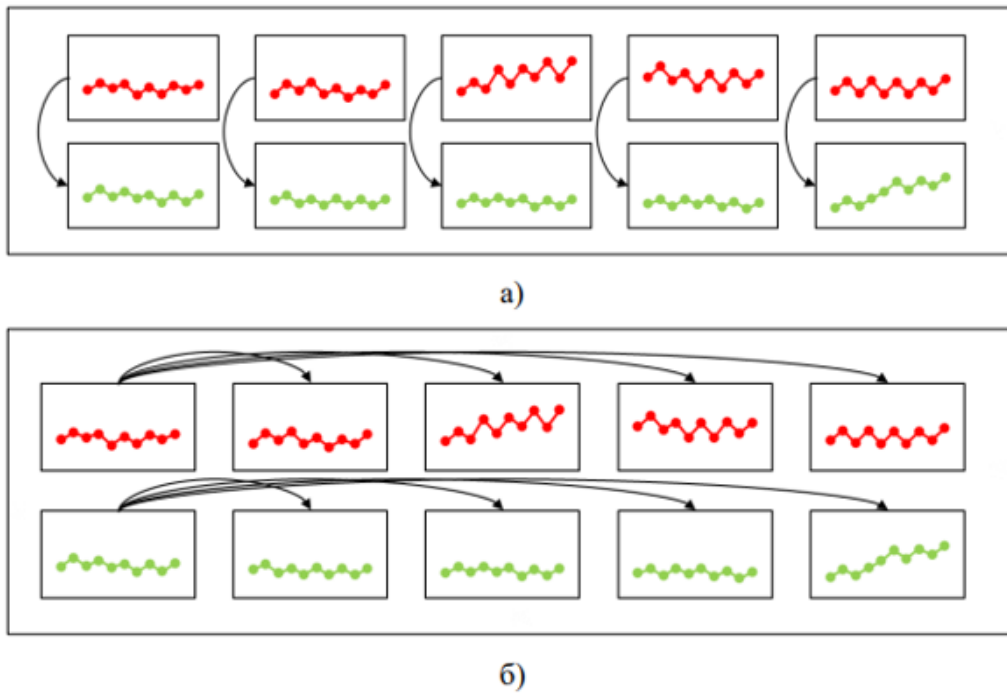


Рисунок 2 – Пошук закономірностей: а) Encoder 1; б) Encoder2

Основна ідея даної архітектури полягає у пошуку закономірностей між вимірами, що дозволяє досягти Encoder 1. Оскільки кодувальники не враховують упорядкованість послідовностей, прийнято додавати позиційний вектор до даних. Але оскільки серед вимірів немає порядку, цей вектор додається тільки до даних, які проходять через Encoder 2.

Як стратегія позиціонування використовується оригінальний метод з роботи [2], який полягає у використанні тригонометричних функцій для отримання позиційного вектора. Позиційне кодування дозволяє враховувати абсолютні та відносні позиції патчів вздовж кожного виміру.

Для оцінки розробленої архітектури завдання класифікації багатовимірних часових рядів було встановлено критерії відбору даних. Вибрані дані повинні представляти різні сфери та мати різноманітну природу. Крім того, вони повинні мати різні розміри вхідних і вихідних даних, а також бути актуальними, зведеними до однієї довжини і попередньо очищеними від шумів і аномалій.

Література

1. Su L. et al. Beyond Two-Tower Matching: Learning Sparse Retrievable CrossInteractions for Recommendation //Proceedings of the 46th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. 2023. pp. 548-557.
2. Vaswani, A., et al. Attention Is All You Need. Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, Long Beach, 4-9 December 2017, pp. 6000-6010

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИХ ХМАРНИХ АРХІТЕКТУР ДЛЯ СТІЙКОСТІ ЦИФРОВИХ СЕРВІСІВ ГРОМАДСЬКОЇ ВЗАЄМОДІЇ

M. V. Lisovyi, H. I. Lypak, Ph.D, Assoc. Prof.

DESIGNING ELASTIC CLOUD ARCHITECTURES FOR RESILIENCE DIGITAL PUBLIC INTERACTION SERVICES

Цифрові сервіси громадської взаємодії (Civic Tech), такі як системи електронних петицій чи громадські бюджети, стають ключовим інструментом сучасної демократії. Однак їхня ефективність наряду залежить від продуктивності та стабільності платформи, що, в свою чергу, формує довіру громадян до е-урядування [1].

Ключовою проблемою таких систем є непередбачуваний, «вірусний» характер навантаження. Платформа може місяцями працювати з низьким трафіком, але в момент резонансної події отримати експоненціальне зростання запитів. Традиційні монолітні архітектури демонструють низьку ефективність у таких умовах. Вони вразливі до «єдиної точки відмови» (SPOF), де збій одного модуля призводить до відмови всієї системи, а масштабування вимагає дороговартісного клонування всього додатку [2].

Як оптимальне рішення пропонується мікросервісна архітектура, розгорнута у хмарному (Cloud-Native) середовищі. Такий підхід дозволяє вирішити дві фундаментальні проблеми. По-перше, він забезпечує гранулярне масштабування: хмарні оркестратори, зокрема Kubernetes, дозволяють автоматично масштабувати лише ті сервіси, що зазнають пікового навантаження, не витрачаючи ресурси на решту системи [3]. По-друге, досягається висока відмовостійкість через ізоляцію збоїв. Збій некритичного сервісу не вплине на ядро системи, забезпечуючи «поступову деградацію» (graceful degradation) функціоналу замість повного колапсу [4].

Технологічна спроможність урядових платформ підтримувати відкритість, надійність і своєчасність обробки запитів є ключовим чинником підвищення довіри до цифрового урядування [5]. Архітектурна трансформація від монолітів до хмарних мікросервісів є не лише технічним, але й соціально значущим кроком, що забезпечує стійкість інфраструктури та зміцнює легітимність демократичних процесів у цифрову епоху.

Література

1. Janssen, M., & van der Voort, H. (2016). Adaptive governance: Towards a stable, accountable and responsive government. *Government Information Quarterly*, 33(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.02.003>
2. Newman, S. (2021). *Building microservices: Designing fine-grained systems* (2nd ed.). O'Reilly Media.
3. Cloud Native Computing Foundation. (2023). CNCF annual survey 2023. Retrieved from <https://www.cncf.io/reports/cncf-annual-survey-2023/>
4. Richards, M., & Ford, N. (2020). *Fundamentals of software architecture: An engineering approach*. O'Reilly Media.
5. Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101385. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>

АРХІТЕКТУРА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ

А.М. Lutskiy PhD., Assoc. Prof., D.M. Havrada

ARCHITECTURE OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR MULTIMODAL BIOMETRIC PERSON IDENTIFICATION

Біометрична ідентифікація – це процес розпізнавання особи на основі її унікальних фізіологічних або поведінкових характеристик. Вона є одним із найперспективніших напрямів розвитку систем інформаційної безпеки комп'ютеризованих систем, оскільки дозволяє виконувати аутентифікацію без необхідності запам'ятовування паролів чи носіння фізичних носіїв.

В основі біометричної ідентифікації лежить принцип, за яким біометричний шаблон користувача формується з набору вимірюваних ознак, отриманих під час реєстрації, і згодом порівнюється з поточними вимірюваннями.

У роботі пропонується архітектура системи, яка будується за модульним принципом і охоплює як апаратні, так і програмні компоненти. Ці елементи взаємодіють між собою через локальні інтерфейси та внутрішні програмні API. Основною ідеєю є об'єднання двох незалежних каналів біометричної ідентифікації за обличчям і за голосом в єдину інтегровану платформу, яка забезпечує надійне підтвердження особи у режимі реального часу. Запропонована архітектура апаратно-програмного комплексу мультимодальної біометричної ідентифікації особи представлена на рис.1.

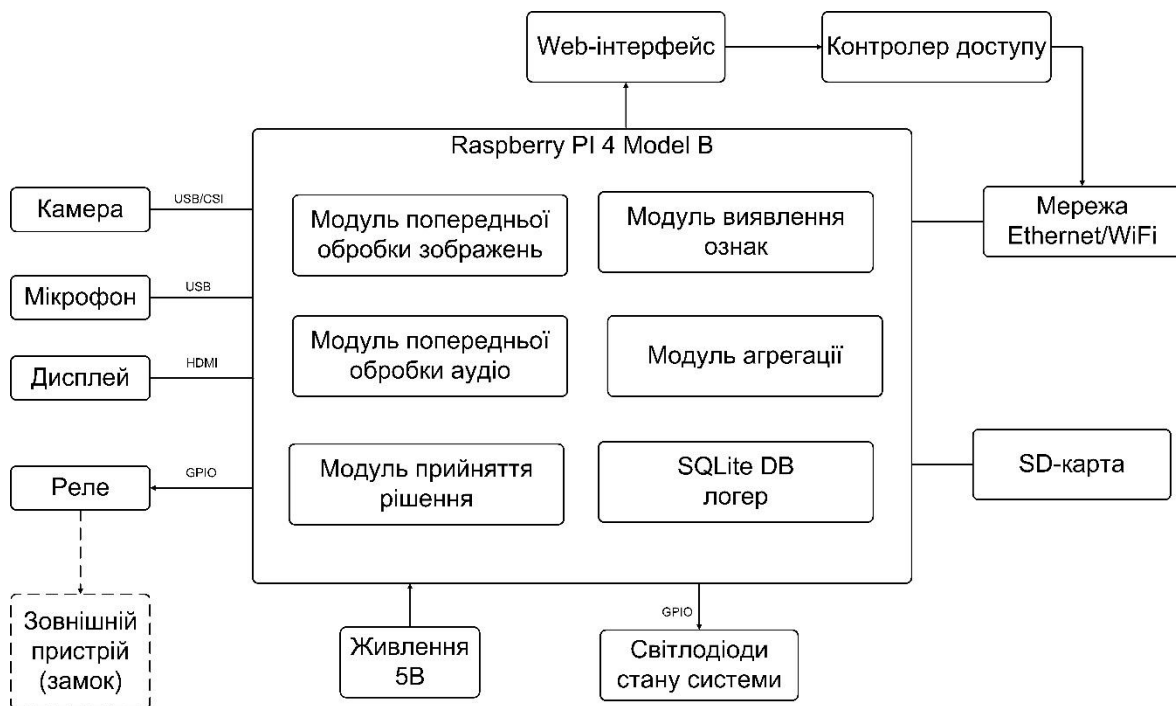


Рис.1. Архітектура апаратно-програмного комплексу біометричної ідентифікації

Як видно з рис.1, центральним елементом комплексу виступає одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4 Model B, який координує роботу всіх підсистем.

Базовий вузол системи розміщено на Raspberry Pi, що поєднує у собі достатню обчислювальну потужність, мале енергоспоживання та можливість роботи у бездисковому автономному режимі. До нього підключено USB-камеру, яка здійснює захоплення відео з обличчям користувача, та мікрофон, який формує звуковий потік для аналізу мовлення.

Для зворотного зв'язку може використовуватися невеликий дисплей або сенсорний екран, де відображаються результати ідентифікації та стан системи.

Через GPIO-порти Raspberry Pi керує реле або електронним замком, що забезпечує фізичну реакцію системи, яка включає:

- розблокування доступу;
- світлового сигналу за допомогою світлодіодів.

У конструкції передбачено модуль живлення з резервним акумулятором (UPS НАТ), який гарантує коректне завершення роботи навіть при раптовому відключенні електромережі. Це запобігає пошкодженню даних у локальній базі. Усі сигнали з керуючих портів проходять через оптоелектронні розв'язки, що підвищує електричну безпеку пристрою.

Програмне забезпечення системи складається з двох основних частин: backend-сервісу та веб-інтерфейсу користувача. Обидві частини функціонують на Raspberry Pi та не потребують підключення до зовнішнього сервера.

Backend реалізовано на Python із використанням фреймворку FastAPI. Цей компонент відповідає за взаємодію з периферійними пристроями, обробку даних, зберігання інформації та логіку прийняття рішень.

Для зберігання даних використовується локальна база SQLite, що не потребує додаткових служб і добре підходить для вбудованих систем. У базі даних передбачається створення таблиць користувачів, векторних описів облич та голосу, журналів подій і системних параметрів.

Модуль відеоідентифікації виконує захоплення кадрів з камери, корекцію зображення, нормалізацію яскравості та виявлення області обличчя. Далі активується нейромережева модель, навчена для екстракції ознак обличчя, яка формує компактне числове представлення користувача.

Аналогічно, модуль голосової ідентифікації аналізує аудіосигнал, фільтрує шум, виділяє мовні ділянки та обчислює спектральні характеристики. У результаті отримується вектор голосових ознак, який у подальшому порівнюється з тими зразками, які є в базі даних.

Одержані вектори ознак надходять до модуля агрегації, який поєднує інформацію від двох каналів і формує єдину оцінку достовірності. На основі цього результату система ухвалює рішення щодо автентичності користувача. У випадку позитивного результату формується команда на реле керування замком та запис у журнал подій.

Веб-інтерфейс адміністратора можна релізувати засобами HTML 5 та JavaScript із використанням шаблонів FastAPI. Через цей інтерфейс адміністратор може реєструвати нових користувачів, здійснювати первинне навчання системи, переглядати журнали, змінювати параметри роботи, а також тестувати камеру та мікрофон. Веб-інтерфейс працює у межах локальної мережі або через захищене з'єднання HTTPS, що дозволяє виконувати адміністрування без підключення до хмарних сервісів. Взаємодію між компонентами системи покладено на внутрішній API, що базується на обміні HTTP-запитами.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СЕМАНТИЧНОЇ ЯКОСТІ ТА ГАЛЮЦИНАЦІЙ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ LLM В MLOPS

Andriy Lutskiv PhD., Assoc. Prof., Serhii Andrunkiv

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MONITORING SEMANTIC QUALITY AND HALLUCINATIONS FOR LLM MODELS IN MLOPS

Однією із ключових проблем MLOps для великих мовних моделей є відсутність надійних засобів автоматизованого моніторингу семантичної якості відповідей. На відміну від класичних моделей машинного навчання, де моніторинг фокусується на дрифті даних та зміні точності, LLM схильні до так званих "галюцинацій", при яких генерується фактологічно неправдива інформація, а також семантичної деградації, при якій проявляється токсичність та втрата тональності. Така поведінка створює значні ризики при їхньому використанні у виробничому середовищі.

В основі роботи лежить система (див. рис. 1), інтегрована в MLOps-цикл, що призначена для безперервного моніторингу LLM в режимі реального часу. Архітектурно вона складається з таких взаємопов'язаних компонентів:

- асинхронний логгер, який перехоплює та кешує пари "запит-відповідь" безпосередньо з виробничого сервісу LLM, не впливаючи на затримку для кінцевого користувача;
- підсистема оцінки якості, що асинхронно обробляє збережені дані і складається з детектора галюцинацій для валідації фактологічної коректності відповідей, класифікатора семантичної якості для оцінки токсичності та аналізатора безпеки для виявлення зловмисних запитів;
- експортер метрик, який агрегує результати роботи евалюаторів у кількісні показники, такі як відсоток галюцинацій, середній бал токсичності, після чого експортує їх у часову базу даних.

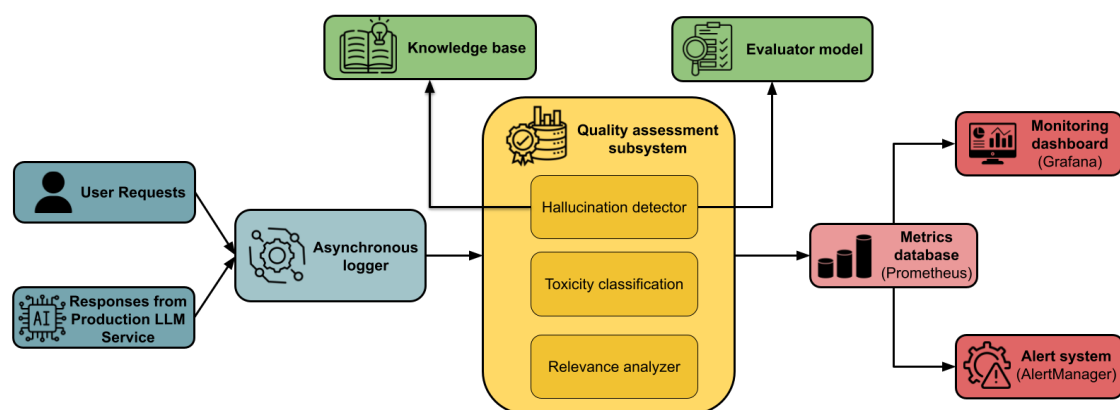


Рис. 1. Архітектурна схема системи моніторингу якості LLM

На основі зібраних даних формуються дашборди, що візуалізують тренди семантичної якості, безпеки та рівня галюцинацій. Система також інтегрована з механізмами сповіщень, які миттєво реагують на раптову деградацію поведінки моделі та виявляють проблеми до того, як вони вплинуть на користувачів.

DEVOPS-ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ CI/CD У РОЗПОДІЛЕНИХ ІОТ-СИСТЕМАХ

A.M. Lutskev PhD., Assoc. Prof., V.V. Komarnytskyi

DEVOPS APPROACH TO CI/CD AUTOMATION IN DISTRIBUTED IOT SYSTEMS

У сучасній комп'ютерній інженерії DevOps виступає основним підходом до інтеграції розроблення, тестування, розгортання та підтримки програмних систем. Його головна мета полягає у забезпеченні безперервного життєвий циклу програмного продукту з високим рівнем автоматизації та контролю якості. Для IoT-систем, які поєднують тисячі або навіть мільйони розподілених пристроїв, DevOps набуває особливого значення. Тут необхідно не лише підтримувати актуальність програмного забезпечення на різних вузлах, але й гарантувати стабільність роботи та безпеку оновлень у реальному часі. Класичний DevOps включає низку етапів, які утворюють циклічний процес CI/CD. Структуру цього процесу з використанням сучасних підходів проілюстровано на рис. 1.

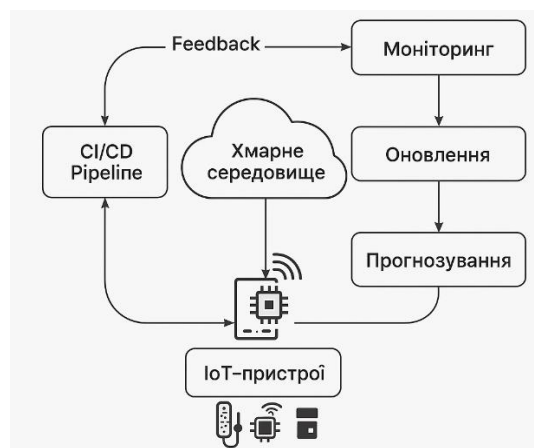


Рис. 1. Узагальнена схема DevOps-процесу для IoT-систем на основі сучасних підходів

Основними складовими DevOps-процесу є:

- Continuous Integration (CI) – безперервне об'єднання коду, перевірка сумісності нових змін і автоматичне тестування;
- Continuous Deployment (CD) – автоматизоване розгортання оновлень у робочому середовищі;
- Monitoring – постійне відстеження стану системи та пристроїв після оновлення;
- Feedback – зворотний зв'язок, який дозволяє швидко реагувати на помилки й удосконалювати систему.

Для традиційних веб- або серверних застосунків CI/CD-процес реалізується у хмарі або у локальному дата-центрі. В IoT-середовищі ситуація ускладнюється тим, що розгортання відбувається не на одному сервері, а на великій кількості фізичних пристроїв, часто з обмеженими ресурсами, низькою пропускну здатністю каналів зв'язку та нестабільною мережею.

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАСЦО:
ПІДХОДИ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ****Y.B. Maksymyak****INTELLIGENT HEALTH-MONITORING SYSTEMS FOR LACAS: APPROACHES,
CHALLENGES, AND DEVELOPMENT PROSPECTS**

Сучасні МАСЦО, інтегровані з системами цивільного захисту та протиповітряного оповіщення, працюють в умовах підвищених ризиків: тривалі відключення електроенергії, деградація радіоканалів, перевантаження мережевої інфраструктури, старіння акумуляторів та силового обладнання. Відмова одного вузла в момент надзвичайної ситуації може призвести до втрати часу на оповіщення населення, що робить задачу підвищення надійності й прогнозованості роботи МАСЦО критично важливою.

Світовий досвід використання ШІ для структурного та інфраструктурного моніторингу (structural health monitoring, SHM) показує ефективність ML-методів для раннього виявлення деградації й ушкоджень у мостах, будівлях, енергетичній та міській інфраструктурі [2, 3]. Для підвищення надійності під час НС доцільна гібридна архітектура: поєднання центральної аналітики з легкими edge-модулями, що здатні локально оцінювати базові індикатори здоров'я вузла навіть при частковій втраті зв'язку. Ефективність ШІ-моделей визначається насамперед якістю та репрезентативністю даних [1, 4]. Для МАСЦО потрібні різні типи телеметрії: енергетичні параметри, теплові параметри, мережеві параметри, службові журнали та події.

Основні проблеми з даними для навчання ШІ: різна частота опитування сенсорів та відсутність єдиної часової сітки, пропуски даних при збоях живлення або зв'язку, розсинхронізація часових міток між вузлами, неоднорідні формати та протоколи (SNMP, власні API, файли логів, модбус тощо), сильний дисбаланс класів: реальні відмови трапляються рідко, а більшість спостережень відповідає «нормі» [1]. У такій ситуації особливо важливими стають симулятори телеметрії (цифрові двійники вузлів МАСЦО), які дозволяють: відтворювати сценарії з рідкісними, але критичними подіями (відмова АКБ у розпал тривалого відключення мережі, незапуск підсилювача під час тривоги, деградація радіоканалу в окремому мікрорайоні), генерувати збалансовані датасети для навчання та валідації моделей, перевіряти стійкість алгоритмів до «брудних» даних (NaN, одиничні викиди, стрибки показників). Доцільно будувати конвеєр обробки даних (data pipeline), що включає: інжест даних (реальні вузли поєднанні з симуляторами), нормалізацію часової сітки, фізичні валідації (узгодженість напруги й SOC, енергетичний баланс, теплові обмеження), виявлення та маркування аномалій, формування ML-датасету з чітко визначеними ознаками й цільовими змінними.

Порівняно з класичним регламентним обслуговуванням (періодичні огляди) та реактивним підходом («ремонт після відмови»), використання ШІ в МАСЦО дає низку практичних переваг [1, 2, 5]:

- Зменшення ймовірності недоступності вузлів у момент НС.
- Оптимізація виїздів та ремонтних робіт.
- Інтегральний індекс здоров'я вузла (health index).

- Прогнозування моменту виходу з ладу (RUL-оцінки).
- Підтримка прийняття рішень операторами та органами управління.

Запропоноване рішення передбачає побудову інтелектуальної системи моніторингу працездатності МАСЦО, яка аналізує телеметрію з робочих станцій (живлення, акумулятор, підсилювач, мережа, температура, диски) та автоматично визначає їхній технічний стан у режимі 24/7.

Для навчання обрано градієнтний бустинг над деревами рішень (модель LightGBM) як основну модель класифікації стану вузла (класи типу *Normal / Degraded / Critical / Failed*), оскільки вона добре працює з табличними даними, враховує нелінійні зв'язки між параметрами та стійка до шуму в телеметрії.

Планується досягти: високої якості класифікації (цільовий показник — масго F1 не нижче ~ 0.85 для основних класів), зменшення кількості хибних тривог при збереженні чутливості до реальних відмов, можливості раннього виявлення деградації (за кілька годин/днів до фактичного відмовлення вузла) для переходу від реактивного до проактивного обслуговування МАСЦО.

Інтелектуальні системи контролю працездатності МАСЦО на базі методів III є перспективним інструментом підвищення надійності та стійкості систем оповіщення населення. На відміну від традиційних підходів, що спираються переважно на періодичні регламентні перевірки або реагування «за фактом» відмови, такі системи здатні виявляти ранні ознаки деградації вузлів, прогнозувати ймовірність відмови та оцінювати ризики недоступності окремих елементів або цілих фрагментів інфраструктури оповіщення. Це створює основу для переходу від реактивного або суто регламентного обслуговування до ризик-орієнтованих стратегій технічної експлуатації, коли обсяг, пріоритетність і черговість робіт з обслуговування та ремонту визначаються не лише формальним графіком, а й поточним технічним станом обладнання, критичністю об'єкта, прогнозованим впливом відмови в умовах надзвичайних ситуацій та воєнних загроз.

Література

1. Tsallis C., Papageorgas P., Piromalis D., Munteanu R.A. Application-Wise Review of Machine Learning-Based Predictive Maintenance: Trends, Challenges, and Future Directions // *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, No. 9. Article 4898. URL: <https://doi.org/10.3390/app15094898> (Дата звернення: 28.11.2025)
2. Plevris V., Papazafeiropoulos G. AI in Structural Health Monitoring for Infrastructure Maintenance and Safety // *Infrastructures*. 2024. Vol. 9, No. 12. – Article 225. – URL: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9120225> (Дата звернення: 28.11.2025)
3. OECD. Artificial Intelligence for Advancing Smart Cities. Issues Note of the OECD Programme on Smart Cities and Inclusive Growth. Paris : OECD, 2025. – 70 p URL: <https://www.oecd.org/> – Дата звернення: 28.11.2025.
4. Abd Wahab N.H., Hasikin K., Lai K.W. та ін. Systematic review of predictive maintenance and digital twin technologies challenges, opportunities, and best practices // *PeerJ Computer Science*. – 2024. – Vol. 10. – Article e1943. URL: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1943> (Дата звернення: 28.11.2025)
5. Smart City Systems & Solutions. Proactive Urban Management: AI and Predictive Maintenance Systems for Smart City Infrastructure. 30.05.2025. URL: <https://www.smartcityss.com/resources/proactive-urban-management-ai-and-predictive-maintenance-systems-for-smart-city-infrastructure> (Дата звернення: 28.11.2025).

ЕФЕКТИВНІ ПІДХОДИ ДО ВІЗУАЛЬНОГО ПОДАННЯ КАТЕГОРІЙНИХ ДАНИХ

К. Р. Marushchak, H. V. Kozbur Ph.D

EFFECTIVE APPROACHES TO VISUALIZATION OF CATEGORICAL DATA

Правильне представлення та інтерпретація даних відіграють важливу роль у прийнятті рішень, керованих даними. Кількісні та категорійні дані відображають різні типи інформації і вимагають різних підходів до аналізу, в тому числі візуального.

Категорійні дані – це якісні дані, для яких числове представлення є неможливим або непридатним для подальшого аналізу. Відповідно, застосування графічного представлення таких даних із використанням стандартної числової розмітки осей є неможливим [1]. Кодування якісних даних частково вирішує цю проблему, проте перетворення категорійних даних на кількісні не завжди доцільне. Візуальний аналіз якісних даних необхідний, коли потрібно глибоко зрозуміти складні явища та процеси, особливо на ранніх етапах дослідження та у випадках, коли кількісних даних недостатньо. Метою візуалізації категорійних даних є ефективне відображення співвідношення між різними категоріями для порівняння кількості елементів у кожній групі та виявлення патернів. Візуалізація категорійних даних є ефективною для розуміння взаємодій та закономірностей, що є незамінним для проблем соціології, маркетингу, психології, освіти, медицини, управління проектами, тощо, коли необхідно зрозуміти не лише «що» сталося, але і «як» та «чому». Візуалізація якісних даних допомагає визначити ключові висновки та завдання для подальшого дослідження та отримання кількісних показників.

Для візуалізації категорійних даних найчастіше використовують стовпчасті діаграми (для порівняння), кругові діаграми (для відображення часток цілого) та інфографіку для комбінованого подання складної інформації (процесів, концепцій, тощо). Не менш ефективними є деревоподібні діаграми, діаграми Санкея, перехресні діаграми (Crosstab Chart). Для вибору способу візуалізації категорійних даних потрібно враховувати кількість категорій та мету візуалізації (таблиця 1).

Таблиця 1. Ефективні візуалізації категорійних даних [2]

Назва	Приклад візуалізації	Опис
Стовпчаста діаграма		Графічне представлення даних, де стовпці (вертикальні або горизонтальні) відповідають певним категоріям, а їхня довжина або висота показує кількісне значення. Дозволяє наочно зіставити категорії, а також відслідковувати тренди і тенденції в часі.

Продовження таблиці 1.

Назва	Приклад візуалізації	Опис
Кругова діаграма	Car Sales Analysis	Одна з найефективніших візуалізацій категорійних даних. Складається з одного або декількох концентричних кіл, окремі сектори демонструють частини цілого.
Деревоподібна діаграма		Використовують на початкових етапах аналітики для розуміння того, що можна застосувати далі. Підвидом є діаграма Мекко, яка представляє категорії у вигляді областей, які діляться на підкатегорії.
Діаграма Санкея	Pet Shop Sales Performance Analysis	Ефективна візуалізація для відображення потоків ресурсів, таких як гроші, енергія тощо. Потoki різняться розміром і кольором для швидкого аналізу. Використовуються для маркетингових кампаній, ланцюгів поставок.
Перехресна діаграма	Items Orders Analysis	Дозволяє порівняти частоту появи певних комбінацій ознак і виявити залежності, наприклад, як співвідносяться відповіді на два питання в опитуванні.

Висновок. Ефективність будь-якої візуалізації залежить від чіткого розуміння типу даних і свідомого вибору способу їх подання, адже некоректне відображення категорійної інформації може спотворити смислові акценти або отримати неправильні висновки. Від грамотного вибору типу візуалізації залежить зрозумілість, інформативність і якість інтерпретації отриманих результатів.

Література

1. Effective Methods for Categorical Data Analysis in 2025. *FanRuan Software*. URL: <https://www.fanruan.com/en/blog/categorical-data-analysis>

2.5 Best Graphs for Visualizing Categorical Data. *Charts & Graphs by ChartExpo*. URL: <https://chartexpo.com/blog/best-graphs-for-categorical-data>

УДК 57.086.83

Матисюк І.В.-студент групи TR-102

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя")

БЮДРУК. ЖИТТЯ ТА ПРОГРЕС

Matysiuk I.V.-student of TR-102 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methologist

BIOPRINT. LIFE AND PROGRESS

На даний момент є величезний попит на біопринтинг в лікуванні, імплантаціях та протезах, особливо під час війн про що і є ця стаття.

Друк органів або ж біодрук (біопринтинг з англ.) - це спеціалізований спосіб 3D-друку, який передбачає виготовлення структур, що складаються з біоматеріалів, таких як клітини, біомолекули та біоактивні агенти, для широкого спектру застосувань. Зазвичай біодрук виконується шляхом пошарового нанесення та точного позиціонування біочорнил. Основні типи методів біодруку включають екструзійний біодрук, струменевий біодрук і лазерний біодрук, кожна з яких має свої переваги та обмеження.

Біопринтинг застосовується в біометричній сфері для створення живих тканин і моделей органів де основними напрямками застосування є: медицина та біоінженерія, космічні біотехнології, навчання та симуляції, фармакологія, косметична індустрія. Вже сьогодні можна друкувати шкіру, хрящі, кісткові фрагменти, судини, печінкові та серцеві тканини. Це дуже перспективний винахід, адже у майбутньому буде можливий друк повністю функціональних органів для пересадки, друк тканин прямо в організмі під час операції та персоналізовані лікувальні імпланти.

Біодрук можна здійснити завдяки спеціалізованого 3-D принтера, що створює живі компоненти з клітин та тканин. Він складається з системи керування, принтголовак, які подають біочорнила (живі клітини у гідрогелі), та стерильної платформи для формування структури. Під час друку апарат підтримує оптимальну температуру, стерильність і вологість, щоб клітини залишалися життєздатними.



Рис.1-Зображення біопринтера

Друк відбувається шар за шаром, подібно до звичайного 3D-принтера, але замість пластику використовуються біоматеріали. Після завершення друку надруковану тканину розміщують у біореактор, де вона «дозріває», формується кровопостачання і з'являються функціональні властивості, необхідні для реального використання у медицині чи дослідженнях.

Звісно ж як і всюди є переваги та недоліки як от повноцінні складні органи поки не доступні для пересадки, складність підтримання життєздатності тканини,

Далеко не всі мед заклади можуть собі дозволити потрібне обладнання, тривалий процес дозрівання тканин - це з мінусів, плюсами ж є перспектива створення органів для: Трансплантації та лікування дефіциту донорських органів, можливість друкувати тканини з клітин пацієнта, створення хрящів, кісток, шкіри, судин для Реконструктивної медицини, а також зниження вартості лікування у майбутньому.

Біодрук має величезний потенціал кардинально змінити медицину та наукові дослідження. Очікується, що технологія дозволить створювати повноцінні живі органи для трансплантації, що допоможе вирішити проблему нестачі донорів і значно знизить ризик відторгнення, адже органи створюватимуться з клітин самого пацієнта. Також біодрук відкриє можливість персоналізованої медицини, коли тканини та імпланти точно відповідатимуть індивідуальним особливостям людини. Крім того, у перспективі лікарі зможуть друкувати тканини безпосередньо у тілі пацієнта під час операцій, що прискорить загоєння ран і відновлення пошкоджених ділянок. Загалом біодрук стане основою нової епохи регенеративної медицини, суттєво розширюючи можливості Лікування та підвищуючи якість життя людей.

Література

1. Michele Conti, Michele Marino. Bioprinting From Multidisciplinary Design to Emerging Opportunities, Academic Press, Elsevier, 2022.-P. 19-49.
2. Mitchell Maika G. Bioprinting: techniques and risks for regenerative medicine. London, San Diego, Cambridge, Oxford, 2017.-P. 123-140.
3. Yang Wu, Jerry Fuh and Ibrahim Tarik Ozbolat. 3D Bioprinting in Tissue and Organ Regeneration, 2023.-P. 247-264.
4. Що таке біодрук URL:
<http://ua.insta3dm.com/info/what-is-3d-bioprinting-simply-explained-f-71989890.html>
5. Перспективи біодруку URL:
<https://easy3dprint.com.ua/uk/3d-druk-dlya-meditsini/>
6. Принцип роботи біопринтингу URL:
<https://www.imena.ua/blog/3d-bioprint-part-1/>

УДК 004.7.056

Д.С. Матюк; М.В. Деркач, канд. техн. наук, доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

NetScope: ПЕНТЕСТІНГ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ

D.S. Matiuk, M.V. Derkach, Ph.D., Assoc. Prof.

NetScope: WIRELESS NETWORK PENTESTING

Бездротові мережі можуть бути розгорнуті та працювати у різних середовищах: комерційних, урядових, освітніх, а також у звичайних житлових будинках. До того ж технології бездротової передачі сигналу особливо сприяють концепції Інтернету речей (Internet of Things, IoT), на яку переходять все більше пристроїв, що підвищують наш комфорт перебування в Інтернеті [1].

В результаті кількість бездротових мереж, як і кількість об'єктів для атак, буде тільки збільшуватися. Клієнти та організації повинні розуміти всі ризики використання бездротових мереж та знати, як зловмисники атакують ці системи. Пентестери повинні гарантувати, що ці мережі мають необхідну кількість елементів керування безпекою та у їхній конфігурації відсутні помилки. Для цього використовують сканери

вразливостей, фреймворки пентестування та аналізу трафіку, що виявляють конфігураційні похибки й відомі CVE. Складність мереж і різноманітність протоколів (Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, радіочастного діапазону 2.4 ГГц) для ефективного захисту вимагають багаторівневих контрзаходів, які охоплюють як активні, так і пасивні вектори атак, що призводить до комбінування програмних й апаратних інструментів, які здатні перевіряти рівень захищеності точок доступу, контролерів, клієнтських пристроїв, виявити вразливості бездротових мереж [2]. Розробка апаратної платформи надає змогу проводити польові випробування, швидко розгортати точки атаки та мінімізувати час налаштування.

Наразі, розроблено пристрій для тестування безпеки бездротових мереж NetScore, що здатен виявляти вразливості, зокрема WPA/WPA2, відкриті точки доступу, слабкі паролі, застарілі протоколи шифрування, WPS; здатний автоматично виявляти бездротові мережі та підключені пристрої; проводити атаки, включаючи атаки деаутентифікації, спам-маяки, а також клонувати мережі. Це доступне та портативне рішення для швидкої оцінки безпеки бездротових мереж у реальних умовах, особливо корисне для навчальних закладів, державних підприємств, малих фірм, які не мають власних фахівців або ресурсів для регулярного тестування на проникнення мережевих з'єднань. Основною перевагою розробки є повна автономність пристрою. Він не потребує встановлення додаткового програмного забезпечення чи підключення до живлення. Модульна структура дозволяє розширювати функціонал, наприклад, додавати підтримку нових протоколів чи типів тестів. Результати пентестінгу можуть бути доступні через вебінтерфейс, що спрощує аналіз і створення звітів. Ще одна перевага — низька собівартість у порівнянні з аналогічними комерційними рішеннями.

Фактично NetScore здатен виявляти вразливості до MITM-сценаріїв, підміни точок доступу та інших загроз у бездротових мережах. Принцип дії наступний: для початку пристрій проводить сканування, на екрані якого з'являється перелік доступних в радіусі дії мережевих з'єднань з вказаною потужністю сигналу, використаним номером каналу та протоколом безпеки для захисту бездротових мереж; далі розроблений пристрій проводить пентест для обраної мережі.

Для прикладу в межах етичного хакінгу для проведення пентесту розроблений пристрій NetScore спрямовує деаутентифікаційні пакети проти точки доступу TEST, зв'язок різко стає нестабільним (рис. 1). Це свідчить про можливість проведення атаки, оскільки поки мережа слабшає, зловмисник може розгорнути підроблену точку з тією ж назвою (SSID). Якщо зловмисник ще й знатиме спільний пароль для доступу до мережі (PSK), може реалізувати атаку «Evil twin», тобто розгорнути фальшиву точку доступу, і в приватній мережі весь трафік жертви проходитиме через атакуючий вузол, що дозволяє проводити MITM-сценарії: перехоплення логінів, паролів і зміни контенту.

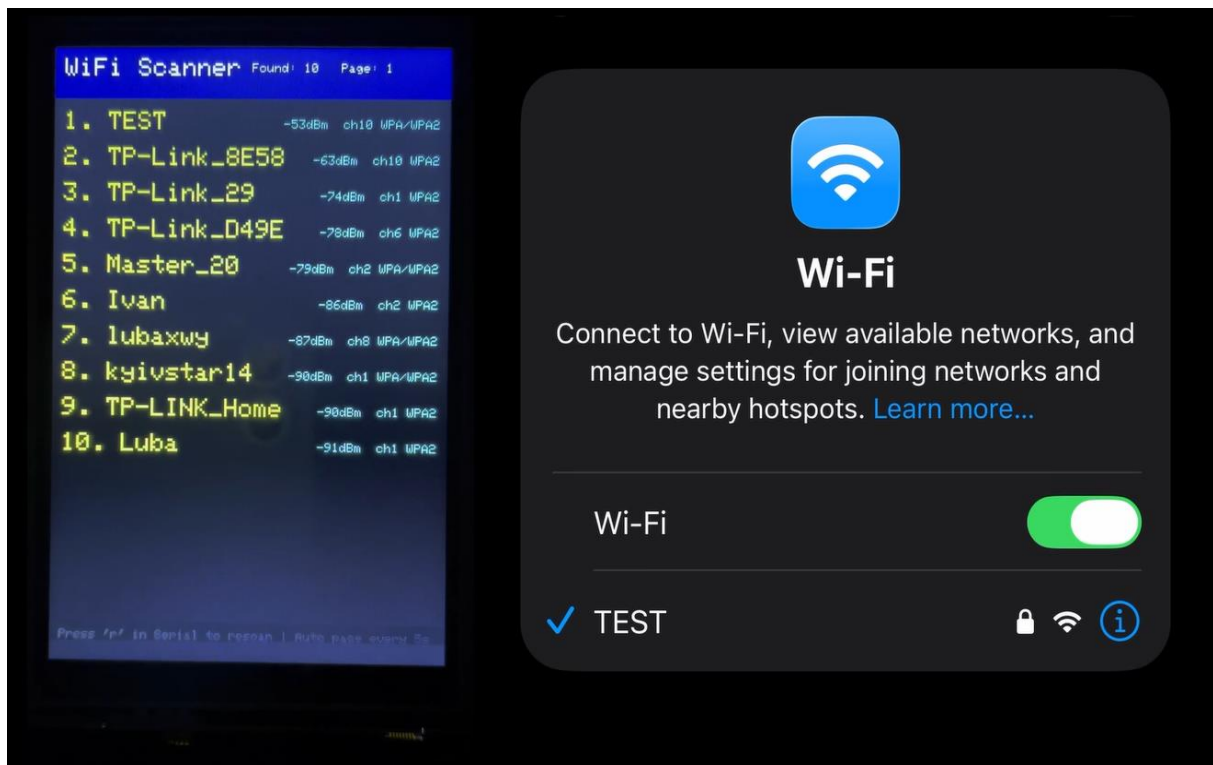


Рисунок 1. Приклад пентесту бездротової мережі

Тобто, завдяки розробленому пристрою можна проводити тестування і оцінку безпеки бездротових мереж, а саме визначати чи піддається мережеве з'єднання атакам, які призводять до відмови або до різних типів MITM-атак, що несуть істотний ризик компрометації трафіку, особливо в корпоративному сегменті.

В цілому пристрій NetScore вирішує актуальну проблему, зокрема дозволяє оперативно перевірити безпеку бездротових мереж у будь-якому місці; забезпечує зниження ризиків витоку даних шляхом швидкої діагностики вразливостей у реальних умовах та може бути використаний як: навчальний інструмент для здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Кібербезпека та захист інформації», польовий пристрій для аудитів безпеки, інтегрований компонент систем моніторингу підприємств або смарт-будівель.

Література

1. Sachenko A.O., Kochan V.V., Bykovyy P.Ye., Zahorodnia D.I., Osolinskyy O.R., Skarga-Bandurova I.S., Derkach M.V., Orekhov O.O., Stadnik A.O., Kharchenko V.S., Fesenko H.V. Internet of Things for intelligent transport systems: Practicum. Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil National Economic University, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", 2019. 135 p. ISBN 978-617-7361-92-2. URL: https://aliot.eu.org/wp-content/uploads/2019/10/ALIOT_ITM3_IoT-for-Int-TransSys_web.pdf
2. Derkach, M., Matiuk, D., Skarga-Bandurova, I., & Zagorodna, N. CrypticWave: A zero-persistence ephemeral messaging system with client-side encryption, in: Cyber Security and Data Protection, vol. 4042, 2025, P.316–323.

УДК 621.311.1:681.5:004.912

Микитишин А.Г., к.т.н., доц., Максимів Д.Р., Федчак В.І.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ: КОНЦЕПЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ BENEFIT

Mykytyshyn A.G., Ph.D., Assoc. Prof., Maksymiv D.R., Fedchak V. I.

INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT PLATFORMS AS A TOOL FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS: CONCEPT AND RESULTS OF BENEFIT IMPLEMENTATION

Питання енергоефективності будівель є одним із ключових елементів сучасної європейської політики, спрямованої на зменшення викидів парникових газів, оптимізацію енерговитрат і підвищення стійкості інфраструктур. У країнах ЄС саме будівлі споживають близько 40 % загального обсягу енергії, а близько 36 % викидів CO₂ пов'язані з їх опаленням та експлуатацією [1]

Ураховуючи той факт, що більшість будівель була зведена до 2000 року, коли вимоги до теплоізоляції, автоматизації та енергоконтролю були значно нижчими, проблема модернізації стає стратегічно важливою. Економічні, екологічні та соціальні фактори підсилюють актуальність пошуку нових технологічних рішень, здатних забезпечити ефективне управління енергоспоживанням.

Одним із напрямів, що стрімко розвивається, є використання інтелектуальних систем енергоменеджменту (Smart Building Energy Management Systems — SBEMS). Такі системи поєднують цифрові сенсори, інтернет речей (IoT), смарт-лічильники, засоби автоматизації, обчислювальні моделі та аналітичні алгоритми. Вони дозволяють будівлям реагувати на поточні умови в режимі реального часу, а також прогнозувати майбутні зміни в навантаженні, погоді, рівні зайнятості приміщень та інших зовнішніх факторах. На відміну від традиційних систем керування, що працюють за статичними планами, SBEMS володіють адаптивністю, що дає можливість економити ресурси, зменшувати пікові навантаження та підвищувати комфорт користувачів [2], [3].

Інтелектуальні системи управління енергоспоживанням базуються на поєднанні кількох ключових принципів. Насамперед йдеться про глибокий моніторинг параметрів, таких як температура, вологість, рівень освітлення, споживання теплової та електричної енергії. Важливо, що джерела даних є розподіленими та здатними взаємодіяти між собою через бездротові протоколи — ZigBee, LoRaWAN, GSM/GPRS, Wi-Fi чи технологію 6LoWPAN, яка відкриває шлях до впровадження IPv6 у сенсорних мережах [1]

Ці дані збираються в єдиному аналітичному модулі, де обробляються за допомогою алгоритмів прогнозування, статистичного аналізу та математичного моделювання. Саме аналітична складова перетворює платформу з «реєстратора подій» на «інтелектуального оператора», здатного генерувати рекомендації, попередження та оптимальні сценарії роботи обладнання.

У цьому контексті платформа BENEFIT (Building Energy Efficiency in Totality) є одним із найбільш показових прикладів сучасних SBEMS. Будучи розробленою для комплексного керування енергоспоживанням у будівлях різних типів — навчальних, адміністративних, лабораторних чи житлових — вона поєднує відкриту архітектуру, гнучку інфраструктуру збору даних та розширені засоби аналітики [1]

Її побудовано за трирівневою моделлю: рівень фізичних пристроїв включає датчики, лічильники та виконавчі блоки; комунікаційний рівень забезпечує зв'язок між елементами мережі, а серверний рівень відповідає за аналіз даних, візуалізацію та формування рішень. Завдяки цьому платформа здатна інтегрувати широкий спектр обладнання та адаптуватися під потреби конкретної будівлі.

Особливу увагу розробники BENEFIT приділили питанням кібербезпеки. Для багатьох систем енергоменеджменту цей аспект часто залишається «слабким місцем», що дозволяє потенційні втручання у критичні процеси. На противагу цьому BENEFIT використовує унікальні MAC-ідентифікатори всіх пристроїв та апаратне шифрування AES-128, що суттєво підвищує захищеність мережі від атак і несанкціонованого доступу [1]. Завдяки цьому система набуває стійкості до зовнішніх впливів та забезпечує цілісність даних у процесах моніторингу та керування.

Одним із ключових елементів платформи є можливість моделювання енергетичних процесів. Завдяки інтеграції з DesignBuilder здійснюється не лише аналіз історичних даних, а й прогнозування майбутнього енергоспоживання на основі фізичних моделей теплових процесів. Це дозволяє оцінювати теплові втрати будівлі, моделювати сценарії роботи вентиляційних та опалювальних систем, прогнозувати комфортні умови та визначати найбільш енергоефективні стратегії модернізації. Для прийняття рішень такий інструмент є надзвичайно важливим, оскільки дозволяє порівняти вплив різних заходів ще до їх реалізації — від заміни вікон до встановлення сонячних панелей [4].

Результати впровадження BENEFIT у будівлі технічного університету свідчать про її ефективність у реальних експлуатаційних умовах. Протягом року було зібрано повний масив даних щодо внутрішніх та зовнішніх температур, показників споживання тепла та електроенергії, режимів роботи систем освітлення та вентиляції. На основі цих даних платформа виявила, що заміна традиційних вікон на скління з низьким коефіцієнтом емісії дозволила скоротити річну витрату енергії на 8.33 %. Додатковий перехід на LED-освітлення збільшив загальний ефект до 12.14 % [1].

Більш детальний аналіз продемонстрував, що найпотужніший ефект досягався саме в зимовий період, що є логічним з огляду на інтенсивне використання систем опалення. Фактичні дані також підтвердили значне зниження пікових теплових навантажень у періоди різких температурних змін.

З огляду на отримані результати стає зрозуміло, що інтелектуальні платформи енергоменеджменту можуть відігравати вирішальну роль у формуванні стратегії модернізації будівель. Вони не лише забезпечують безперервний контроль параметрів, але й дозволяють переосмислити саму логіку управління енергією. Цифрова система здатна вчасно визначати відхилення, прогнозувати ризики, адаптувати режими роботи обладнання та пропонувати найбільш раціональні рішення. У сукупності це створює основу для розвитку «розумних», екологічних і економічно ефективних будівель, що відповідають вимогам сучасної енергетичної політики.

Отже, платформа BENEFIT демонструє, що поєднання IoT-технологій, хмарних сервісів, математичного моделювання та інтелектуальних механізмів керування створює новий рівень ефективності в управлінні енергетичними процесами. Завдяки комплексному підходу, високому рівню безпеки та можливості адаптації її можна розглядати як перспективний інструмент для розвитку енергоефективних та стійких інфраструктур, що відповідають концепції «нульового» або навіть позитивного енергобалансу.

Література

1. Aradoaei, M., Ciobanu, R.-C., Schreiner, C. M., Grigoras, G., Livadariu, R.-P. BENEFIT: An Energy Management Platform for Smart and Energy Efficient Buildings. Energies, 18(4542), 2025.
2. Suciu, G. et al. Building energy consumption monitoring and analytics. Journal of Cleaner Production, 2019.
3. Chatzikonstantinidis, A. et al. Digital Twins in smart building energy forecasting. Energy and Buildings, 2025.
4. Revati, T. et al. Data-driven load prediction for commercial buildings. Energy Reports, 2021.
5. Piras, A. et al. IoT-based decision support for smart building energy management. Sustainable Cities and Society, 2025.

УДК 621.855

Мимрик О. – студент групи ТР-402

Науковий керівник: Недошитко Л.М. , викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя», Україна)

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ (СОНЯЧНА + ВІТРОВА ЕНЕРГІЯ)

Mymryk O. – student of TR-402 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M. , teacher-methologist

EFFICIENCY ANALYSIS OF HYBRID POWER SUPPLY SYSTEMS (SOLAR + WIND ENERGY)

Сучасні тенденції розвитку енергетики спрямовані на підвищення ефективності використання відновлюваних джерел енергії. Поєднання сонячних і вітрових установок у гібридних системах дозволяє зменшити залежність від погодних умов і забезпечити стабільне електропостачання. У роботі проаналізовано ефективність гібридної системи енергопостачання на основі фотоелектричних панелей та вітрогенератора з урахуванням особливостей їхньої роботи в різні пори року.

Проблема енергозабезпечення та раціонального використання енергетичних ресурсів є однією з найактуальніших у сучасному світі. В умовах зростання споживання електроенергії, виснаження запасів викопного палива та необхідності зниження рівня викидів парникових газів усе більшого значення набувають відновлювані джерела енергії.

Сонячна та вітрова енергетика – це найбільш доступні та екологічно чисті способи отримання електроенергії. Проте кожен із цих видів має певні недоліки: сонячна генерація залежить від інтенсивності сонячного випромінювання, а вітрова – від швидкості вітру. Поєднання двох джерел у єдину гібридну систему енергопостачання дозволяє мінімізувати недоліки кожного окремо та забезпечити стабільну роботу енергосистеми протягом доби і всього року.

Типова гібридна система складається з кількох основних компонентів:

Фотоелектричні панелі, які перетворюють сонячне випромінювання у постійний електричний струм;

Вітрогенератор, що виробляє електроенергію з кінетичної енергії вітру;

Контролер заряду, який стабілізує параметри напруги та струму, запобігаючи перевантаженню акумуляторів;

Акумуляторна батарея, призначена для зберігання надлишкової енергії;

Інвертор, який перетворює постійний струм у змінний для живлення побутових або промислових споживачів;

Система керування, що забезпечує автоматичний розподіл навантаження між джерелами та оптимізує процес накопичення енергії.

Принцип роботи гібридної системи полягає у взаємодоповненні джерел енергії:

У сонячну погоду основну частину енергії виробляють фотомодулі, тоді як у нічний час або при хмарності навантаження бере на себе вітрогенератор. При надлишковому виробництві енергії відбувається заряджання акумуляторів, з яких електроенергія подається в мережу в періоди низької генерації.

Гібридні системи мають низку важливих переваг:

Підвищена стабільність електропостачання. Завдяки поєднанню двох джерел енергії можна досягти безперервної роботи системи навіть за несприятливих погодних умов.

Енергоефективність і економічність. Зменшується залежність від централізованої енергомережі, а отже, і витрати на електроенергію.

Екологічна безпека. Використання відновлюваних джерел дозволяє скоротити викиди CO₂ і зменшити негативний вплив на довкілля.

Можливість автономної роботи. Такі системи можуть забезпечувати електропостачання у віддалених районах, де немає підключення до електромережі.

Вартість побудови гібридної енергосистеми є вищою, ніж у разі використання одного джерела, проте загальні витрати окупуються протягом 5–8 років. Це досягається за рахунок зниження витрат на придбання електроенергії з мережі, збільшення терміну служби акумуляторів та зменшення експлуатаційних витрат.

Крім того, за рахунок державних програм підтримки «зеленої» енергетики, власники гібридних установок можуть отримувати додатковий прибуток від продажу надлишкової енергії за зеленим тарифом.

Подальший розвиток гібридних систем пов'язаний із впровадженням інтелектуальних алгоритмів керування, які дозволяють у режимі реального часу оптимізувати розподіл енергії між джерелами, накопичувачами та споживачами. Використання інтернету речей (IoT) і систем моніторингу відкриває нові можливості для дистанційного керування та діагностики стану обладнання.

Гібридні системи енергопостачання, що поєднують сонячні та вітрові джерела енергії, є ефективним рішенням для автономного електрозабезпечення. Вони забезпечують стабільність подачі енергії, скорочують споживання традиційних енергоносіїв і сприяють розвитку енергоефективних технологій. Ефективність таких систем значною мірою залежить від правильного вибору співвідношення потужностей, географічних умов та налаштування системи керування. У перспективі саме гібридні системи можуть стати основою сталого енергозабезпечення малих населених пунктів і об'єктів критичної інфраструктури.

Література

1. Кучеренко В. П. *Відновлювана енергетика: технології, перспективи, ефективність*. Київ: Ліра-К, 2021. 268 с.
2. Дуднік І. С., Мельник О. Г. *Гібридні енергосистеми: теорія і практика*. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. 312 с.
3. IEA. *Renewable Energy Market Update 2024*. — International Energy Agency, Paris, 2024. 54 р.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПОТОКУ ЛЮДЕЙ У ГРОМАДСЬКИХ МІСЦЯХ НА ОСНОВІ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ

R.S. Mykhailyshyn; M.V. Pryimak, Dr., Prof.

COMPUTER SYSTEM FOR MONITORING THE FLOW OF PEOPLE IN PUBLIC PLACES BASED ON IOT TECHNOLOGIES

Сучасні тенденції цифровізації сприяють активному використанню технологій комп'ютерного зору та ІоТ-рішень для моніторингу стану громадських просторів. Зростання інтенсивності потоків людей у торгових центрах, на транспортних вузлах, у навчальних закладах та інших об'єктах інфраструктури вимагає впровадження автоматизованих систем, що здатні відстежувати кількість відвідувачів у режимі реального часу. Такі системи забезпечують підвищення безпеки, ефективне управління потоками людей та прийняття оперативних організаційних рішень. У зв'язку з цим постає необхідність створення доступних, інтелектуальних і масштабованих рішень на основі технологій комп'ютерного зору.

Проблема полягає у відсутності недорогих та гнучких систем оцінювання кількості людей, що поєднують локальну обробку відео з можливістю віддаленої аналітики. Актуальність дослідження визначається потребою забезпечувати безперервний контроль заповненості об'єктів у реальному часі, що є критичним для сфери безпеки, логістики, оптимізації сервісів і реагування в надзвичайних ситуаціях. Метою дослідження є розроблення архітектури ІоТ-системи, що на основі комп'ютерного зору забезпечує підрахунок людей та передавання оброблених даних на хмарну платформу для їх подальшої візуалізації й аналізу.

Запропонована система реалізована на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi, який виконує локальну обробку відеопотоку за допомогою методів комп'ютерного зору. Для захоплення зображення використано Raspberry Pi Camera Module, що забезпечує достатню якість відео для точного виявлення та підрахунку людей. Алгоритм підрахунку ґрунтується на використанні моделей детекції об'єктів OpenCV, що дозволяє відстежувати переміщення людей у кадрі та формувати статистику відвідуваності. Оброблені дані передаються на ІоТ-платформу ThingSpeak, де виконується їх зберігання, візуалізація у вигляді графіків, оновлення у режимі реального часу та можливе подальше використання для аналітичних задач.

Однією з важливих переваг розробленої ІоТ-системи є її доступність, простота розгортання та можливість масштабування під різні умови експлуатації. Вона підтримує автономну роботу, локальну обробку відео та передачу даних у хмару, що забезпечує високу надійність та зменшує навантаження на мережеву інфраструктуру. Завдяки ThingSpeak користувач може аналізувати дані дистанційно та отримувати їх у зручному форматі без додаткової конфігурації серверів.

Розроблена комп'ютерна система моніторингу потоку людей на основі Raspberry Pi та технологій комп'ютерного зору демонструє ефективність і практичність її впровадження у громадських просторах. Проведене дослідження підтверджує доцільність застосування хмарних сервісів та мікрокомп'ютерних платформ для створення недорогих і надійних рішень у сфері моніторингу. Система характеризується гнучкістю, точністю оцінювання та можливістю подальшого розвитку.

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ВАЛІДАЦІЇ МОДЕЛІ АМПЛІТУДНОЇ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ

L.Y. Mosiy

STATISTICAL METHODS FOR VALIDATION OF THE ECG SIGNAL AMPLITUDE VARIABILITY MODEL

Аналіз стаціонарності електрокардіографічних сигналів (ЕКС) є важливим напрямком досліджень у біомедичній інженерії. Сучасні методи включають авторегресійне моделювання для ідентифікації стаціонарних сегментів, детрендований флуктуаційний аналіз для дослідження мультифрактальних властивостей серцевого ритму, емпіричну модову декомпозицію та вейвлет-перетворення для врахування нестационарності, а також приховані марковські моделі для моделювання переходів між фізіологічними станами [1-5].

У попередніх роботах авторами розроблено математичну модель амплітудної варіабельності піків зубців ЕКС [6, 7]. Патологічні зміни в міокарді проявляються не лише в абсолютних значеннях амплітуд, але й у характері їхньої динаміки. Проте клінічне застосування моделі потребує статистичної валідації.

Для валідації використано ЕКС із бази PhysioNet [8]. Вибірка охоплює чотири категорії: ішемія міокарда (mi), надшлуночкова аритмія (sa), шлуночкова тахікардія (vt) та нормальний синусовий ритм (nr).

Функція амплітудної варіабельності (ФАВ) визначається як:

$$V_k(m) = A_k(m) - A_k(m-1), \quad k \in \{P, Q, R, S, T\}, \quad m \in Z, \quad (1)$$

де $A_k(m)$ – амплітуда k -го типу піку в m -му кардіоциклі (мВ); $A_k(m-1)$ – амплітуда k -го типу піку в попередньому валідному кардіоциклі (мВ); $V_k(m)$ – значення ФАВ зубців ЕКС, що відображає зміну амплітуди зубця k -го типу між поточним m та попереднім кардіоциклом ($m-1$).

Метою роботи є тестування стаціонарності та нормальності розподілу ФАВ. Застосовано: розширений тест Дікі-Фуллера (ADF) для перевірки стаціонарності [9]; тест Андерсона-Дарлінга для нормальності розподілу [10]; аналіз статистичних моментів (μ , σ^2 , γ_1 , γ_2); двовибірковий тест Колмогорова-Смірнова для порівняння розподілів.

Для всіх ЕКС проведено обчислення ФАВ: для кожного валідного кардіоциклу розраховано значення згідно з формулою (1) та застосовано описані вище статистичні тести до отриманих значень функції. Порівняльний аналіз статистичних властивостей ФАВ представлений у табл. 1-2.

Таблиця 1. Результати статистичної валідації

Патологія	Функція варіабельності	
	Стаціонарність (p-value)	Нормальність (A^2)
mi	0,0111 (+)	0,5288 (+)
sa	< 0,0001 (+)	0,1634 (+)
vt	0,0061 (+)	0,8835 (–)
nr	0,0031 (+)	0,3256 (+)

(+) – гіпотеза підтверджена; (–) – гіпотеза відхилена.

Таблиця 2. Дескриптивні статистики функції амплітудної варіабельності

Параметр	mi	sa	vt	nr
μ (мВ)	0,0026	0,0040	0,0033	-0,0086
σ^2 (мВ ²)	0,0202	0,0162	0,0065	0,0674
γ_1	0,7449	0,1264	1,4334	0,0965
γ_2	0,6924	-0,5711	2,7315	-0,5094

Висновки. Статистична валідація моделі ФАВ на клінічних даних підтверджує її коректність. Тест Дікі-Фуллера засвідчив стаціонарність для всіх категорій ($p < 0,05$), що обґрунтовує застосування методів аналізу стаціонарних процесів. Тест Андерсона-Дарлінга підтвердив нормальність розподілу у 75% випадків ($A^2 < 0,712$), що дозволяє використовувати параметричну статистику.

Статистичні параметри ФАВ демонструють патологоспецифічні відмінності та можуть бути інтегровані у простір ознак для класифікаторів машинного навчання. Валідація на даних PhysioNet підтверджує можливість клінічного застосування моделі в автоматизованих системах ЕКГ-діагностики.

Література

1. Mandal, S., & Sinha, N. (2021). Arrhythmia diagnosis from ECG signal analysis using statistical features and novel classification method. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 21(03), 2150025. <https://doi.org/10.1142/s0219519421500251>
2. Rahnama, N. (2021). Empirical Mode Decomposition and Analysis of Non-Stationary Cardiac Signals. Ryerson University Library and Archives. <https://doi.org/10.32920/ryerson.14664297.v1>
3. Senay, S. (2018). Time-frequency BSS of biosignals. *Healthcare Technology Letters*, 5(6), 242–246. <https://doi.org/10.1049/htl.2018.5029>
4. Samar, K., Kas, O., & Nouredine, E. (2011). Using Hidden Markov Models for ECG Characterisation. In *Hidden Markov Models, Theory and Applications*. InTech. <https://doi.org/10.5772/13916>
5. Dragu, M.-A., Frunzete, M.-C., & Zirna, B.-A. (2022). Extraction and Statistical Analysis of Fetal Electrocardiogram. In *2022 E-Health and Bioengineering Conference (EHB)* (pp. 01–04). 2022 E-Health and Bioengineering Conference (EHB). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ehb55594.2022.9991673>
6. Sverstiuk A., & Mosiy, L. (2025). Mathematical modeling of electrocardiogram signal amplitude variability for information technology analysis of their morphological and rhythmic characteristics. *Computer-integrated technologies: education, science, production*, (59), 228-240. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-59-29>
7. Mosiy, L., & Sverstiuk, A. (2025). Information technology for electrocardiographic signal analysis based on mathematical models of temporal and amplitude variability. *Computer Systems and Information Technologies*, (2), 36–44. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-2-4>
8. Goldberger, A. L., Amaral, L. A. N., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. Ch., Mark, R. G., Mietus, J. E., Moody, G. B., Peng, C.-K., & Stanley, H. E. (2000). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet. *Circulation*, 101(23). <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.23.e215>
9. Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427. <https://doi.org/10.2307/2286348>

10. Anderson, T. W., & Darling, D. A. (1952). Asymptotic Theory of Certain “Goodness of Fit” Criteria Based on Stochastic Processes. *The Annals of Mathematical Statistics*, 23(2), 193–212. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177729437>

УДК 004.932

А.А. Музичук, здобувач вищої освіти

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ СОРТУВАННЯ ВІДЕОДАНИХ У ХМАРНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІА

A.A. Muzychuk, higher education applicant

OPTIMIZATION OF METHODS FOR SORTING AND IDENTIFYING VIDEO MATERIALS IN CLOUD MULTIMEDIA SYSTEMS

У сучасну епоху цифрової трансформації обсяги медіаконтенту, особливо відеоматеріалів, зростають експоненційно, що створює надзвичайне навантаження на системи зберігання й передачі даних. Пандемія COVID-19 значно прискорила цей процес, за період жорстких карантинів кількість онлайн-активностей (стримінг, відеодзвінки, віддалена робота та ін.) зросла, що призвело до різкого вибуху інтернет-трафіку. Згідно зі звітом Sandvine за перше півріччя 2021 саме відео-стримінг домінував у глобальному інтернет-трафіку. На нього припадало 53,72 % від усього пропускового навантаження [1]. Така частка надзвичайно висока, і свідчить, що переважна більшість передачі даних у мережах тепер займає відеоконтент.

Ці дані підкреслюють, зростання відеоспоживання та перехід до «хмарних» і стримінгових сервісів приводить до суттєвого навантаження на зберігання та передачу медіаданих [2]. У такому контексті традиційні методи зберігання відео стають неефективними або надто ресурсомісткими, що актуалізує необхідність застосування оптимізованих підходів.

Сучасні дослідження у галузі відеообробки все частіше орієнтуються на застосування семантичного кодування, яке дозволяє виконувати попередню обробку відео без повного декодування, методів глибинного навчання для класифікації кадрів, пошуку сцен і визначення змістових характеристик, адаптивного кодування та транскодування, що зменшує обсяг передаваних даних залежно від пропускової здатності мережі [3]. Також відбувається використання edge-cloud архітектур [4], де частина обчислень переноситься на периферійні вузли з метою зменшення навантаження на центральні сервери.

Дослідження також показують ефективність алгоритмів інтелектуального сортування відео на основі контентних ознак [5], що дозволяє підвищити швидкість пошуку та оптимізувати структури сховищ у хмарному середовищі. Застосування таких підходів забезпечує скорочення часу ідентифікації відеоматеріалів, зниження витрат на обчислювальні ресурси та покращення масштабованості мультимедійних сервісів.

Література

1. Moina-Rivera, W., Garcia-Pineda, M., Gutiérrez-Aguado, J. et al. Cloud media video encoding: review and challenges. *Multimed Tools Appl* 83, 2024. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-024-18763-2>

2. Третяк В. Ф., Пашнєва А. А., Оптимізація структури сховища даних у вузлах інфокомунікаційної мережі хмарного середовища, 2017. URL: <https://journals.nupr.edu.ua/sunz/article/view/390> (дата звернення: 25.11.2025).
3. Денисенко А.В., Козлов О.В. Аналіз технологій та алгоритмів управління обчислювальними ресурсами при обробці відеоданих. MDCS, 2023. 229 с. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9cde9e98-790b-464c-bda6-13d70d592a01/content> (дата звернення: 25.11.2025).
4. Гмиря І. О. Хмарні технології у розробці системи з відео аналізу. НТУ «ХПІ», 2024. URL: <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/23c56163-62ba-425c-9124-75d879dcfb5f> (дата звернення: 25.11.2025).
5. Шматко О.В., Гамаюн І.П., Коломійцев О.В., Третяк В.Ф., Рудаков І.С., Бердочник А.Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ПІДСИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОЦІ. Системи обробки інформації. 2025. № 4 (179). С. 70-80. URL: <https://doi.org/10.30748/soi.2024.179.08>.

УДК 004.9:697.14:628.97

В.В. Невмержицький, Н.Б. Стадник, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ СОНЯЧНИМ ВОДОНАГРІВАЧЕМ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА STM32

V.V. Nevmerzhytskyi, N.B. Stadnyk, PhD.

METHODS AND MEANS OF CONTROLLING A SOLAR WATER HEATER BASED ON THE MICROCONTROLLER STM32

Сучасні тенденції переходу до використання відновлюваних джерел енергії створюють потребу у впровадженні автоматизованих систем керування технологічними процесами, зокрема систем нагріву води на основі сонячних колекторів. Ефективність роботи таких установок значною мірою залежить від точності вимірювання температурних параметрів, коректної оцінки теплових потоків та раціонального керування циркуляцією теплоносія. Це особливо актуально для системи підігріву води в басейні, де необхідно забезпечувати стабільний і безпечний температурний режим за мінімальних витрат енергії [1].

Розроблена система контролю сонячного колектора базується на мікроконтролері STM32, який здійснює зчитування, обробку та аналіз даних від цифрових датчиків температури DS18B20, розташованих у ключових точках: на вході та виході колектора у баку-накопичувачі та в басейні. Використання інтерфейсу OneWire дозволяє підключати кілька датчиків на одній шині при збереженні високої точності вимірювань ($\pm 0,5$ °C), що спрощує побудову та масштабування системи.

Алгоритм керування ґрунтується на аналізі різниць температур між входом і виходом колектора і між басейном та баком. У разі, коли температура в баці перевищує температуру у басейні на встановлену користувачем величину, тоді мікроконтролер активує реле для вмикання насоса басейна. Коли різниця температур зменшується до нижнього порогу, насос басейна вимикається, що запобігає небажаному охолодженню бака та підвищує енергоефективність. Реалізовано також механізм запобігання частому перемиканню насосів, що забезпечує плавну й стабільну роботу системи навіть за швидких змін температури. Система містить режими самодіагностики, захисту від перегріву та виявлення відмови датчиків.

Візуалізація параметрів здійснюється на TFT-дисплеї з драйвером ILI9341, який відображає температуру в контрольних точках, стан насосів, величину ΔT та повідомлення про помилки. Передбачено можливість передавання даних на віддалений пристрій за допомогою радіомодуля на частоті 2,4 ГГц, що забезпечує дистанційний моніторинг та дистанційне керування.

Математична модель теплообміну, реалізована у програмному забезпеченні, ґрунтується на безперервному аналізі температур на вході (Твх) і виході (Твих) колектора та температури води в басейні. На основі цих параметрів система визначає реальний тепловий потенціал колектора і приймає рішення щодо доцільності увімкнення насоса колектора. Якщо колектор не забезпечує достатнього нагріву ($T_{вих} - T_{вх} < \Delta T$), насос не активується, що запобігає зайвому енергоспоживанню і дозволяє системі працювати у режимі природної циркуляції. Такий підхід зменшує енергоспоживання, знижує зношення обладнання та підвищує загальну ефективність геліосистеми.

Література

1. Duffie J. A., Beckman W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley, 2013. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118671603> (дата звернення: 27.11.2025).

УДК 069:004

В.В. Никитюк, к.т.н., доц.; І. К. Генсьора

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ МУЗЕЙНИХ ФОНДІВ

V.V. Nykytyuk, Ph.D, Assoc. Prof; I. K. Hensora

INFORMATION MODELING AND DATA ORGANIZATION IN DIGITAL PRESERVATION SYSTEMS FOR MUSEUM COLLECTIONS

Цифрове збереження культурної спадщини сьогодні є одним із ключових напрямів розвитку музейної сфери. Воно передбачає створення систем, у яких інформація про музейні об'єкти структурується, зберігається та стає доступною через відкриті цифрові середовища. Однією з найвідоміших є CIDOC Conceptual Reference Model (CIDOC CRM) онтологічна модель, що дозволяє уніфікувати опис об'єктів і забезпечує семантичну сумісність між музеями, архівами та бібліотеками [1]. Завдяки цій моделі культурні інституції можуть обмінюватися даними незалежно від програмних платформ чи мов опису.

Сучасні інформаційні системи дедалі частіше базуються на технологіях семантичного вебу та онтологічного моделювання, які формують новий рівень представлення знань. Такий підхід реалізовано, зокрема, у проєктах Europeana та Google Arts & Culture, що забезпечують єдиний доступ до мільйонів цифрових об'єктів з усього світу [2]. Особливе значення у цифровому збереженні мають метадані структуровані описи цифрових об'єктів, які визначають їх зміст, контекст, технічні характеристики та історію змін. Стандарт PREMIS (Preservation Metadata Implementation Strategies), розроблений Бібліотекою Конгресу США, визначає ключові елементи опису життєвого циклу цифрового об'єкта.[3]. PREMIS активно

використовується в архівах і репозиторіях для підтримки стійких процесів цифрового збереження.

Для уніфікації обміну інформацією між установами застосовуються міжнародні стандарти метаданих, такі як Dublin Core, LIDO (Lightweight Information Describing Objects) та CIDOC CRM. Вони дають змогу забезпечити взаємодію між різними інформаційними системами наприклад, Omeka, CollectiveAccess, Axiell Collections без втрати логічної структури даних [4]. Відповідно до рекомендацій ЮНЕСКО, побудова таких відкритих інфраструктур повинна спиратися на принципи інтероперабельності, відкритих форматів і сталості даних

Отже, інформаційні моделі та метадані є фундаментом цифрового збереження музейних фондів. Вони забезпечують структурованість, автентичність, довготривалу стабільність і відкритість даних, а також сприяють інтеграції українських музеїв у міжнародний цифровий простір. Метадані перестають бути лише технічним атрибутом, вони стають інтелектуальною мовою комунікації культурної спадщини у глобальному цифровому середовищі.

Література

1. Doerr M. The CIDOC Conceptual Reference Model: An Ontological Approach to Semantic Interoperability of Metadata. AI Magazine, 2003. URL: <https://cidoc-crm.org/>
2. Hyvönen E. Publishing and Using Cultural Heritage Linked Data on the Semantic Web. Morgan & Claypool, 2012. URL: <https://seco.cs.aalto.fi/publications/2012/hyvonen-linkeddata/>
3. PREMIS Editorial Committee. Data Dictionary for Preservation Metadata. Library of Congress, 2022. URL: <https://www.loc.gov/standards/premis/>
4. UNESCO. Guidelines for Digital Heritage Information Systems. Paris, 2020. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375748>

УДК 004.42

О.А. Пастух докт. техн. наук, професор, Х.О. Новицька

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ UML ТА АДАПТОВАНОЇ SEI-МОДЕЛІ

O.A. Pastukh Dr., Prof., Kh.O. Novytska

MODELING RISK MANAGEMENT PROCESSES IN THE SOFTWARE LIFE CYCLE USING UML AND AN ADAPTED SEI-BASED APPROACH

Комплексне вивчення предметної області та ключових процесів життєвого циклу програмного забезпечення, зокрема тих, що пов'язані з управлінням ризиками, є важливою передумовою для побудови програмної системи, спрямованої на підвищення результативності розробки програмних продуктів. Аналіз зазначених процесів дозволяє визначити основні вимоги до системи, виокремити критичні аспекти та сформулювати концептуальну модель, що стане основою для подальшого проектування.

Одним із найзручніших та загальноприйнятих засобів об'єктно-орієнтованого моделювання є UML. Дана мова забезпечує широкий спектр графічних нотацій для опису структури та поведінки системи. У межах аналізу предметної області особливу

цінність становлять такі діаграми, як діаграма варіантів використання, діаграма класів, діаграма компонентів та діаграма видів діяльності.

Реалізація підходу управління ризиками в процесі проектування програмних рішень, який інтегрується у методології Agile та спирається на адаптовану модель SEI, потребує участі кількох ролей як: системний аналітик, експерт з ризиків та менеджер проекту.

На рис. 1 відображено діаграму прецедентів, що демонструє основні функції експерта в межах Agile-процесів.

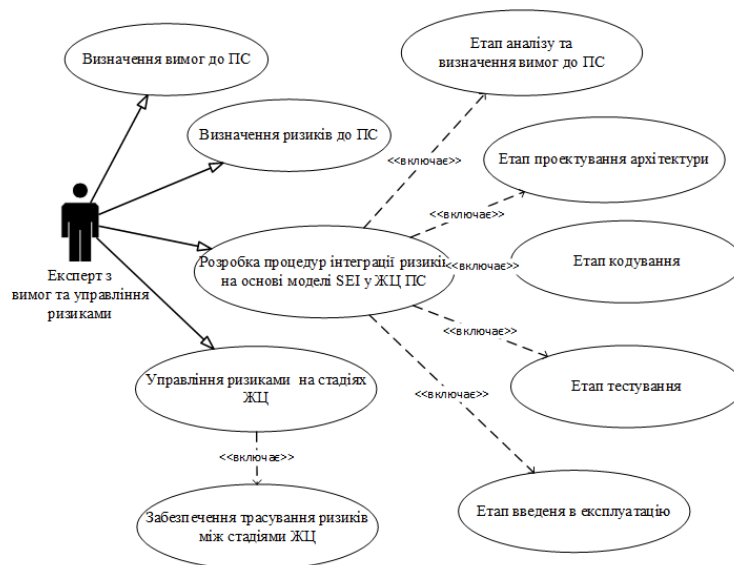


Рис. 1. Діаграма прецедентів «Експерт»

Менеджер проекту, за умов використання гнучких методологій, виконує ключову роль в організації робочих процесів. Він контролює виконання етапів проекту, слідкує за відповідністю результатів вимогам, реагує на ризики та зміни. На рис. 2 подано діаграму прецедентів, що відображає додаткові функції менеджера, необхідні в умовах підвищених вимог до управління ризиками.



Рис. 2. Діаграма прецедентів «Менеджер проекту»

Системний аналітик, інтегруючи запропоновану модель управління ризиками, повинен забезпечити трансформацію потреб користувачів у формальні вимоги, враховуючи їх якісні характеристики, а також забезпечити їх узгодження з визначеними ризиками. На рис. 3 зображено основні процеси, автоматизація яких є необхідною для ефективної роботи аналітика.

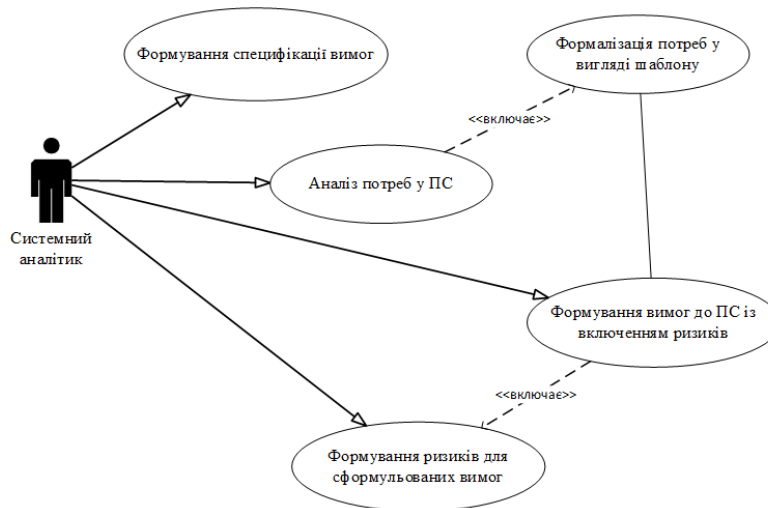


Рис. 3. Діаграма прецедентів «Системний аналітик»

До компетенції системного аналітика входить формування узгодженого набору вимог до програмного продукту з одночасним врахуванням ризиків, які були визначені експертом. Ключовим завданням є забезпечення їх трасування – тобто простежуваності вимог і ризиків між різними етапами життєвого циклу системи.

Отже, розроблені діаграми прецедентів описують взаємодію всіх учасників процесу розробки, забезпечують системний підхід до управління ризиками відповідно до SEI-моделі та створюють основу для подальшого проектування архітектури програмного засобу підтримки процесів управління ризиками.

УДК 004.72

С. Орлов, аспірант, С. Марценко, к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ІТ ЛОГІСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

S. Orlov, PhD student, S. Martsenko, Ph.D., Assoc. Prof

RESEARCH OF IT LOGISTICS MODELS

Активний розвиток електронної комерції та глобальна цифровізація усіх сфер життя змінюють вимоги до ІТ логістичних моделей і їх використання. Сюди можна віднести концептуальні та математичні моделі, що впливають на підтримку, оптимізацію та автоматизацію логістичних процесів [1].

Структурні моделі відповідають за відображення загальної будови логістичних систем та описують ланцюг постачання, взаємодію складів, транспортних вузлів і виробничих потужностей. Прикладом є модель SCOR (Supply Chain Operations Reference), яка використовується для аналізу та вдосконалення ланцюгів постачання.

Процесні моделі в основному описують бізнес-процеси, такі як закупівля, складування, транспортування та управління замовленнями. Основною ціллю таких

моделей є оптимізувати послідовність операцій, зменшити витрати та підвищити швидкодію логістичних завдань.

Математичні та оптимізаційні моделі застосовуються для точних розрахунків і планування. Сюди належать моделі оптимізації маршрутів (VRP — Vehicle Routing Problem), моделі управління запасами (EOQ, ABC/XYZ), а також методи лінійного та нелінійного програмування. Для їх реалізації використовуються інструменти Python, R, MATLAB та спеціалізовані системи, наприклад, AnyLogic чи Lingo.

Імітаційні моделі дають змогу відтворювати логістичні процеси у віртуальному середовищі. Сюди відносять агентне моделювання, дискретно-подійне або системна динаміка.

Цифрові двійники (Digital Twin) створюють цифрову копію логістичної системи, яка працює в режимі реального часу. Вони дають змогу прогнозувати можливі збої та оптимізувати роботу транспорту й складів.

Інформаційно-аналітичні та Big Data моделі використовуються для прогнозування попиту, аналізу ризиків, оптимізації запасів і вибору найкращих постачальників. У цьому випадку застосовуються алгоритми машинного навчання — нейронні мережі, регресійні моделі та дерева рішень.

Моделі інтеграції IT-систем показують, як взаємодіють різні корпоративні системи: ERP (SAP, Oracle), WMS (складські системи), TMS (транспортні системи) та MRP (системи планування ресурсів). Таким чином, кожен тип моделі виконує свою роль — від опису структури та процесів до точних розрахунків, симуляцій і цифрових двійників, що забезпечує комплексне управління логістичною системою.

Література

1. How Does Digital Transformation Impact Logistics – Now and in The Future? - Camelot Management Consultants. Camelot Management Consultants. URL: <https://www.camelot-mc.com/blog/how-does-digital-transformation-impact-logistics-now-and-in-the-future/> (date of access: 18.11.2025).

УДК 681.518.3

Г.М. Осухівська, к.т.н., доц.; А.В. Коритко; А.М. Паламар, к.т.н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ У ПРОЦЕСІ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ

Н.М. Osukhivska, Ph.D., Assoc. Prof.; A.V. Korytko; A.M. Palamar, Ph.D., Assoc. Prof.
**REAL-TIME COMPUTER SYSTEM FOR ANALYZING ELECTROMYOGRAPHIC
SIGNALS DURING PATIENT REHABILITATION**

У сучасних умовах розвитку медичних технологій важливого значення набувають системи, здатні забезпечувати безперервний контроль фізіологічних показників пацієнта під час реабілітації. Електроміографічні (ЕМГ) сигнали, що відображають електричну активність м'язів, є ключовим індикатором стану опорно-рухового апарату, рівня м'язової взаємодії та динаміки відновлення після травм чи захворювань. Традиційні системи ЕМГ-моніторингу здебільшого громіздкі, маломобільні та потребують присутності фахівця, що ускладнює їх використання у позаклінічних умовах. Наявні рішення або потребують спеціалізованого обладнання, або не

забезпечують достатньої швидкодії й точності для аналізу м'язових скорочень. Актуальність дослідження пов'язана з потребою створення доступної системи, що дозволяє здійснювати збір, обробку та передачу ЕМГ-сигналів у режимі реального часу з можливістю віддаленого контролю.

Метою роботи є розроблення IoT-орієнтованої комп'ютерної системи для безперервного аналізу ЕМГ-сигналів у процесі реабілітації пацієнтів. Розроблена система базується на мікроконтролерному модулі ESP32 TTGO, який забезпечує достатні ресурси для локальної попередньої обробки сигналу, а також підтримує Wi-Fi технологію та MQTT-протокол для інтеграції в IoT-інфраструктуру. Сигнал зчитується за допомогою біомедичного модуля AD8232, що виконує фільтрацію та підсилення слабких мікрровольтних коливань, характерних для ЕМГ-активності. Отриманий аналоговий сигнал оцифровується вбудованим АЦП ESP32, проходить нормалізацію, фільтрацію, після чого передається на IoT-платформу Ubidots.

Хмарна платформа забезпечує візуалізацію даних у вигляді графіків, панелей стану та статистичних показників, дозволяючи лікарю або реабілітологу отримувати інформацію в реальному часі та відстежувати прогрес відновлення пацієнта. Застосування MQTT-протоколу гарантує низьку затримку передавання даних, що є критично важливим для задач реального часу. Крім того, система дозволяє зберігати історію сигналів, що забезпечує можливість довгострокового аналізу, виявлення аномалій та адаптивного налаштування програм реабілітації.

Однією з ключових переваг запропонованої системи є її мобільність та низька вартість у порівнянні з комерційними медичними комплексами. Вона забезпечує достатню точність для практичних задач відновлення м'язових функцій, підтримує віддалений доступ, працює без необхідності спеціалізованого обладнання та може бути інтегрована у домашні умови. Крім того, застосування відкритих апаратних платформ дозволяє масштабувати систему та розширювати її функціональність.

Розроблена комп'ютерна система реального часу забезпечує ефективний дистанційний моніторинг ЕМГ-сигналів і може бути застосована для медичних та наукових досліджень. Вона дозволяє підвищити якість реабілітаційного процесу, забезпечуючи безперервний зворотний зв'язок, оперативний аналіз та можливість віддаленого контролю.

УДК 004.9:620.9

А.В. Павлик, А.М. Паламар, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ У РОЗУМНОМУ БУДИНКУ

A. V. Pavlyk, A.M. Palamar, PhD.

COMPUTERIZED SYSTEM FOR ENERGY-EFFICIENT CONTROL OF A SOLAR POWER PLANT IN A SMART HOME

Розвиток відновлюваної енергетики та зростання тарифів на електроенергію актуалізують підвищення енергоефективності житлових будинків [1]. Перспективним рішенням є кіберфізична система розумного будинку з сонячною електростанцією (СЕС) та акумуляторною батареєю, яка динамічно керує потоками енергії між СЕС, будинком, накопичувачем та мережею [2].

Мета роботи – розробити відкриту систему енергоменеджменту, що підвищує самоспоживання генерації СЕС і зменшує споживання з електромережі шляхом оптимізації керованих навантажень. Архітектура базується на Raspberry Pi 4 з Home Assistant і MQTT-брокером Mosquitto, контролері ESP32 як шлюзі до гібридного інвертора, сервісі Batmon для доступу до BMS та ZeroTier One для безпечного віддаленого доступу.

Побудовано спрощену енергетичну модель системи з виділенням потужностей генерації СЕС, споживання будинку, заряджання/розряджання акумулятора, обміну з мережею та рівня заряду SOC. Споживання поділено на базове й кероване. Як основне кероване навантаження розглянуто електричний бойлер. На основі моделі реалізовано rule-based сценарії енергоменеджменту в Home Assistant: бойлер вмикається за надлишкової генерації та достатнього SOC і вимикається при його зниженні нижче порога чи тривалому дефіциті потужності.

Експерименти показали збільшення частки енергії СЕС, використаної на власні потреби, зменшення імпорту з мережі та більш ощадний режим роботи акумулятора. Порівняння з відомими підходами до керування побутовими фотоелектричними системами демонструє підвищену гнучкість запропонованої реалізації завдяки використанню відкритих апаратно-програмних компонентів [2]. Запропонована система може бути адаптована до різних типів інверторів, конфігурацій СЕС і профілів споживання, що спрощує її практичне впровадження в реальних домогосподарствах.

Отримані результати створюють підґрунтя для подальшої інтеграції методів прогнозного керування та економічної оптимізації режимів роботи з урахуванням тарифних планів і поведінки користувачів.

Література

1. Bagdadee A. H., Rahman M. S., Al Mamoon I., Hossain M. R. Empowering smart homes by IoT-driven hybrid renewable energy integration for enhanced efficiency. Scientific Reports, 2025, Vol. 15, No. 1, Art. 41491.
2. Tradacete-Ágreda M., Sánchez-Pérez A., Santos-Pérez C., Velasco-Gómez J. Smart energy management for residential PV microgrids: ESP32-based indirect control of commercial inverters for enhanced flexibility. Sensors, 2025, Vol. 25, No. 21, Art. 6595.

УДК 681.518.3

М.І. Паламар, д.т.н., проф.; Ю.А. Удич; А.М. Паламар, к.т.н., доц.; М.Р. Франків
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ІОТ ТЕХНОЛОГІЙ

M.I. Palamar, Dr., Prof.; Y.A. Udych; A.M. Palamar, Ph.D., Assoc. Prof.; M.R. Frankiv
**INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM FOR MONITORING SMART
HOME PARAMETERS BASED ON IOT TECHNOLOGIES**

У сучасних умовах розвиток технологій Інтернету речей забезпечує новий рівень автоматизації та цифровізації житлових приміщень. Розумні будинки стають інтегрованими системами, здатними здійснювати моніторинг параметрів мікроклімату, виявляти потенційно небезпечні ситуації та забезпечувати комфортне середовище для користувачів. Одним із ключових напрямів розвитку таких технологій є побудова

інформаційно-вимірювальних систем, що працюють у режимі реального часу та взаємодіють із хмарними платформами.

Проблема, що розглядається в цьому дослідженні, полягає у створенні доступної, надійної та енергоефективної системи моніторингу параметрів житлового приміщення з можливістю дистанційного керування. Актуальність теми визначається зростанням потреби у підвищенні безпеки, комфорту та ефективності використання ресурсів у житлових будівлях. Мета дослідження полягає в розробці методів та засобів побудови IoT-орієнтованої інформаційно-вимірювальної системи, що базується на доступних мікроконтролерних технологіях та здатна забезпечити комплексний контроль параметрів розумного будинку.

Запропонована система складається з низки апаратних і програмних компонентів, інтегрованих у єдину IoT-архітектуру. Центральним елементом виступає мікроконтролерний Wi-Fi модуль NodeMCU, який забезпечує збирання даних, локальну обробку та бездротову передачу інформації у хмару. Для вимірювання освітленості застосовано цифровий давач BH1750FVI, що забезпечує високу точність і швидкість зчитування рівня освітлення. Контроль температури й вологості виконується за допомогою давача DHT22. Виявлення диму та горючих газів здійснюється модулем MQ-2, що підвищує рівень безпеки житлового приміщення. Для локального відображення зібраних даних використовується OLED-дисплей, що дозволяє оперативно переглядати параметри системи без доступу до Інтернету.

Хмарна взаємодія реалізована на базі Arduino Cloud, що забезпечує збирання, візуалізацію та збереження даних, а також дистанційне керування виконавчими пристроями. Логіка роботи програми мікроконтролера передбачає циклічне зчитування параметрів, їх первинну фільтрацію, передачу до хмари та отримання команд користувача. У разі виявлення критичних значень система може виконувати локальні аварійні функції, наприклад запуск вентиляції чи подачу сигналізації. Комунікація з Arduino Cloud забезпечує можливість віддаленого контролю з будь-якої точки світу.

Перевагами запропонованої системи є її модульність, низька вартість, доступність компонентів, простота інтеграції та масштабованість. Завдяки використанню хмарної платформи забезпечено високий рівень зручності для користувача, а вибір малопотужних сенсорів і мікроконтролера сприяє енергоефективності.

Розроблена IoT-орієнтована інформаційно-вимірювальна система є ефективним рішенням для моніторингу та управління параметрами розумного будинку. Система забезпечує збір широкого спектра даних, інтеграцію з хмарними сервісами та можливість дистанційного керування у режимі реального часу.

УДК 57.087.1

Ю.Б. Паляниця, к.т.н.; М.Ю. Ковальчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ЛІТАЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ЇХ АКУСТИЧНИМИ СИГНАТУРАМИ

Y.B. Palianytsia PhD, M.Y. Kovalchuk

METHOD OF INTELLIGENT CLASSIFICATION OF FLYING OBJECTS BY THEIR ACOUSTIC SIGNATURES

Акустична класифікація літаючих об'єктів є актуальною задачею у контексті систем моніторингу повітряного простору. Основна мета дослідження полягає у

розробці ефективного методу розпізнавання типу літального апарату за його звуковою сигнатурою з використанням інтелектуальних алгоритмів. Звуковий сигнал літаючого об'єкта формується комбінацією гармонік від двигунів, резонансів корпусу та аеродинамічного шуму, що створює унікальний акустичний відбиток кожного класу об'єктів.

Звуковий сигнал описується функцією $x(t)$, що представляє зміну амплітуди акустичного тиску у часі. Основними характеристиками є амплітуда A , частота f , фаза ϕ та тривалість T . Дискретизований сигнал представляється як $x[n] = x(nT_s)$, де $T_s = 1/f_s$ - період дискретизації, f_s - частота дискретизації. Енергія сигналу визначається як

$$E = \sum_{n=1}^N |x[n]|^2, \text{ а середня потужність як } P = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |x[n]|^2.$$

Важливим етапом, що передуює класифікації є попередня обробка сигналів [1,2], зокрема нормалізація сигналу здійснюється за формулою $\tilde{x}[n] = \frac{x[n] - \mu}{\sigma}$, де

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x[n] - \text{середнє значення, } \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x[n] - \mu)^2} - \text{стандартне відхилення.}$$

Фільтрація шуму реалізується через смуговий фільтр з передатною функцією $H(f) = \begin{cases} 1, & f_1 \leq f \leq f_2 \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$, де $[f_1, f_2]$ - діапазон робочих частот. Для адаптивного шумозаглушення використовується фільтр Вінера $W(f) = \frac{S_{xx}(f)}{S_{xx}(f) + S_{nn}(f)}$,

де $S_{xx}(f)$ - спектральна щільність сигналу, $S_{nn}(f)$ - спектральна щільність шуму.

Часові ознаки включають короткочасну енергію [3] $E_k = \sum_{n=kH}^{kH+W-1} x^2[n]$, швидкість перетину нуля $ZCR_k = \frac{1}{2W} \sum_{n=kH}^{kH+W-1} |\text{sgn}(x[n]) - \text{sgn}(x[n-1])|$, де W - розмір вікна,

H - крок зсуву. Частотні характеристики отримуються через перетворення Фур'є $X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j2\pi kn/N}$, спектральний центроїд $SC = \frac{\sum_{k=1}^K f_k |X(k)|}{\sum_{k=1}^K |X(k)|}$ та спектральний

$$\text{розкид } SS = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K (f_k - SC)^2 |X(k)|}{\sum_{k=1}^K |X(k)|}}.$$

Методи на основі спектрального аналізу включають швидке перетворення Фур'є, яке реалізується за алгоритмом $X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] W_N^{kn}$, де $W_N = e^{-j2\pi/N}$, з обчислювальною складністю $O(N \log N)$. Спектрограма формується через короткочасне перетворення Фур'є $S(t, f) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) w(\tau - t) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \right|^2$, де $w(t)$ - віконна функція Хеммінга $w[n] = 0.54 - 0.46 \cos(2\pi n/N)$.

Вейвлет-аналіз базується на перетворенні $W(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$, де $\psi(t)$ - материнський вейвлет, a - параметр масштабу, b - параметр зсуву. Вейвлет Морле визначається як $\psi(t) = \frac{1}{\sqrt[4]{\pi}} e^{j\omega_0 t} e^{-t^2/2}$, що забезпечує оптимальну локалізацію у часі та частоті.

Мел-кепстральні коефіцієнти обчислюються через послідовність перетворень: дискретне перетворення Фур'є, застосування мел-фільтрів $M(f) = 2595 \log_{10}(1 + f/700)$, логарифмування енергій та дискретне косинусне перетворення $MFCC[m] = \sum_{k=1}^K \log(E_k) \cos\left[m(k - 0.5) \frac{\pi}{K}\right]$, де E_k - енергія в k -му мел-каналі, $m = 1, 2, \dots, M$ - номер коефіцієнта.

До статистичних методів відносимо кореляційний аналіз оцінює схожість двох сигналів через функцію взаємної кореляції $R_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) y(t + \tau) dt$, у дискретній формі $R_{xy}[m] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] y[n + m]$. Автокореляційна функція

$R_{xx}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)x(t+\tau)dt$ визначає періодичність сигналу та використовується для детектування основної частоти. Коефіцієнт кореляції Пірсона $\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$ кількісно оцінює лінійний зв'язок між сигналами.

Методи на основі шаблонного співставлення включають алгоритм динамічного розтягування DTW, що мінімізує відстань між двома послідовностями через матрицю накопичених відстаней $D(i, j) = d(x_i, y_j) + \min\{D(i-1, j), D(i, j-1), D(i-1, j-1)\}$, де $d(x_i, y_j) = |x_i - y_j|$ - локальна відстань. Оптимальний шлях знаходиться через зворотний прохід матриці D . Еталонна бібліотека формується з набору $\{T_1, T_2, \dots, T_C\}$ шаблонів для C класів, класифікація виконується за принципом $\hat{c} = \operatorname{argmin}_c DTW(x, T_c)$.

Методи розпізнавання на основі машинного навчання є найбільш сучасними [4], до яких входить багат шарова нейронна мережа яка реалізує відображення $f: \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}^C$ через послідовність перетворень $h^{(l)} = \sigma(W^{(l)}h^{(l-1)} + b^{(l)})$, де $\sigma(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}$ - сигмоїдна функція активації, $W^{(l)}$ - матриця ваг, $b^{(l)}$ - вектор зміщень. Функція втрат для задачі класифікації $L = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^C y_{ic} \log(\hat{y}_{ic})$, де y_{ic} - істинна мітка, $\hat{y}_{ic}$ - передбачення.

Також в роботі нами використано згорткову нейронну мережу, яка показала найвищу точність класифікації 92%, вона виконує операцію згортки $(x * w)[n] = \sum_{m=-M}^M x[n-m]w[m]$, пулінгу $p[n] = \max_{k \in R_n} h[k]$ та повнозв'язних шарів.

Рекурентна ж мережа LSTM оперує з послідовностями через вентиля забування $f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f)$, входу $i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i)$, виходу $o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o)$ та стан $c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c)$ комірки.

Метод опорних векторів знаходить гіперплощину $w^T x + b = 0$, що максимізує відстань до найближчих точок через оптимізацію $\min_{w,b} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^N \xi_i$ за умов $y_i(w^T x_i + b) \geq 1 - \xi_i$. Для нелінійної класифікації використовується ядрова функція $K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2)$, що відображає дані у простір вищої розмірності.

Література

1. Smith, Steven W. (1997). The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. California Technical Publishing.
2. Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (2006). Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications. Pearson.
3. Паляниця Ю. Б., Сверстюк А. С., Шадріна Г. М. Математичне та комп'ютерне моделювання фонокардіосигналів для удосконалення кардіодіагностичних систем : монографія. Львів : Магнолія-2006, 2020. 106 с. ISBN 5-211-05310-9.

ІНТЕГРАЦІЯ RULE-BASED АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОНІКИ

S.M. Panasenکو, N. S. Lutsyk Ph.D., Assoc. Prof

INTEGRATING RULE-BASED ALGORITHMS AND ML METHODS FOR ENHANCING ELECTRONICS TESTING PRECISION

Розвиток радіоелектронної промисловості характеризується постійним зменшенням розмірів компонентів та підвищенням щільності їх монтажу. Це створює більш жорсткі вимоги до систем автоматизованого тестування та контролю якості. Традиційні підходи до виявлення дефектів, стають недостатньо ефективними для діагностики складних інтегральних схем та точних компонентів. Головною проблемою залишається баланс між швидкістю тестування та його достовірністю, особливо в умовах масового виробництва.

Існуючі методи класифікації дефектів базуються на багатьох різних ознаках. Їх можна поділити на дві великі групи. Перша група це детерміновані алгоритми на основі Rule-based правил, друга - стохастичні методи машинного навчання. Методи Rule-based базуються на чітко визначених порогових значеннях, а саме допуски напруги, струму, опору тощо. Їхніми перевагами є висока швидкодія, прозорість прийняття рішень та низька обчислювальна складність. Однак, суттєвим недоліком є нездатність виявляти “приховані” аномалії, які формально вкладаються у допуски, але свідчать про деградацію компонента. Прикладом може бути зміна форми сигналу або нестабільність характеристик із часом їх експлуатації. У свою чергу методи Machine Learning, здатні виявляти нелінійні залежності та складні патерни дефектів. Однак застосування цих моделей для перевірки кожного компонента є ресурсомістким завданням, що може сповільнювати конвеєр тестування. ML-моделі можуть бути схильні до перенавчання і потребують великих розмічених вибірок даних. Для вирішення цього можна використати інтеграції обох підходів у єдину гібридну систему, що полягає у використанні двоступеневого підходу опрацювання даних вимірювання.

Перший етап можна описати як фільтрацію. На вході системи застосовується модуль Rule-based логіки. Його завдання - відсіювання компонентів з явними “грубими” дефектами, такі як замикання, обрив, значні відхилення номіналу. Це дозволить значно швидше класифікувати більшу частину браку, не залучаючи обчислювальних ресурсів.

На другому етапі відбувається інтелектуальний аналіз. Компоненти, які пройшли первинний контроль, але мають граничні показники або ж демонструють нестандартну поведінку, передаються на вхід ML-модуля. У ньому застосовуються алгоритми машинного навчання для детальнішого аналізу сукупних параметрів. Також доцільним буде використання методів виявлення аномалій для ідентифікації нових типів дефектів, що не описані жорсткими правилами.

Переваги використання гібридної моделі це підвищення точності, оптимізація швидкості та адаптивність.

Використання гібридних алгоритмів є перспективним напрямком для розвитку та аналізу систем комп'ютерного тестування, що дозволяє створити гнучкий інструмент, що забезпечить високу надійність контролю якості електронних пристроїв.

ВБУДОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ ДИХАЛЬНИХ ЗВУКІВ**A. Pentsak, Yu. Leshchyshyn, Ph.D.****EMBEDED SYSTEM FOR COMPUTER ANALYSIS OF RESPIRATORY SOUNDS**

Комп'ютерний аналіз дихальних звуків (CORSA - Computerized Respiratory Sound Analysis) використовується для діагностування захворювань пов'язаних із звуженням бронхів (астма, бронхіт). Зокрема завданням CORSA є детекція високочастотного впорядкованого, тонального звуку (свистячого хрипу) на фоні низькочастотного хаотичного шуму нормального дихання. Перевагою CORSA над аускультациєю є об'єктивність діагностики, що не залежить від слуху і досвіду лікаря [1]. Застосування сучасних технологій гарантує поширення методу CORSA у кожную амбулаторію, шляхом створення вбудованих систем і додатків, на його основі.

Конструкція такої вбудованої системи повинна фіксувати акустичні шуми за допомогою мікрофона, та підсилювати їх мікрофонним підсилювачем із відповідною смугою частот щоб відсікати завади на частотах що не використовуються в аналізі. Отримані сигнали оцифровуються вбудованим 12 розрядним аналого-цифровим перетворювачем та обробляються мікроконтролером наступною передачею даних у мобільний телефон за допомогою модуля Bluetooth. Мобільний телефон є аналізатором та екраном для результатів цифрового аналізу.

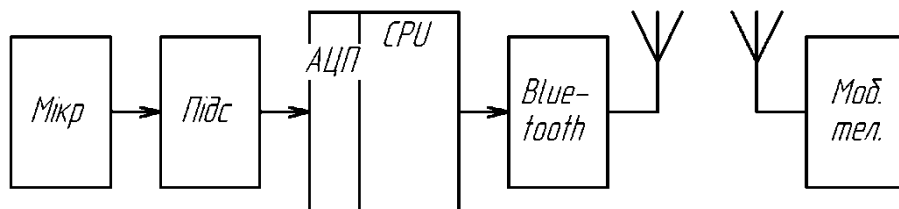


Рисунок 1. Структурна схема вбудованої системи для аналізу дихальних звуків

Запропонована вбудована система виконує попереднє опрацювання дихальних звуків та формує пакети для передачі даних на мобільний телефон. Телефон виконує цифровий аналіз за методами рекомендованими для CORSA [2]. Також доцільно додати до методів цифрового аналізу можливість вибору деяких функцій і параметрів спектрального аналізу, зокрема різних типів віконних функцій та розмір ковзного вікна при Фур'є перетворенні що підвищить роздільну здатність і деталізацію спектру. Вибір типів вікон та розміру ковзного вікна потребує детальнішого дослідження на медичних сигналах із різними патологічними шумами.

Література

1. Earis J., Cheetham B. Current methods used for computerized respiratory sound analysis. European Respiratory Review. 10. (2000). 586-590.

2. Palaniappan R., Sundaraj K., Ahamed N., Arjunan A., Sundaraj S., Computer-Based Respiratory Sound Analysis: A Systematic Review. IETE Technical Review. 33. (2013). 248-256. 10.4103/0256-4602.113524.

УДК 004.056.5:378.147

В.С. Пиж, ст.гр. СБмд-61

(Тернопільський національний технічний університет, імені Івана Пулюя, Україна)

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ЗАХИЩЕНОГО ВІРТУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

V. S. Pyzh, st. gr. SBmd-61

INNOVATIVE APPROACH TO BUILDING A SECURE VIRTUAL ENVIRONMENT FOR THE EDUCATIONAL PROCESS

Стрімка цифровізація освіти вимагає нових підходів до створення безпечних віртуальних платформ, здатних підтримувати якісний навчальний процес. З огляду на зростання кіберризиків важливим є розроблення рішень, що поєднують інноваційні технології та ефективні механізми захисту. У роботі розглядається концепція побудови захищеного віртуального середовища, яке відповідає сучасним викликам та потребам учасників освітнього процесу.

Для побудови навчального середовища було обрано Proxmox Virtual Environment (PVE).

Proxmox Virtual Environment (PVE) є потужним рішенням Type 1 ("bare-metal") для віртуалізації, що базується на Debian Linux та поєднує KVM, LXC та функції кластеризації. Завдяки відкритому коду (GNU AGPLv3) та відсутності обов'язкових ліцензійних платежів, PVE ідеально підходить для малого та середнього бізнесу, освітніх установ та домашніх лабораторій, пропонуючи функціонал рівня Enterprise з обмеженим бюджетом.

Ключові перевагами та архітектурою Proxmox VE є наступне:

Proxmox VE об'єднує два типи віртуалізації в одному веб-інтерфейсі: KVM для повної апаратної віртуалізації будь-яких ОС і LXC для легких контейнерів Linux із мінімальними накладними витратами. Такий підхід дозволяє ефективно ізолювати сервіси та одночасно підтримувати широкий спектр операційних систем.

Система підтримує вбудовану кластеризацію та високу доступність (HA). Corosync синхронізує конфігурацію між вузлами, менеджер HA автоматично перезапускає критичні VM або контейнери у разі збою, а жива міграція забезпечує переміщення працюючих VM без простою.

Proxmox VE також пропонує гнучку роботу зі сховищами: ZFS забезпечує цілісність даних, миттєві знімки та управління дисковими пулами, а інтеграція з Ceph дозволяє створити розподілене відмовостійке сховище на базі локальних дисків усіх вузлів, замінюючи потребу у дорогому зовнішньому SAN.

Передбачається встановлення та налаштування Proxmox Virtual Environment (PVE).

Важливим в роботі є питання захисту та рекомендації (кроки), покликані зробити навчальне середовище максимально безпечним. В наступній таблиці приведені основні напрямки безпеки та описано їх вирішення

Таблиця 1. Ключові напрями та кроки забезпечення безпеки в середовищі Proxmox

Напрямок безпеки	Ключові кроки
Доступ по SSH	Вимкнути вхід для root. Використовувати автентифікацію на основі SSH-ключів. Застосувати Fail2ban проти брутфорсу.
Мережевий Екран	Увімкнути фаєрвол Proxmox. Встановити політику заборонити все за замовчуванням (deny-all) та додати винятки лише для необхідних портів (8006/TCP, SSH).
Автентифікація	Увімкнути 2FA (TOTP, WebAuthn) для всіх адміністративних облікових записів.
Управління Доступом (RBAC)	Уникати root для повсякденних завдань. Створювати окремі облікові записи з мінімально необхідними ролями та дозволами.
Оновлення та Моніторинг	Регулярно встановлювати оновлення безпеки. Перенаправляти системні журнали (syslog) на централізований сервер журналювання.
Резервні Копії	Використовувати клієнтське шифрування та незмінні резервні копії (immutable backups) через Proxmox Backup Server (PBS).
Веб-Інтерфейс	Замінити самопідписаний сертифікат на сертифікат від довіреного ЦС (наприклад, Let's Encrypt).

Забезпечення інформаційної безпеки у віртуалізованому середовищі Proxmox є одним із ключових етапів його впровадження в освітній або корпоративній інфраструктурі. Використання широкого набору вбудованих механізмів захисту дозволяє підвищити стійкість системи до зовнішніх та внутрішніх загроз. Основна увага приділяється організації автентифікації користувачів, зокрема впровадженню двофакторної автентифікації (2FA), що є обов'язковою умовою для адміністративних облікових записів, включаючи root@pam.

Важливою складовою є захист каналу віддаленого доступу, який передбачає зміну стандартного SSH-порту, відмову від використання паролів та дозвіл доступу виключно за SSH-ключами. Додатково рекомендується створення окремого користувача з правами sudo та повне відключення входу під обліковим записом root, що зменшує ризики експлуатації вразливостей.

Суттєве значення має налаштування вбудованого фаєрвола Proxmox на рівні датацентру, встановлення політики DROP за замовчуванням та дозвіл лише критично необхідних портів, включно з обмеженням доступу за визначеними IP-адресами. Для підвищення стійкості до brute-force атак впроваджується Fail2ban, який контролює активність на SSH та веб-інтерфейсі Proxmox, встановлюючи низькі ліміти на кількість спроб входу та подовжені періоди блокування.

Регулярний аудит системи забезпечується через використання інструментів rkhunter та Lynis, що дозволяють виявляти потенційні вразливості конфігурації та стежити за станом системної безпеки. Завершальним елементом комплексного підходу виступає продумана стратегія резервного копіювання, яка включає щотижневі повні та щоденні інкрементальні копії з визначеною політикою зберігання, що гарантує відновлюваність критичних даних та безперервність роботи інфраструктури.

Proxmox VE є повноцінною альтернативою комерційним гіпервізорам, лідируючи в ніші Open Source платформ. Його переваги — інтеграція KVM/LXC, безкоштовна кластеризація та відсутність Vendor Lock-in — роблять його ідеальним вибором для SMB, яким потрібна висока продуктивність, гнучкість і значна економія коштів.

Література

1. Alfaif, Aam Kholid, Puspada Hatta, and Endar Suprih Wihidayat. "Performance Analysis of Proxmox and Virtualbox with Overhead and Linearity Parameters to Support Server Administration Practice." *Journal of Informatics and Vocational Education* 7, no. 2 (2024): 35–41. <https://doi.org/10.20961/joive.v7i2.2399>. URL: <https://doi.org/10.20961/joive.v7i2.2399>.
2. Ramdhani, Muhammad Dzikri, Muhammad Barez Sapado Siregar, Hilma Hayati, Riki Maulana, and Muhammad Febristo Robidullah. "Meningkatkan Efisiensi dan Skalabilitas Infrastruktur TI dengan Proxmox VE: Studi Kasus Implementasi dan Konfigurasi." *Karimah Tauhid* 3, no. 8 (2024): 8631–36. URL: <http://dx.doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i8.14326>.

УДК 656.098

О.Б. Пйонтковський ст.групи ЕА-324

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Україна)

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ МІКРОКОНТРОЛЕРИ ДЛЯ АВТОНОМНИХ ІОТ-ПРИСТРОЇВ

Piontkovskuy O.B. student of group EA-324

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methodologist

ENERGY-EFFICIENT MICROCONTROLLERS FOR AUTONOMOUS IOT DEVICES

Отже, що ж таке мікроконтролер для IoT? Це компактний малопотужний електронний пристрій, відомий як мікроконтролер для Інтернету речей, створений для управління зв'язаними пристроями та датчиками в системі Інтернету речей. Мікроконтролер діє як мозок пристроїв IoT, дозволяючи їм збирати дані про навколишнє середовище, обробляти їх та підключатися до інших пристроїв або систем IoT через мережу.

Найкращі енергоефективні мікроконтролери для автономних IoT-пристроїв — це STM32U5, ESP32-S3, Nordic nRF52 та RP2040. Вони поєднують низьке енергоспоживання з високою продуктивністю та безпекою.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика мікроконтролерів

Модель	Ядро	Частота (МГц)	Пам'ять (Flash/Ram)	Бездротові інтерфейси	Енергоспоживання	Особливості
STM32U5	ARM Cortex-M33	До 160	до 2MB / до 786KB	через зовнішні модулі	Наднизьке (Stop < 1µA)	TrustZone, AES, USB, LCD, ADC
ESP32-S3	2× Xtensa LX7	До 240	до 8MB / до 512KB	Wi-Fi 4, BLE 5.0	DeepSleep ~20µA	AI підтримка, голос, камера
Nordic nRF52	ARM Cortex-M4	До 64	до 1MB / до 256KB	BLE 5.0, ANT, NFC	наднизьке (Sleep ~1µA)	BLE маячки, медичні пристрої
RP2040	2×	До 133	2MB	через	~1.5mA	Дешевий,

	ARM Cortex- M0+		(зовнішнє) / 264KB	зовнішні модулі	активний	простий, підтримка MicroPython

STM32U5 — буде найкращий вибір для критичних енергоефективних застосунків з високою безпекою.

ESP32-S3 — ідеальний для пристроїв з Wi-Fi/BLE та AI-обробкою.

Nordic nRF52 — лідер у BLE-пристроях з наднизьким споживанням.

RP2040 — бюджетний варіант для прототипування, не має вбудованого бездротового зв'язку.

У сучасних умовах стрімкого розвитку Інтернету дуже важливим є вибір мікроконтролерів, здатних забезпечити тривалу автономну роботу при мінімальному енергоспоживанні. Такі рішення, як STM32U5, ESP32-S3, Nordic nRF52 та RP2040, показують різні підходи до балансу між продуктивністю, бездротовими можливостями та енергоефективністю. Вибір мікроконтролера залежить від конкретних вимог до пристрою — тривалості роботи від батареї, типу бездротового зв'язку, обчислювальних потреб та інших. Рациональне використання енергозберігаючих режимів та правильне проектування системи дозволяє значно продовжити термін служби автономних IoT-рішень, що є ключовим фактором для сталого розвитку технологій майбутнього.

Література

1. Найкращі мікроконтролери для IoT-проектів URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/best-microcontroller-for-iot-to-elevate-your-iot-development/>

2. Обговорення вибору мікроконтролерів для IoT та вбудованих систем URL: <https://dou.ua/forums/topic/52283/>

3. Брицький В. Архітектура IoT-рішень та принципи проектування систем. Кваліфікаційна робота магістра. Хмельницький. 2025. 100 с. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f3666bfb-3470-4287-9f32-40fbf4c8ef6e/content>

УДК 004.93

І. І. Поліщук, Н.С. Луцик доктор філософії, доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕЛОМІВ НА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

I. I. Polishcuk, N. S. Lutsyk Ph.D., Assoc. Prof.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR FRACTURE DETECTION IN MEDICAL IMAGES

У сучасній медичній візуалізації значна увага приділяється автоматизованим методам виявлення патологій на рентгенограмах, зокрема переломів, що підвищує якість діагностики та зменшує навантаження на лікарів. Виявлення переломів на рентгенограмах є складним завданням через варіативність зображень, пов'язану з різними анатомічними областями, такими як кінцівки чи таз, а також через артефакти, спричинені імплантатами чи нерівномірним освітленням [1].

Традиційні методи цифрової обробки — порогова сегментація й детекція контурів (Собеля, Кенні) — дають змогу знаходити розриви кісткової структури, проте чутливі до шумів і потребують ручного налаштування параметрів. Дослідження показують, що такі методи досягають точності близько 70-80%, але їх ефективність знижується на складних випадках, як-от неповні переломи без чіткого зміщення фрагментів [2].

Подальший розвиток пов'язаний із використанням машинного навчання, зокрема SVM і випадкових лісів, що працюють з попередньо виділеними ознаками (текстурні дескриптори Haralick, LBP). Такі підходи покращують точність до 85–90%, але залежать від якості та репрезентативності ознак [3].

Револьюційні зрушення принесло глибоке навчання. Згорткові нейронні мережі, як-от ResNet чи EfficientNet, забезпечують обробку зображень у форматі end-to-end і демонструють точність понад 95% на задачах класифікації переломів. EfficientNet-B4 поєднує високу точність із помірними обчислювальними витратами, що робить її придатною для інтеграції у веб-сервіси медичної діагностики [4].

Для задач не лише класифікації, а й локалізації переломів, застосовуються об'єктно-детекційні моделі, такі як YOLOv8, які одночасно виконують сегментацію та класифікацію, генеруючи bounding boxes навколо патологій з метриками mAP@0.5 близько 93-94%. Це дозволяє візуалізувати точне місце перелому, що є цінним для клініцистів, хоча вимагає більших обчислювальних ресурсів через багатопарову архітектуру [5].

У сучасних системах застосовують гібридні підходи, де швидка бінарна класифікація (наприклад, EfficientNet) комбінується з локальним детектором (YOLOv8), що дозволяє оптимізувати час обробки та підвищити точність. Такі методи добре масштабуються у веб-сервісах і демонструють стабільність на різних анатомічних ділянках, хоча потребують вирішення проблеми дисбалансу класів через техніки аугментації [3].

Література

1. Іваненко С. М. Аналіз медичних зображень за допомогою глибокого навчання. *Вісник Національного технічного університету України "КПІ"*. Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування. 2022. № 88. С. 45–52.
2. Кіт А. М. Методи обробки медичних зображень: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 256 с.
3. Rahman T. et al. FracAtlas: A Dataset for Fracture Classification in Clinical X-Rays. *Scientific Data*. 2023. Vol. 10. Article 452.
4. Tan M., Le Q. V. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning*. 2019. С. 6105–6114.
5. Jocher G., Chaurasia A., Borovec J. YOLOv8: Ultralytics for Object Detection and Segmentation. *Ultralytics Documentation*. 2023.

РЕЗОНАНСНИЙ СЕЛЕКТОР СТРАТЕГІЙ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ CRM-СИСТЕМАХ

I.R. Ralik

RESONANT STRATEGY SELECTOR IN INTELLIGENT CRM SYSTEMS

Представлено підхід до побудови резонансного селектора стратегій у сучасних CRM-системах, що використовують методи когнітивного аналізу та машинного навчання. Селектор забезпечує автоматичний вибір оптимального сценарію взаємодії з клієнтом на основі інтегрального показника емоційно-когнітивного резонансу та додаткових контекстних параметрів. Запропонований підхід спрямований на підвищення точності персоналізації та результативності клієнтських комунікацій у автоматизованих сервісних системах.

Резонансний селектор стратегій у найпростішій формі виконує пошук сценарію відповіді з максимальним значенням емоційно-когнітивного резонансу. Проте в реальних умовах декілька сценаріїв можуть мати близькі резонансні значення, що потребує застосування розширеного адаптивного механізму вибору. Для цього селектор аналізує додаткові фактори, серед яких: частота успішних результатів конкретних сценаріїв у попередніх сесіях взаємодії, контекстні характеристики: тип клієнта, канал комунікації, час доби, емоційний тон отриманого повідомлення, історична ефективність сценаріїв у схожих ситуаціях, накопичена системою під час роботи, статистичні показники моделей ранжування, побудовані за допомогою алгоритмів машинного навчання.

Таким чином, резонансний селектор не обмежується стандартною процедурою вибору сценарію з максимальним резонансом, а реалізує адаптивну модель вибору, яка поєднує математичну оцінку резонансу з машинним навчанням. Для ранжування сценаріїв та прогнозування ймовірності успіху застосовуються алгоритми бібліотеки Scikit-learn, що дозволяє формувати багатфакторну модель ухвалення рішень, орієнтовану на індивідуальні характеристики клієнта та динаміку його поведінки. Важливим аспектом розвитку резонансного селектора є його здатність до самонавчання на основі накопичених даних та зворотного зв'язку від користувачів. Завдяки інтеграції з модулями глибинного аналізу поведінки клієнтів селектор може не лише коригувати вагові коефіцієнти факторів у процесі вибору, але й формувати нові сценарії взаємодії, що відповідають змінним тенденціям ринку та індивідуальним очікуванням клієнтів.

У висновку представлений резонансний селектор демонструє суттєві переваги над традиційними методами вибору комунікаційних сценаріїв, забезпечуючи підвищену точність, гнучкість та адаптивність, доповнений модулями емоційного аналізу, NLP-компонентами та механізмами самонавчання, що відкриває перспективи для створення високоінтелектуальних систем взаємодії з клієнтами.

Література

1. Raschka S., Liu Y. H., Mirjalili V. Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn: Develop machine learning and deep learning models with Python. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2022. С. 265.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАОТИЧНИХ І КЛАСИЧНИХ МЕТОДІВ ШИФРУВАННЯ З ТОЧКИ ЗОРУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ

I.I. Rii, Ye.V. Tysh, Ph. D.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CHAOTIC AND CLASSIC ENCRYPTION METHODS FROM THE POINT OF VIEW OF INFORMATION ENTROPY

Інформаційна ентропія є ключовим показником ефективності криптографічних методів, оскільки характеризує рівень непередбачуваності та статистичної рівномірності зашифрованих даних. Хаотичні системи завдяки чутливості до початкових умов, нелінійності та неперіодичності демонструють високий потенціал у формуванні перетворень із підвищеною ентропійністю. На відміну від класичних алгоритмів, де випадковість створюється детермінованими структурними елементами, хаотичні мапи формують нерегулярні траєкторії та послідовності, близькі до максимальної щільності інформації.

Сучасні дослідження показують (див.табл.1), що коректно реалізовані хаотичні алгоритми здатні забезпечувати ентропію шифротексту на рівні 7.98–7.999 біт для 8-бітних даних, що близько до ідеальної випадковості. Класичні криптосистеми (AES, Twofish, ChaCha20) демонструють подібні значення, однак їх ентропійні показники суттєво залежать від режиму шифрування та організації блоків, що визначає різницю у потенційній стійкості до статистичних атак.

Таблиця 1 – Порівняння хаотичних та класичних методів шифрування

Критерій	Хаотичні методи	Класичні методи
Середня ентропія шифротексту	7.95–7.999 біт/симв.	7.90–7.999 біт/симв. (залежно від режиму)
Джерело випадковості	Хаотичні динамічні мапи	Криптоперетворення на основі підстановок і перестановок
Чутливість до початкових вимог	Висока	Низька
Стійкість до статичного аналізу	Середня залежить від моделі хаосу)	Висока
Чутливість до параметрів	Висока (критичні параметри хаосу)	Низька

Попри високий ентропійний потенціал хаотичних методів, їх практичне застосування вимагає ретельного вибору параметрів, оскільки переходи між регулярним та хаотичним режимами можуть знижувати криптостійкість. Класичні ж алгоритми, навпаки, забезпечують стабільність та перевірену відповідність стандартам, але вимагають складної структурної організації для досягнення високої ентропії.

Таким чином, обидва підходи здатні забезпечувати високий рівень ентропії шифрованих даних, однак хаотичні системи мають потенціал перевищувати класичні методи за рахунок природної нелінійності та випадковості, що відкриває можливості для створення нових криптографічних примітивів.

УДК 004.5:004.93

Рожик А. М., здобувач вищої освіти

Жаровський Р.О. канд. техн. наук, доц

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРАЦІВНИКІВ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧОГО ЧАСУ ТА ДОСТУПУ ДО ПРИМІЩЕННЯ

Rozhyk A. M.

R.O. Zharovskyi PhD., Associate Prof.

METHODS AND SOFTWARE-HARDWARE MEANS OF EMPLOYEE IDENTIFICATION FOR DETERMINING WORKING TIME AND ACCESS TO PREMISES

Стрімкий розвиток цифрових технологій та підвищення вимог до корпоративної безпеки зумовили широке впровадження біометричних систем контролю та управління доступом. Такі системи забезпечують високий рівень захисту об'єктів та дозволяють автоматизувати облік робочого часу персоналу, використовуючи унікальні фізіологічні характеристики людини, такі як відбиток пальця, геометрія обличчя або голос. Проте практика експлуатації показує, що статичні біометричні системи, які покладаються на один фіксований метод ідентифікації, є вразливими до змін умов навколишнього середовища. Недостатнє або надмірне освітлення критично впливає на точність роботи алгоритмів розпізнавання обличчя, високий рівень акустичного шуму унеможливорює коректну ідентифікацію за голосом, а низькі температури або забруднення поверхонь знижують ефективність ємнісних та оптичних дактилоскопічних сканерів. Вказані фактори призводять до зростання кількості помилкових відмов у доступі, що знижує пропускну здатність контрольно-пропускних пунктів та створює незручності для користувачів [1].

Метою даного дослідження є підвищення надійності та відмовостійкості систем контролю доступу шляхом розробки концепції та програмної реалізації адаптивного інтелектуального ядра. Це ядро повинно в реальному часі аналізувати параметри навколишнього середовища та динамічно обирати оптимальний метод ідентифікації, який забезпечить найкращий результат у поточних умовах.

Для вирішення проблеми чутливості біометричних методів до зовнішніх факторів у роботі запропоновано використання математичного апарату нечіткої логіки. На відміну від жорстких алгоритмів або дерев рішень, які оперують бінарною логікою та чіткими пороговими значеннями, нечітка логіка дозволяє оперувати лінгвістичними змінними та ступенями належності. Це забезпечує плавну адаптацію системи до змін у середовищі та дозволяє уникнути помилок на межі діапазонів, коли незначна зміна фізичного параметра може призвести до кардинальної зміни рішення системи [4].

Розроблена математична модель системи нечіткого виводу базується на аналізі трьох вхідних лінгвістичних змінних, дані для яких надходять із відповідних апаратних сенсорів. Першою змінною виступає рівень шуму, який визначається через співвідношення сигнал до шуму в децибелах і дозволяє оцінити акустичну обстановку для коректної роботи голосових модулів [3]. Другою змінною є освітленість та динаміка сцени, що визначається відсотком рухомих пікселів у відеопотоці та дозволяє виявити рух об'єкта перед камерою. Третьою змінною є температура навколишнього середовища, яка впливає на фізичний стан шкіри пальців та роботу сканерів.

Вихідними змінними моделі є оцінки пріоритетності або придатності для трьох доступних методів ідентифікації, а саме розпізнавання обличчя, голосу та сканування відбитка пальця. Діапазон оцінювання для кожного методу становить від нуля до десяти балів, де вищий бал означає більшу рекомендацію до використання даного методу в поточних умовах.

Програмна реалізація ядра виконана мовою програмування Python із використанням спеціалізованої бібліотеки scikit-fuzzy [2]. Ця бібліотека забезпечує необхідний інструментарій для створення функцій належності, реалізації етапу фазифікації вхідних даних, обробки бази правил та дефазифікації результатів. Для емуляції вхідних сигналів та попередньої обробки медіаданих використано бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV та обробки аудіо Librosa. OpenCV застосовується для аналізу відеопотоку та симуляції умов низького освітлення шляхом модифікації яскравості зображення. Librosa використовується для розрахунку співвідношення сигнал до шуму та накладання шумових ефектів на аудіозаписи для тестування стійкості алгоритму.

База знань системи сформована на основі експертних правил, які формалізують залежності між станом середовища та ефективністю біометричних методів. Логіка системи передбачає, що низька освітленість або висока динаміка руху в кадрі роблять метод розпізнавання обличчя непридатним. Аналогічно, високий рівень фонового шуму призводить до зниження пріоритету голосової ідентифікації, а екстремально низькі температури негативно впливають на придатність сканера відбитка пальця. Система агрегує виконання всіх активних правил для формування єдиного узгодженого рішення.

Валідація розробленої математичної моделі проведена шляхом комп'ютерної симуляції різних експлуатаційних сценаріїв. Під час тестування сценарію нічного режиму, який характеризується низьким рівнем освітлення та тишею, система коректно визначила критично низький пріоритет для розпізнавання обличчя та високий пріоритет для голосової ідентифікації. Це дозволяє системі автоматично переключитися на надійніший метод і уникнути помилок розпізнавання в темряві. У сценарії, що імітує шумний виробничий цех з високим рівнем акустичних перешкод та активним рухом персоналу, система деактивувала методи розпізнавання голосу та обличчя, надавши найвищий пріоритет контактному методу сканування відбитків пальців або використанню RFID-картки.

Окрім адаптивного ядра на базі нечіткої логіки, архітектура спроектованої системи включає пріоритетний модуль безпеки. Цей модуль працює на основі апаратних переривань та має найвищий пріоритет виконання. У разі отримання сигналу тривоги від датчиків пожежної безпеки або задимлення робота інтелектуального ядра блокується. Система миттєво переходить у режим аварійного розблокування всіх точок доступу для забезпечення безперешкодної евакуації персоналу, що є критично важливою вимогою для забезпечення техногенної безпеки на підприємстві.

Література

1. Біометричні системи контролю доступу. UALock. URL: <https://ualock.com.ua/ua/p6541327-biometricheskie-sistemy-kontrolya.html> (дата звернення: 08.11.2025).
2. Getting started with scikit-fuzzy. Read the Docs. URL: https://scikit-fuzzy.readthedocs.io/en/latest/userguide/getting_started.html (дата звернення: 08.11.2025).
3. Understanding Speech-to-Noise Ratio and Its Impact on Your App. Syml.ai. URL: <https://syml.ai/developers/blog/understanding-speech-to-noise-ratio-and-its-impact-on-your-app/> (дата звернення: 08.11.2025).

4. Дослідження нечіткої логіки та її розвитку. Математичне обґрунтування теорії нечітких множин. КРІ. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/d552aa75-4896-4d1d-bc57-e10702672e69/download> (дата звернення: 08.11.2025).

УДК 004.896:674.02

В. М. Руснак, Н. Б. Стадник, к.т.н

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ АДАПТИВНОГО ВИБОРУ ЕВРИСТИК ДЛЯ ЗАДАЧ ГІЛЬЙОТИННОГО РОЗКРОЮ

V. M. Rusnak, N. B. Stadnyk

METHODS OF ADAPTIVE HEURISTICS SELECTION FOR GUILLOTINE CUTTING PROBLEMS

Проблема раціонального розкрою матеріалів є однією з класичних задач комбінаторної оптимізації, яка має важливе практичне значення для меблевої промисловості. Зростання номенклатури виробів та перехід до індивідуального виробництва вимагають гнучких алгоритмічних рішень, здатних адаптуватися до змінних вхідних даних [1].

Метою роботи є розробка методу оптимізації розкрою, який базується на механізмі адаптивного вибору евристик (hyper-heuristics) для підвищення коефіцієнта корисного використання матеріалу.

У роботі розглядається задача двовимірного пакування (2D Bin Packing) з обмеженням гільйотинного різку. Традиційні підходи часто використовують єдину стратегію розміщення (наприклад, сортування за площею) для всього пакету замовлень. Однак, як показують дослідження, ефективність конкретної евристики суттєво залежить від геометричних характеристик набору деталей.

Запропонований метод полягає у попередній симуляції процесу розкрою для кожного листа матеріалу з використанням набору конкуруючих стратегій:

1. *Best Area Fit* (пріоритет площі) – ефективна для різнорідних деталей.
2. *Longest Side Fit* (пріоритет сторони) – ефективна для довгих вузьких деталей.
3. *Quantity Priority* (пріоритет кількості) – нова запропонована евристика, що дозволяє групувати однакові деталі, спрощуючи логістику.

Програмна реалізація системи виконана мовою Python. Алгоритм автоматично розраховує ефективність (Yield %) для кожної стратегії та затверджує карту розкрою з найкращим показником [2, с. 47]. Також враховано технологічні параметри: ширина різку (kerf) – 3-4 мм, відступи на торцювання (trim) – 10-15 мм. Для забезпечення інтеграції з автоматизованими системами керування виробництвом (АСКВ) розроблено модуль експорту даних у формат JSON. Це дозволяє передавати координати деталей безпосередньо на розкрійні центри з ЧПК, мінімізуючи людський фактор.

Результати тестування на реальних виробничих даних показали, що застосування адаптивного підходу дозволяє зменшити площу відходів на 5-12% порівняно з використанням однієї фіксованої стратегії.

Література

1. Романишин Ю.М., Скрупський С.Ю. Аналіз ефективності алгоритмів розкрою промислових матеріалів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Т. 30, № 2. С. 88–94.

2. Чуприна О.С. Гібридні алгоритми розв'язання задач двовимірного пакування з урахуванням технологічних обмежень. *Системні технології*. 2019. № 2 (121). С. 45–53.

УДК 004.738.5:004.451:621.397.13

П.В. Свінцицький, Н.М. Пановик, О.В. Доберчак, І.О. Боднарчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СУЧАСНА АРХІТЕКТУРА СТРІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

P.V. Svintsitsky, N.M. Panovyk, O.V. Doberchak, I.O. Bodnarchuk

MODERN ARCHITECTURE OF REAL-TIME STREAMING PLATFORMS

Потокове передавання даних у реальному часі передбачає безперервне введення, обробку та виведення даних, що відбувається майже миттєво. Воно дозволяє отримувати, аналізувати та реагувати на дані в міру їх створення, надаючи цінну аналітику без затримки. Ця технологія має вирішальне значення в умовах, коли своєчасна інформація є критично важливою, що дозволяє швидко приймати рішення та проводити аналітику в реальному часі.

Основною характеристикою систем потокового передавання даних у реальному часі є їхня здатність обробляти величезний обсяг даних з низькою затримкою [1, 3]. Це скорочує час між генерацією даних та отриманням корисної аналітики, що робить їх безцінними для різних галузей, таких як фінанси, охорона здоров'я та технології. Незалежно від того, чи йдеться про потокове передавання даних фондового ринку, чи про моніторинг пристроїв Інтернету речей, потокове передавання даних у реальному часі забезпечує ефективність та швидку реакцію на обробку даних.

Наведемо декілька загальних прикладів використання стрімінгу в реальному часі.

1. Моніторинг соціальних мереж.

Платформи соціальних мереж постійно генерують величезні обсяги даних. Потокове передавання даних у режимі реального часу дозволяє компаніям моніторити канали соціальних мереж на предмет згадок брендів, настроїв клієнтів та нових тенденцій. Це допомагає організаціям проактивно взаємодіяти з клієнтами, керувати своєю онлайн-репутацією та коригувати маркетингові стратегії на ходу.

2. Обробка фінансових даних.

У фінансових послугах потокове передавання даних у режимі реального часу використовується для аналізу ринку, торгових стратегій та управління ризиками. Фондові біржі та трейдери покладаються на дані в режимі реального часу, щоб приймати обґрунтовані рішення та здійснювати угоди. Ця можливість дозволяє фінансовим установам миттєво реагувати на коливання ринку, максимізуючи можливості отримання прибутку та мінімізуючи збитки.

3. Виявлення шахрайства.

Системи виявлення шахрайства використовують потокове передавання даних у режимі реального часу для виявлення підозрілої діяльності в міру її виникнення. Аналізуючи моделі транзакцій та поведінку користувачів, ці системи можуть виявляти аномалії, що свідчать про шахрайські дії. Такий моніторинг у режимі реального часу допомагає запобігти шахрайству, дозволяючи вживати негайних заходів, таких як блокування транзакцій або сповіщення користувачів.

4. Прогнозне обслуговування.

Прогностичне обслуговування використовує потокове передавання даних у режимі реального часу для моніторингу продуктивності обладнання та прогнозування збоїв до їх виникнення. Датчики на обладнанні безперервно надсилають дані про такі параметри, як температура, тиск і вібрація. Ці дані обробляються в режимі реального часу для виявлення аномалій та прогнозування потенційних поломок, що дозволяє своєчасно втручатися в технічне обслуговування.

Далі опишемо основні компоненти архітектури потокової передачі даних у режимі реального часу.

1. Джерело даних.

Компонент джерела даних – це місце, звідки дані походять. Це можуть бути різні системи, програми або пристрої, включаючи датчики, журнали, бази даних та платформи соціальних мереж. Ці джерела безперервно генерують необроблені дані, передаючи їх у конвеєр потокової передачі даних. Ефективне керування кількома джерелами даних має вирішальне значення для безперебійного потоку даних. Інтеграція різноманітних джерел даних часто вимагає конекторів або API для забезпечення сумісності та передачі даних.

2. Забір потоку.

Забір потоку – це процес захоплення та імпорту потоків даних на платформу потокової передачі даних. Для виконання цього завдання зазвичай використовуються такі технології, як Apache Kafka, Amazon Kinesis та Azure Event Hubs. Вони можуть забирати величезні обсяги даних у режимі реального часу, гарантуючи, що жодні дані не будуть втрачені під час передачі. Ефективний забір потоку вимагає низької затримки та високої пропускної здатності для підтримки цілісності потоку даних. Цей етап також включає завдання попередньої обробки (фільтрація, перетворення, тощо).

3. Потокове сховище.

Після отримання дані необхідно зберігати для подальшого аналізу. Рішення для потокового сховища, такі як внутрішнє сховище Apache Kafka, AWS S3 та Azure Blob Storage, підтримують тимчасове або довгострокове зберігання потоків даних. Ці системи обробляють великі обсяги даних, забезпечуючи швидкий доступ та пошук.

4. Потокова обробка.

Потокова обробка включає аналіз потоків даних у режимі реального часу для отримання корисної аналітики. Такі фреймворки, як Apache Flink, Apache Storm та Spark Streaming, використовуються для обробки великомасштабних потоків даних з мінімальною затримкою. Ці інструменти дозволяють виконувати складну обробку подій, агрегацію, об'єднання та операції вікон.

5. Пункт призначення.

Останнім компонентом є пункт призначення, куди доставляються оброблені дані. Це може бути сховище даних, база даних, озеро даних або програми кінцевих користувачів. Системи призначення зберігають кінцеві оброблені дані або запускають дії, такі як системи сповіщень, панелі моніторингу або автоматизовані робочі процеси.

Найбільш загальна схема стрімінгового сервісу показана на рисунку 1.

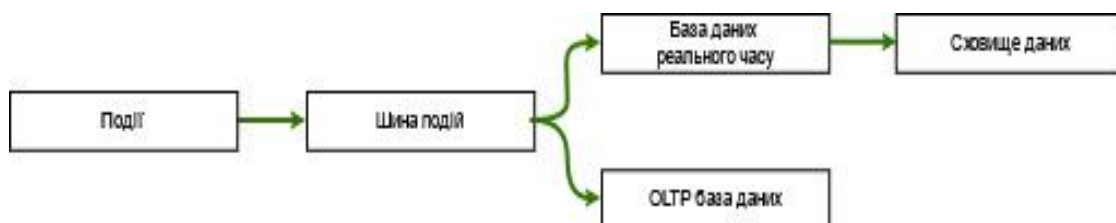


Рисунок 1. Типова схема найпростішого стрімінгового сервісу

Ця схема відображає базову архітектуру стрімінгового сервісу реального часу та ілюструє шлях обробки даних від джерела до споживача. В даному випадку споживачами є сховище даних і/або OLTP-база даних, хоча перелік таких споживачів може бути набагато ширший. Наприклад, це може бути платформа демонстрації медіа-контенту з можливостями ведення прямих ефірів, чат-бот [6], система розпізнавання образів [4] або система контролю за дорожнім рухом [2].

Процес починається з події, яка надходить до шини подій – центрального компонента архітектури, що виконує роль посередника для розподілу потоків даних. Від шини подій дані розгалужуються на три напрямки: перший веде до бази даних реального часу з подальшим зберіганням у сховищі даних, другий спрямовує інформацію до OLTP бази даних для обробки транзакційних операцій, а третій забезпечує альтернативний шлях обробки.

Така архітектура забезпечує паралельну обробку подій у реальному часі, розділяючи функції оперативного зберігання, роботи з актуальними даними та довготривалого архівування, що є типовим підходом для стрімінгових платформ.

Перерахуємо кілька способів ефективного впровадження потокової передачі даних у реальному.

1. Розділення даних на розділи для паралельної обробки

Паралельна обробка має вирішальне значення для масштабування рішень потокової передачі даних у реальному часі. Розділення даних на розділи дозволяє кільком процесам одночасно обробляти різні сегменти даних, підвищуючи пропускну здатність та зменшуючи затримку. Такі технології, як Apache Kafka, використовують розділи для ефективного керування вхідними потоками даних.

2. Додавання більшої кількості вузлів до системи для обробки збільшеного навантаження.

Масштабованість є важливою для потокової передачі даних у реальному часі, і додавання більшої кількості вузлів до системи є поширеною практикою для врахування збільшених навантажень. Кожен додатковий вузол може обробляти підмножину потоку даних, розподіляючи робоче навантаження на обробку та підвищуючи загальну ємність системи. Динамічна масштабованість дозволяє системі реагувати на різні навантаження даних без шкоди для продуктивності. Впровадження масштабованої архітектури гарантує, що потокове передавання даних у реальному часі залишається ефективним та швидким у сценаріях високого навантаження, сприяючи безперебійній обробці та аналізу даних.

3. Оптимізація мережевих протоколів та логіки обробки для зменшення затримки.

Мінімізація затримки є критично важливою для потокового передавання даних у реальному часі. Оптимізація мережевих протоколів та логіки обробки може значно зменшити час затримки. Такі методи, як мінімізація накладних витрат на серіалізацію/десеріалізацію даних та використання ефективних протоколів передачі даних, сприяють зниженню затримки. Ефективна логіка обробки включає оптимізацію алгоритмів та використання обчислень у пам'яті для пришвидшення обробки даних. Ці оптимізації покращують можливості системи в реальному часі, забезпечуючи своєчасний та точний аналіз даних та прийняття рішень.

4. Налаштування розподілу ресурсів для оптимізації продуктивності.

Динамічний розподіл ресурсів гарантує, що ресурси системи відповідають поточному навантаженню даних, оптимізуючи продуктивність та економічну ефективність. Такі методи, як автоматичне масштабування, дозволяють системі автоматично регулювати обчислювальну потужність на основі попиту в реальному часі, забезпечуючи оптимальну продуктивність. Стратегії розподілу ресурсів включають

моніторинг системних показників та налаштування ресурсів процесора, пам'яті та сховища для задоволення вимог обробки. Ця адаптивність допомагає підтримувати стабільність та продуктивність системи під час пікових навантажень, підвищуючи надійність та ефективність потокової передачі даних у реальному часі.

5. Зберігання інформації про стан для обробки складних подій.

Обробка з урахуванням стану є важливою для обробки складних подій у потоках даних у реальному часі. Зберігання інформації про стан дозволяє системі відстежувати поточні події, керувати даними сеансів та співвідносити події з часом. Такі фреймворки, як Apache Flink, надають надійні можливості управління станом для підтримки цих завдань. Ефективне управління станом забезпечує точну та своєчасну аналітику, дозволяючи системі обробляти складну логіку обробки подій. Завдяки обробці з урахуванням стану, рішення для потокової передачі даних у реальному часі можуть впроваджувати розширену аналітику, забезпечуючи прийняття обґрунтованих рішень на основі безперервних потоків даних.

6. Налаштування сповіщень про незвичайну поведінку або погіршення продуктивності.

Налаштування сповіщень про незвичайну поведінку або погіршення продуктивності має вирішальне значення для підтримки справності та надійності систем потокової передачі даних у реальному часі. Моніторинг ключових показників продуктивності, таких як затримка обробки, коефіцієнти помилок та завантаження системи, дозволяє швидко виявляти проблеми. Автоматизоване сповіщення дозволяє негайно реагувати на аномалії, зменшуючи час простою та зменшуючи ризики. Та підвищуючи надійність системи.

Здатність обробляти та аналізувати дані в режимі реального часу стала критично важливою для бізнесу, дозволяючи їм отримувати, обробляти та реагувати на дані безперервно та масштабовано. Типово системи опрацювання даних в реальному часі базуються на технологіях Apache Sparks та релевантних сервісах. В рамках проведення подальших досліджень буде деталізована архітектура рішень для різних предметних областей та з використанням відповідних архітектурних програмних рішень.

Література

1. Ланевич Т. Apache Kafka та Rabbitmq: порівняння архітектур та можливостей. Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. Тернопіль. : ФОП Паляниця В. А., 2024. С. 402–403.
2. Мадяк О. П. Використання даних про дорожній рух у реальному часі для керування дорожньо-транспортною системою. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. – Т. : ТНТУ, 2017. – Том 2. – С. 108.
3. Остапчук О. Цуприк Г. Технічні особливості взаємодії між клієнтом та сервером у реальному часі. Матеріали X науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 7–8 грудня 2022 року. – Т. : ТНТУ, 2022. С. 124. – (Програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем).
4. Панчишин П. С. Підвищення якості розпізнавання об'єктів у відеопотоці в реальному часі / П. С. Панчишин, Михайло Іванович Паламар // Матеріали XII НТК „ІМСТ“, 18-19 грудня 2024 року. – Т. : ТНТУ, 2024. – С. 186–187.
5. Федорович І. Використання Spark Streaming та Spark Structured Streaming для обробки даних в реальному часі / Ілля Федорович, Галина Осухівська // ІМСТТ, 13-14 грудня 2023 року. Тернопіль : ТНТУ, 2023. С. 225.
6. Хом'як А. С. Підвищення ефективності обробки в реальному часі у службах чат-ботів через інтеграцію черги запитів для розподілення навантаження / А.

С. Хом'як // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. С. 408–409.

УДК 004.415

П.М. Семчишин, студент гр. СНм-61

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ЗАСТОСУНКІВ

P.M. Semchyshyn

ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR WEB APPLICATION DEVELOPMENT

Коли йдеться про проектування та розробку веб-застосунків, при виборі архітектурного рішення є два основні варіанти – монолітна або мікросервісна архітектури.

Монолітна архітектура в веб-застосунках є підходом, при якому весь функціонал програми виконується в одному цілому, зазвичай у вигляді єдиного виконуваного файлу або програми [1]. Основні компоненти програми, такі як інтерфейс користувача, бізнес-логіка та доступ до даних, містяться всередині однієї програми.

Перевагами такого виду архітектури є:

- простота розгортання - оскільки всі компоненти знаходяться в одному місці, розгортання програми, зазвичай, відбувається швидше та простіше;
- простота розробки - відсутність складної інфраструктури полегшує процес розробки та налагодження програми;
- зручність масштабування на початку - при невеликому обсязі трафіку користувача монолітний застосунок може забезпечити достатню продуктивність без необхідності поділу на окремі сервіси.

Недоліки монолітної архітектури:

- складність підтримки - при збільшенні розміру програми та додаванні нових функцій може виникнути складність у підтримці та зміні коду через його єдиний монолітний характер;
- обмежена масштабованість - при досягненні межі продуктивності або необхідності масштабування окремих компонентів програми можуть виникнути труднощі через їх взаємозв'язок усередині моноліту.
- обмежена гнучкість - через єдиний характер застосування зміни в одній його частині можуть торкнутися інші компоненти, що ускладнює зміни та впровадження нових технологій.

Монолітна архітектура може бути хорошим вибором для простих застосунків з невисоким навантаженням та невеликими вимогами до масштабованості та гнучкості [1].

Мікросервісна архітектура у веб-застосунках є підходом, у якому застосунок розбивається на невеликі автономні сервіси, кожен із яких відповідає окремому функціоналу. Кожен сервіс, зазвичай, розгортається та масштабується незалежно [2].

Переваги такої архітектури:

- гнучкість та масштабованість - завдяки поділу програми на незалежні сервіси, кожен з них можна масштабувати та оновлювати незалежно від інших компонентів, що покращує гнучкість та масштабованість всієї програми;

- легкість підтримки та розробки - кожен сервіс меншого розміру та має чітко визначені межі відповідальності, що полегшує підтримку та розробку програми;
- технологічна різноманітність - різні сервіси можуть бути написані різними мовами програмування або використовувати різні технології, що дозволяє вибирати найбільш потрібні інструменти для кожного конкретного завдання.

Проте є і недоліки:

- складність конфігурації та управління - управління великою кількістю незалежних сервісів вимагає наявності складної інфраструктури та механізмів управління, що може спричинити додаткові складності та витрати;
- мережева затримка - оскільки кожен сервіс взаємодіє з іншими через мережу, виникає затримка, яка може вплинути на загальну продуктивність програми;
- складність тестування - тестування мікросервісів може бути складним через необхідність керування їх взаємодією та залежностями [2].

Таким чином, мікросервісна архітектура часто застосовується у великих та складних застосунках, де потрібна висока гнучкість, масштабованість та можливість використання різних технологій.

Якщо підбити підсумок щодо архітектурних рішень, то можна виділити те, що головний плюс мікросервісної архітектури - це велика гнучкість і масштабованість. Розбиття програми на окремі сервіси дозволяє розробляти і впроваджувати новий функціонал швидше і ефективніше, оскільки зміни в одному сервісі не торкаються інших. Це особливо важливо для сучасних веб-застосунків, які передбачають високу динамічність та швидке впровадження нових можливостей.

Використання мікросервісної архітектури також може допомогти прискорити розробку, оскільки робота над кожним сервісом ведеться незалежно і може виконуватися різними людьми/командами в різні терміни.

Кожен мікросервіс може бути масштабований незалежно від його навантаження, що забезпечує значно ефективніше застосування обчислювальних ресурсів і збільшує надійність усієї системи. Але також дана архітектура має багато нюансів, які можуть викликати проблеми. Наприклад, складність побудови інфраструктури та складність управління всім, можуть (але не обов'язково) виникнути проблеми з безпекою, так як доводиться часто передавати дані між сервісами, відповідно зростає потенційний ризик витоків інформації, ну і той факт, що дані розділені за різними процесами всієї інформації складніше.

Що ж до монолітної архітектури, то всіх цих мінусів можна уникнути, але така архітектура зручна рівно до певних розмірів застосунка, далі його стає досить проблематично підтримувати, є такий термін “Big Ball of Mud” (позначає ситуацію, коли застосунок стає надто складним і важким для підтримки та розвитку, їх складно розділити на більш дрібні та незалежні частини). Що стосується масштабованості, то там і зовсім є межа.

Способи взаємодії мікросервісів є ключовим аспектом при розробці веб-застосунків на основі мікросервісної архітектури. Якщо за монолітної архітектури інформація може легко передаватися між різними класами всередині застосунку, то у мікросервісах її треба відправляти до інших систем. Для забезпечення ефективної роботи системи необхідно вибрати відповідні методи взаємодії, які відповідатимуть вимогам проекту та забезпечуватимуть високу продуктивність, надійність та масштабованість

Література

1. Що краще моноліт чи мікросервіси? Як обрати архітектуру проекту?
URL: <https://iampm.club/ua/blog/shho-krashhe-monolit-chi-mikroservisi-yak-obrati>

[arhitekturu-projektu/](#) (дата звертання: 03.11.2025).

2. Що таке мікросервісна архітектура: шлях до гнучкого та масштабованого середовища розробки. URL: <https://blog.colobridge.net/uk/2024/01/what-is-microservices-architecture-ua/> (дата звертання: 04.11.2025).

УДК 621.865.8

С.О.Синишен-студент групи TP-102

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ “Тернопільський фаховий коледж”

Тернопільський національний технічний коледж імені Івана Пулюя, Україна)

МІКРО- ТА НАНОРОБОТИ: ТЕХНІЧНІ ВІДМІННОСТІ, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ MPI I GDI

S.O.Synyshen-student of TP-102 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M. , teacher-methologist

MICRO- AND NANOROBOTS: TECHNICAL DIFFERENCES, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF MPI AND GDI TECHNOLOGIES

Ідея створення мікро- та нанороботів з'явилася ще у 1950-х роках, коли вчені почали уявляти машини, здатні працювати на рівні клітин або молекул.

Першим цю ідею популяризував Річард Фейнман у лекції «Там унизу ще багато місця» (1959), де він передбачив технології, які дозволять створювати мікромашини, що зможуть працювати всередині організму.

У 2000-х роках, завдяки розвитку нанотехнологій, 3D-друку, біоінженерії та молекулярної фізики, вчені почали створювати перші діючі прототипи нанороботів. Сьогодні ці технології активно розвиваються в медицині, хімії, електроніці та промисловості.

Мікро- та нанороботи (MNRs) — це високотехнологічні пристрої розміром від кількох мікрометрів до нанометрів, здатні виконувати цільові завдання в живих організмах або матеріалах. Вони працюють на основі хімічних, магнітних, ультразвукових чи біогібридних принципів руху.

MPI (Magnetic Particle Imaging) — це сучасний метод візуалізації, який дозволяє відстежувати мікро- та нанороботи всередині організму з дуже високою точністю. На відміну від МРТ, MPI «бачить» лише магнітні наночастинки, тому дає чітке зображення їхнього руху без шумів. Цю технологію застосовують у біоробототехніці, щоб точно контролювати переміщення нанороботів у кровоносних судинах або тканинах.

Таблиця 1. Переваги і недоліки MPI

MPI	Переваги	Недоліки
MPI (Magnetic Particle Imaging) — це сучасний метод візуалізації, який дозволяє відстежувати мікро- та нанороботи всередині організму з дуже високою точністю.	Висока точність у доставленні препаратів до уражених клітин. Мінімальна інвазивність процедур. Можливість автономного керування за допомогою штучного інтелекту. Використання в	Висока вартість розробки та виробництва. Труднощі контролю в складних біологічних середовищах. Потенційна токсичність наноматеріалів.

	медицині, екології, нанофабрикації.	Недостатня кількість клінічних випробувань

Сьогодні MPI активно розвивають кілька провідних компаній.

Bruker — один із найвідоміших виробників комерційних MPI-сканерів; їхні системи використовують у дослідженнях для медичної навігації мікророботів.

Ще один важливий гравець — Magnetic Insight Inc., яка спеціалізується на передклінічних MPI-системах і часто згадується в ринкових оглядах як ключовий постачальник.

Для роботи MPI потрібні магнітні наночастинки — їх виробляє, зокрема, компанії

Micromod, яка постачає спеціальні трасери для MPI та медичних досліджень.

Дослідження з використанням MPI також проводять провідні університети й лабораторії.

Наприклад, у наукових оглядах описано, як MPI застосовують для відстеження магнітних мікророботів у режимі реального часу та високої чутливості.

Таким чином, MPI стає однією з ключових технологій у розвитку мікро- та наноробототехніки, забезпечуючи точне керування та безпечне відстеження їхнього руху в медицині.

Література

1. Bruker Announces the World's First Preclinical Magnetic Particle Imaging (MPI) System

URL; <https://ir.bruker.com/press-releases/press-release-details/2013/Bruker-Announces-the-Worlds-First-Preclinical-Magnetic-Particle-Imaging-MPI-System/default.aspx>), 2013 P.31

2. UNSW – Momentum Magnetic Particle Imaging (MPI)
URL; <https://www.unsw.edu.au/research/facilities-and-infrastructure/find-an-instrument/bril-instruments/Momentum-Magnetic-Particle-Imaging-MPI>), 2020 P.31

3. RSC Advances – Resolution enhancement
URL; <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2023/ra/d3ra01394d>), 2023 P.1-7

УДК 681.518.3

Я.Р. Сиротинський; А.М. Паламар, к.т.н., доц.; А.П. Шмігель

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ НА ОСНОВІ ІОТ ТЕХНОЛОГІЙ

Y.R. Syrotynskyi; A.M. Palamar, Ph.D., Assoc. Prof.; A.P. Shmihel

COMPUTERIZED WIND SPEED MEASUREMENT SYSTEM BASED ON IOT TECHNOLOGIES

Сучасний розвиток відновлюваної енергетики та інноваційних інженерних рішень потребує створення високоточних, надійних і доступних засобів моніторингу параметрів навколишнього середовища. Одним із ключових показників, що визначають ефективність роботи вітроенергетичних установок, є швидкість вітру. Традиційні методи її вимірювання нерідко характеризуються обмеженою можливістю дистанційного доступу, недостатньою масштабованістю та складністю інтеграції у цифрові енергосистеми. Це формує необхідність розроблення нових

комп'ютеризованих систем, які базуються на технологіях Інтернету речей (IoT), які забезпечують автоматизований збір, передавання та аналіз даних у режимі реального часу.

Проблема полягає у забезпеченні точного та безперервного вимірювання швидкості вітру з можливістю передавання результатів на віддалені сервери для подальшої обробки. Актуальність дослідження зумовлена потребою в удосконаленні інтелектуальних систем моніторингу для підвищення ефективності вітроенергетичних об'єктів, оптимізації режимів роботи турбін та підвищення енергетичної безпеки. Метою дослідження є розроблення IoT-орієнтованої комп'ютеризованої системи вимірювання швидкості вітру, яка забезпечує автономність, високоточність, доступність у впровадженні та можливість масштабування.

У рамках запропонованого підходу реалізовано структуру IoT-системи, що включає апаратно-програмний комплекс на базі мікроконтролера ESP8266 NodeMCU, анемометр із давачем імпульсного типу та хмарну платформу для збереження й візуалізації даних. Мікроконтролер виконує обробку сигналів від давача швидкості вітру, обчислює миттєві та усереднені значення, а також передає їх на сервер у хмарі за допомогою протоколу MQTT.

Хмарна платформа забезпечує зручну візуалізацію параметрів, побудову графіків, зберігання історичних даних та можливість оперативного доступу до них із будь-якого пристрою. Система підтримує роботу в режимі реального часу, що дозволяє своєчасно реагувати на зміну метеорологічних умов і здійснювати аналіз даних для прогнозування та прийняття відповідних рішень.

Перевагами запропонованої системи є її низька собівартість, доступність компонентів, легкість інтеграції в існуючі енергетичні інфраструктури, а також можливість масштабування за рахунок розширення кількості сенсорних вузлів. Використання IoT-технологій забезпечує підвищену гнучкість, мобільність та незалежність від локальних обчислювальних ресурсів.

Створена комп'ютеризована IoT-система вимірювання швидкості вітру вирішує проблему дистанційного моніторингу, забезпечує точність вимірювань та відкриває перспективи для впровадження у вітроенергетичних проектах. Отримані результати можуть бути використані для подальшого розвитку систем прогнозування та автоматизованого керування енергетичними установками.

УДК 621

Смоляк М. – студент групи TR-402

Науковий керівник: Недошитко Л.М. , викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя», Україна)

СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ В АВТОМОБІЛЯХ

Smoliak M. – student of TR-402 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M. , teacher-methologist

AUTOMATED STORES WITHOUT SALESPeOPLE

Автоматизовані магазини без продавців — це сучасний вид торговельних закладів, у яких усі операції — від входу покупця до оплати товару — виконуються автоматично, без участі продавців. Основна ідея полягає в тому, щоб зробити покупки

максимально зручними, швидкими і безконтактними. Такі магазини працюють завдяки технологіям штучного інтелекту, комп'ютерного зору, датчиків руху, камер спостереження, RFID-міток і мобільних додатків. Покупець входить у магазин, вибирає потрібні товари, а система автоматично фіксує, що саме взято, і списує гроші з рахунку після виходу.

Покроковий принцип роботи магазинів такого типу починається з того, щоб ідентифікувати особу, покупець повинен використовувати спеціальний додаток, карту чи QR-код. Усі товари мають RFID-мітки, штрих-коди або знаходяться під контролем камер із комп'ютерним зором. Коли покупець бере товар з полиці, система фіксує цей факт у його віртуальному кошику. Після завершення покупок людина просто виходить із магазину.

Система автоматично підраховує суму, списує гроші з банківської картки або електронного гаманця й надсилає чек у додаток. У магазині встановлені камери, датчики ваги, аналітичні програми, які запобігають крадіжкам і контролюють правильність обліку товарів. Таким чином може працювати цілодобово, обслуговування буде зручним та швидким, не буде великих черг. Проте обладнання є дорогим і потрібні фахівці які контролюють можливі технічні збої, неполадки з мережею і захист від кібератак.

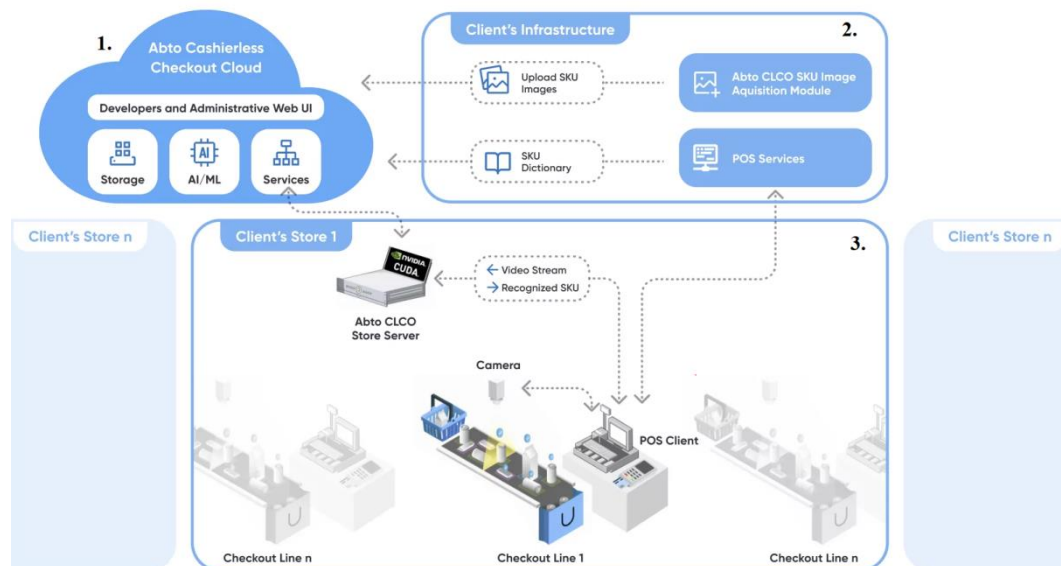


Рисунок 2. Архітектура роботи автоматизованого магазину

Згідно рис. 1 дану схему можна розділити на такі основні частини:

1. Хмара Abto CLCO - Це головний сервер у хмарі, де відбувається обробка даних, навчання моделей штучного інтелекту (AI/ML) і зберігання інформації.

Основні складові:

1.1 Storage (Сховище): зберігає дані, відео, зображення SKU (товарів).

1.2 AI/ML (Штучний інтелект / машинне навчання): розпізнає товари, аналізує відеопотоки, оновлює моделі розпізнавання.

1.3 Services (Сервіси): надають API та інтерфейси для взаємодії між магазинами і хмарою.

1.4 Developers and Administrative Web UI: вебінтерфейс для адміністраторів і розробників, щоб додавати нові товари, налаштовувати систему, аналізувати дані.

2. Client's Infrastructure (Інфраструктура клієнта) - Це частина системи, яка належить власнику магазину. Вона з'єднує хмару з локальними магазинами.

Компоненти:

2.1 Upload SKU Images: модуль завантаження зображень товарів у хмару.

2.2 SKU Dictionary: база даних товарів — назва, код, зображення, ціна.

2.3 Abto CLCO SKU Image Acquisition Module: збирає фото товарів для навчання системи розпізнавання.

2.4 POS Services (Point of Sale): модулі касової системи, що з'єднуються з розпізнаванням товарів і забезпечують оплату.

Зв'язки:

Всі ці модулі передають дані у хмару (AI/ML, Storage) і отримують назад результати розпізнавання товарів.

3. Client's Store (Магазин клієнта) - Це фізичний магазин, де розміщені камери, касові термінали й локальний сервер.

Компоненти:

3.1 Camera (Камери): фіксують відеопотік з ліній кас або полиць.

3.2 Checkout Line: місце, де покупці проходять із товарами.

3.3 POS Client: касовий клієнт, який отримує дані про розпізнані товари та проводить оплату.

3.4 Abto CLCO Store Server (з NVIDIA CUDA): локальний сервер, що обробляє відеопотік у реальному часі, використовує графічні процесори NVIDIA CUDA для швидкого розпізнавання SKU (товарів).

Зв'язки системи працюють наступним чином. Камера передає Video Stream на Store Server. Сервер обробляє відео, визначає Recognized SKU (розпізнані товари) й надсилає їх у POS Client для підрахунку суми. Дані синхронізуються з хмарию (Cloud) для аналітики та навчання моделей.

Зв'язки між компонентами:

- **Магазин до Хмари:** відеодані, результати розпізнавання, нові SKU.
- **Хмара до Магазину:** оновлені моделі розпізнавання AI/ML, нові дані товарів.
- **Інфраструктура клієнта до Хмари:** завантаження зображень і синхронізація SKU.
- **POS до Хмари:** передача результатів продажів і чеків.

Автоматизовані магазини мають значний потенціал розвитку в майбутньому. Завдяки швидкому прогресу штучного інтелекту їхня робота ставатиме все точнішою й ефективнішою. Подібні системи забезпечують покупцям максимальну зручність, дозволяють уникати черг і здійснювати покупки у будь-який час доби. У перспективі вони можуть повністю змінити підхід до роздрібної торгівлі, зробивши її більш сучасною, швидкою та персоналізованою.

Література

1. An AI-based cashierless checkout retail solution – архітектура системи URL: <https://www.abtosoftware.com/products/cashierless-checkout>

2. A store without salespeople: what does the future hold? – інформація URL: <https://torgsoft.ua/en/articles/stati/magazin-bez-prodavczov-hto-nas-zhdyot-v-budushhem/>

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ ТА МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Stanko A.A. Ph.D, Kuryliak S.M., Tryhub Y.O.

AUTOMATED SYSTEM FOR EVALUATING THE SHELF LIFE OF FOOD PRODUCTS BASED ON MULTICHANNEL GAS SENSORS AND MACHINE LEARNING METHODS

Вступ. Зниження харчових відходів і забезпечення безпечності продукції є одними з ключових викликів для сучасної харчової індустрії. Значна частина втрат припадає на етапи зберігання й логістики, коли реальний стан свіжості продукції відрізняється від формально вказаного терміну придатності [5]. Традиційні методи контролю ґрунтуються на лабораторних аналізах та сенсорній оцінці, що є трудомістким, мало автоматизованим і не забезпечує безперервного моніторингу.

Перспективним напрямом є використання електронних носіїв — масивів газових сенсорів, сигнали яких інтерпретуються методами машинного навчання [2],[3],[6]. Такі системи здатні реєструвати леткі органічні сполуки, що утворюються під час псування, й формувати «відбиток запаху» продукту. Паралельно активно розвиваються алгоритми штучного інтелекту для прогнозування терміну зберігання, у тому числі на базі хеморезистивних сенсорів [4] та сучасних моделей ML [5].

У роботі [1] представлено рішення, орієнтоване на сухофрукти, де використано багатоканальний газовий сенсор, датчики температури та вологості, а також нейронну мережу, розгорнуту на платформі Arduino Nano 33 BLE Sense. Отримані результати (точність понад 90 %) підтверджують можливість побудови компактних, енергоефективних систем оцінювання терміну зберігання на основі TinyML [1].

Метою цієї тези є стислий виклад архітектури системи, методів обробки даних газових сенсорів і ключових експериментальних результатів, що підтверджують життєздатність рішення.

Архітектура та принцип роботи автоматизованої системи. Запропонована система оцінювання терміну зберігання складається з трьох рівнів: сенсорного, обчислювального та рівня представлення результатів.

Сенсорний рівень. В основі — багатоканальний газовий сенсор, що включає кілька чутливих елементів, орієнтованих на виявлення різних груп летких сполук (метан, оксиди азоту, аміни, сірководень тощо) [1],[2]. Додатково в систему інтегровано датчики температури й відносної вологості, оскільки відомо, що зміна цих параметрів істотно впливає на швидкість мікробіологічних і хімічних процесів, пов'язаних із псуванням [2],[4]. Усі вимірювані сигнали формують вектор ознак, який використовується на наступному рівні.

Обчислювальний рівень. Обробка даних реалізована на платформі Arduino Nano 33 BLE Sense, що містить мікроконтролер з достатніми ресурсами для виконання моделей у форматі TensorFlow Lite Micro [1]. Сирові дані від сенсорів проходять попередню обробку (фільтрація, нормалізація, обчислення статистичних ознак у часовому вікні), після чого подаються на вхід повнозв'язної нейронної мережі.

Обрана архітектура FCNN включає вхідний шар (набори ознак), два приховані шари з нелінійною активацією ReLU та вихідний Softmax-шар із трьома нейронами, що

відповідають класам свіжості (умовно «високий термін», «середній», «низький»). Параметри моделі попередньо навчаються на зовнішньому середовищі, а потім квантизуються та завантажуються до мікроконтролера [1],[5].

Рівень представлення результатів. На OLED-дисплеї відображаються поточний клас свіжості та орієнтовний діапазон залишкового терміну зберігання (наприклад, «>14 діб», «7–14 діб», «<7 діб»). За потреби передбачено передачу даних до зовнішньої системи (сервер, SCADA, хмарна платформа), де інформація може агрегуватись для моніторингу партій продукції та підтримки прийняття управлінських рішень [3],[6].

Перевага такої архітектури — можливість виконувати повний цикл обробки безпосередньо на пристрої, що знижує затримки, навантаження на канали зв'язку та дозволяє застосовувати систему в умовах обмеженої інфраструктури.

Методи машинного навчання та експериментальні результати. Ефективність моделі значною мірою залежить від якості датасету. У проведеному дослідженні формувалася набір даних, що містив часові послідовності вимірювань газових сенсорів і метеопараметрів під час зберігання сухофруктів у різних умовах. Для кожної групи зразків фіксувалися: час зберігання, профіль сигналів сенсорів, температура, вологість та експертна оцінка ступеня свіжості. На основі цих даних формувалися вектори ознак, які далі використовувалися для класифікації.

Як модель обрано повнозв'язну нейронну мережу середньої складності, що відповідає рекомендаціям щодо застосування TinyML у задачах аналізу сенсорних даних [1],[5]. Для навчання використовувалися алгоритм Adam, функція втрат категоріальної крос-ентропії, рання зупинка та крос-валідація. Після підбору гіперпараметрів було досягнуто точності класифікації на рівні близько 92 %, зі значеннями Precision, Recall та F1-міри понад 0,9 для основних класів.

Отримані результати узгоджуються з даними інших досліджень, де поєднуються газові сенсори та ML-моделі для оцінки якості й свіжості продуктів [2],[3],[6]. При цьому запропонований підхід орієнтований на низьку вартість і простоту інтеграції в існуючі системи зберігання, що робить його конкурентоспроможним у порівнянні з більш складними лабораторними або серверними рішеннями [4-5].

Висновки. У тезі стисло викладено підхід до побудови автоматизованої системи оцінювання терміну зберігання харчових продуктів на основі багатоканального газового сенсора та повнозв'язної нейронної мережі, розгорнутої на вбудованій платформі. Показано, що така система може забезпечувати високоточну класифікацію станів свіжості за профілем летких сполук і метеопараметрів, обробляючи дані безпосередньо на мікроконтролері.

Подальший розвиток роботи пов'язаний з розширенням номенклатури продуктів, дослідженням впливу різних режимів зберігання, удосконаленням моделей з урахуванням дрейфу сенсорів та інтеграцією подібних рішень в комплексні IoT-платформи «розумного складу» [3],[6].

Література

1. Haque, A. U., Al Haque, M. A., Alabduladheem, A., Al Mulla, A., Almulhim, N., & Srinivasagan, R. (2025). Machine Learning-Based Shelf Life Estimator for Dates Using a Multichannel Gas Sensor: Enhancing Food Security. *Sensors*, 25(13), 4063.
2. Ma, M., Wu, Q., Wang, X., & Li, Y. (2023). Applications of Gas Sensing in Food Quality Detection: A Review. *Foods*, 12(21), 3966.
3. Loutfi, A., Coradeschi, S., Mani, G. K., Shankar, P., & Rayappan, J. B. B. (2015). Electronic noses for food quality: A review. *Food Science and Technology*, 48(2), 255–271.

4. Park, S. J., et al. (2024). Food quality assessment using chemoresistive gas sensors. *Food & Function*, 15(3), 1234–1256.

5. Rashvand, M., Senge, B., et al. (2025). Artificial intelligence for prediction of shelf-life of various food products. *Trends in Food Science & Technology*, 153, 104–119.

6. Sanislav, T., Miclea, L., et al. (2025). A Comprehensive Review on Sensor-Based Electronic Nose for Food Quality and Safety. *Sensors*, 25(14), 4437.

УДК 004.89

В.Стецько, здобувач вищої освіти, М. Приймак, докт.техн. наук, проф., Р. Жаровський, канд. техн. наук, доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ РОБОТИЗОВАНОЇ ГАЗОНОКОСАРКИ

V. Stetsko, higher education applicant, M. Priymak, Dr.Sc, Prof., R. Zharovskiy, PhD., Associate Prof.

METHODS AND MEANS OF HIGH-PRECISION POSITIONING ON THE EXAMPLE OF A ROBOTIC LAWN MOWER

Роботизовані газонокосарки дедалі частіше застосовуються для автоматизованого догляду за приватними та промисловими ділянками. Ефективність їхньої роботи визначається точністю позиціонування, оскільки від неї залежить якість покриття території, безпека руху та енергоефективність використання ресурсів [2]. У недорогих моделей поширені системи орієнтації на основі обмежувального кабелю або випадкового руху, що спричиняє надмірні повторні проходи, пропуски окремих ділянок та втрату до 40 % продуктивного часу. Саме тому зростає потреба у впровадженні нових, ефективних систем навігації, які здатні поєднувати різні технології та працювати в неоднорідних умовах.

Аналіз сучасних моделей Husqvarna, Worx та Robomow показує, що їх системи позиціонування забезпечують точність у межах 20–50 см, що, подекуди, є недостатнім для автоматичного руху у складних зонах, вузьких проходах та поблизу перешкод. На основі цього визначено потребу у системах із точністю у межах 10 см.

Метою роботи є обґрунтування архітектури гібридної системи позиціонування роботизованої газонокосарки з використанням сучасних зовнішніх сенсорів, інерціальних модулів та алгоритмів обробки даних.

У сучасній практиці для навігації мобільних роботів застосовують GNSS, RTK-GNSS, ультраширококосмугові (UWB) системи, ультразвукові маяки, інерційну навігацію та візуальну локалізацію.

GNSS у стандартному режимі забезпечує точність 1–6 м, але її значно знижує часткове перекриття сигналу, а в умовах присадибних ділянок під кронами дерев втрачається до 40 % супутникової видимості. Режим RTK підвищує точність до 2–5 см за наявності стабільного радіоканалу, хоча його затримка становить у середньому 50–150 мс, частота оновлення — 1–10 Гц, а енергоспоживання модулів досягає 250 мВт, що ускладнює застосування на малих автономних роботах [1].

Альтернативою є UWB-навігація, яка працює у діапазоні 3.1–10.6 ГГц із шириною спектра понад 500 МГц та забезпечує високу стійкість до завад. Завдяки ширококосмуговому сигналу позиціонування досягає точності 2–10 см із радіусом дії від 30 до 150 м. Частота оновлення координат становить 20–100 Гц, затримка — 2–10 мс, а

енергоспоживання міток коливається від 10 до 50 мВт, що робить технологію придатною для малогабаритних мобільних платформ на зразок роботизованих газонокосарок [2]. Ультразвукові системи позиціонування, зокрема Marvelmind, працюють у діапазоні 19–31 кГц і забезпечують ще вищу точність на рівні 1–2 см. Частота оновлення їх координат становить 8–45 Гц, зона покриття сягає 400–1000 м², затримка системи — 10–40 мс. Водночас такі системи є чутливими до сильного вітру і сторонніх акустичних перешкод, проте в умовах невеликих ділянок вони демонструють стабільну роботу та можуть розглядатися як ефективний інструмент автономної навігації [3].

Використання інерційних вимірювальних модулів (IMU) дозволяє підвищити стабільність руху завдяки високій частоті оновлення (100–1000 Гц) та мінімальній затримці (<1 мс). Проте у IMU присутній інерційний дрейф, який без корекції накопичує похибку до 1–10 см щосекунди, тому такі модулі використовуються виключно у складі систем з фоновією корекцією. Дослідження [4] демонструють, що поєднання IMU з UWB дає змогу компенсувати дрейф і забезпечує стабільну точність не гірше ніж 5–7 см, навіть у випадку тимчасових втрат зовнішніх сигналів.

Візуальна локалізація (Visual SLAM) забезпечує точність у межах 2–15 см залежно від умов освітлення та текстури поверхні. Однак її використання на роботизованих газонокосарках обмежується високими обчислювальними вимогами, необхідністю стабільних умов освітленості та чутливістю до рослинності, яка може змінюватися протягом дня. Незважаючи на це, сучасні дослідження [5] підкреслюють перспективність комбінування візуальної локалізації з інерційним та ультразвуковим позиціонуванням.

Таким чином, проведений аналіз засвідчує, що найбільш перспективним рішенням для автономних газонокосарок є використання гібридної системи позиціонування, у якій UWB або ультразвукові маяки забезпечують базову просторову точність, IMU стабілізує навігацію під час руху, а оптичні методи забезпечують додаткову корекцію у складних зонах. Поєднання цих технологій дозволяє досягти просторової точності не гіршої за 10 см, підвищує стійкість роботи у змінних зовнішніх умовах та забезпечує покращення енергоефективності за рахунок оптимізації траєкторії руху.

Література

1. Chen Y., Wang H. Hybrid Localization Approaches for Mobile Robots. *Journal of Intelligent Systems*, 2021.
2. Li X., Ma H. Ultra-Wideband Positioning for Mobile Robotics: A Survey. *Sensors*, 2020.
3. Marvelmind Robotics. Outdoor/Indoor Navigation System: Technical Documentation, 2023.
4. Ramezani M., Cetin E. Fusion of UWB and IMU for Robust Robot Localization. *IEEE Sensors Journal*, 2022.
5. Nguyen T., Park S. Comparative Analysis of Modern Outdoor Robot Localization Systems. *Electronics*, 2022.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОЛОКНА ЗА ЗОБРАЖЕННЯМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ

D.P. Stukhliak, Ph.D., Assoc.Prof.; D.M. Yaroshchuk

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR FIBRE QUALITY CONTROL BY IMAGES USING NEURAL NETWORK ANALYSIS

Сучасні текстильні підприємства стикаються з необхідністю підвищення якості продукції при одночасному зменшенні виробничих витрат. Одним із найкритичніших аспектів у цьому контексті є контроль якості пряжі, структурні дефекти якої можуть призводити до підвищеного браку тканини, перевитрати матеріалів та зниження ефективності роботи ткацьких верстатів. Традиційні методи контролю, зокрема візуальна інспекція або використання механічних очищувачів, часто є обмеженими як щодо точності, так і щодо швидкодії. Тому актуальною є розробка інтелектуальних підходів до автоматизованого моніторингу стану пряжі в режимі реального часу.

У дослідженні розглянуто впровадження штучних нейронних мереж – зокрема моделей сімейства YOLO – для розпізнавання та класифікації дефектів, що виникають у процесі повітряно-струменевого прядіння. Передумовою є розуміння специфіки формування структури нитки у повітряно-струменевому каналі, де на волокна впливають турбулентні повітряні потоки та тиск прядіння. Експериментальні дані свідчать, що зміна тиску від 3,5 до 5,0 бар істотно впливає на рівномірність нитки: наприклад, при тиску 3,8 бар кількість витягів зростає на 17 %, тоді як перевищення 4,8 бар збільшує частку вузлів на 23 %.

З огляду на це дослідження ставить за мету: отримання репрезентативного набору зображень дефектів нитки, створення моделі глибинного навчання для їх автоматичної класифікації, визначення оптимальних режимів роботи машини на основі статистичних залежностей між тиском прядіння, структурою нитки та частотою дефектів.

Для формування набору даних було розроблено експериментальну установку, що включає високошвидкісну камеру (240 fps), підсвічування зі стабілізованою температурою світла 5000 K та модуль транспортної подачі нитки зі швидкістю 120–150 м/хв. У результаті створено базу із 18 200 зображень, з яких 11 400 містять дефекти типу тонкі місця, товсті місця, вузли, переплутування та розриви структури. Попередня класифікація здійснювалася вручну групою експертів, що забезпечило високу достовірність анотацій.

Для аналізу застосовано моделі нейронних мереж YOLOv5 та YOLOv8, що демонструють здатність до детекції об'єктів на дрібних масштабах, що є критично важливим для задачі контролю якості нитки. Оптимальна структура моделі включала 17 шарів та 6,2 млн параметрів, що забезпечувало баланс між точністю та швидкістю. Попередня обробка даних включала нормалізацію яскравості, збільшення контрасту та аугментацію даних (оброти, масштабування, зміна тіней), що підвищило загальну узагальнювальну здатність моделі.

Навчання проводилося на 80 % вибірки, тестування – на 20 %. Модель YOLOv8s досягла точності (Precision) 0,93, повноти (Recall) 0,89 та загального показника $mAP@0.5 = 0,91$, що на 12 % вище порівняно з класичними CNN-архітектурами типу

ResNet50, які показали $mAP@0.5 \approx 0,79$ у тих самих умовах. Час обробки одного зображення становив у середньому 14 мс, що дозволяє інтегрувати систему в потокову лінію без зниження продуктивності.

У рамках аналізу взаємозв'язку між режимами прядіння та кількістю дефектів було встановлено, що оптимальний діапазон тиску становить 4,2–4,5 бар. У цьому діапазоні кількість структурних дефектів зменшується на 27 % порівняно з нижчим тиском та на 31 % порівняно з надлишковим тиском. Отримана модель дала змогу прогнозувати ймовірність утворення дефектів залежно від параметрів роботи машини з точністю 0,87, що відкриває можливість автоматичного регулювання тиску у замкнутому контурі.

Крім того, експериментальна частина продемонструвала, що якість витягів і вузлів має нелінійну залежність від мікроструктури, що формується у повітряно-струменевому каналі. Це підтверджує доцільність застосування методів складних нейронних мереж для аналізу зображень такого типу, адже звичайна сигналометрична діагностика не дає точного уявлення про просторові дефекти.

Узагальнюючи, можна зазначити, що використання штучних нейронних мереж у контролі якості пряжі є ефективним та перспективним напрямом цифрової трансформації текстильної промисловості. Результати дослідження демонструють високу точність і швидкість виявлення дефектів та дозволяють не лише автоматизувати процес контролю, а й регулювати режими роботи прядильної машини для мінімізації браку. Упровадження таких підходів здатне зменшити втрати підприємства до 15–18 %, підвищити стабільність якості на 20 % та скоротити час технічного обслуговування обладнання на 10–12 %.

Таким чином, розроблена система контролю може стати ключовим елементом сучасних смарт-текстильних виробництв, забезпечуючи високу конкурентоспроможність і ефективність процесів.

Література

1. Lawrence C. A. Fundamentals of Spun Yarn Technology. Boca Raton: CRC Press, 2003. 736 p.
2. Pereira F., et al. Yarn quality analysis by using computer vision and deep learning. *Textile Research Journal*. 2025. Vol. 95, No. X. – P. 1–15.
3. Jansen K. Image-Based Condition Monitoring of Air-Jet Spinning Machines Using Deep Neural Networks : Master's thesis. – University of Borås, 2024. – 92 p.
4. Mao M., et al. YOLO Object Detection for Real-Time Fabric Defect Inspection: A Review // *Sensors*. – 2025. – Vol. 25, No. 7. – Article 2270.
5. Zhou L., et al. DCFE-YOLO: A novel fabric defect detection method. *PLOS ONE*. 2025. Vol. 20, No. X. e0314525.
6. Dai J., et al. PHL-YOLO: a real-time lightweight yarn inspection method // *Journal of Real-Time Image Processing*. 2025. (ahead of print).
7. Özek A. Artificial Intelligence Driving Innovation in Textile Defect Detection and Quality Assurance. *AI*. – 2025. – Vol. 5, No. 2. – P. 1–25.
8. Application of AI and ML in Quality Control Department of Textile and Apparel Industry. *Proceedings of International Conference on Textile and Apparel Engineering*. 2024. P. 45–54.
9. Deep Learning Approach for Predicting the Physical Properties of Air-Jet Textured Yarn with PET/PTT Bicomponent Fiber // *Textile Research Journal*. 2023. Vol. 93, No. X. P. 1–12.
10. Application of Neural Network to Predict the Properties of Air-Jet Spun Yarns. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2017. Vol. 42, No. X. P. 210–218.

11. Prediction of Air-Jet Textured Yarn Properties Using Statistical Method and Neural Network. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2012. Vol. 20, No. X. P. 29–35.

УДК 681.518.5

П.Д. Стухляк, д.т.н., проф.; А.О. Петров

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СКЛАДАННЯ КОНТАКТНОГО РОЗ'ЄМУ PIN HEADER

P.D. Stukhliak, Dr., Prof.; A.O. Petrov

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE ASSEMBLY PROCESS OF A PIN HEADER CONNECTOR

Сучасні виробничі системи для складання електронних компонентів перебувають під постійним тиском підвищення точності, стабільності та продуктивності, що зумовлює активний перехід від ручних операцій до автоматизованих та колаборативних технологій. У роботі здійснено комплексне дослідження автоматизації процесу складання контактних штифтових роз'ємів типу Pin Header (PH) з використанням роботизованих маніпуляторів, систем керування на базі ПЛК та інтегрованих засобів програмного контролю. Наукова значущість дослідження полягає в обґрунтуванні конструктивних, технологічних та програмних рішень, які забезпечують підвищення повторюваності операцій на 32–45%, зниження впливу людського фактора на 50–60% та оптимізацію потокових характеристик із загальним зростанням продуктивності на 28–35%.

Відправною точкою дослідження стало формування достовірної бази емпіричних даних шляхом систематичних хронометражних вимірювань у реальному виробничому середовищі. Було здійснено 240 багатократних вимірювань тривалостей основних і допоміжних операцій, включно з підготовчо-завершальними діями, налаштуванням робочих місць, повторними виконаннями та переміщеннями між операційними зонами. Такий підхід дозволив мінімізувати випадкову похибку до $\pm 3,5\%$, відтворити природну варіативність ручних дій та сформувати статистично коректну часову модель виробничого процесу. Записані дані стали основою для побудови потокових моделей, аналізу пропускної здатності й оцінювання ефективності різних конфігурацій процесу — зокрема, при ручній роботі середній цикловий час одного виробу становив 11,4 секунди, тоді як при автоматизації потенційно знижувався до 6,8 секунди.

На основі отриманих даних розроблено імітаційну модель складання Pin Header, яка відтворює дискретну логіку проходження виробів через послідовність операцій. Модель враховує кількість доступних робочих станцій (3–5), їх пропускну здатність (450–700 виробів/год), добовий фонд часу (480 хв), можливість паралельного виконання операцій та технологічні відношення передування. Імітація виконувалася для партій із фіксованою кількістю виробів (1000 шт.) та дозволила отримати інтегральні показники виробничої динаміки, зокрема загальну тривалість проходження (lead time), обсяг незавершеного виробництва, завантаження станцій та характер утворення черг. Модель підтвердила, що автоматизація зменшує цикловий час у середньому на 40%, знижує накопичення проміжних запасів на 55–70%, стабілізує ритм виробництва, а кількість типових помилок (перекося, недовставлення) зменшується з 3,1% до 0,4%.

Ключовим елементом створюваної автоматизованої системи є використання колаборативного робота UR5, який забезпечує точне та повторюване маніпулювання дрібними компонентами. Робот має вантажопідймальність 5 кг, робочий радіус 850 мм, повторюваність позиціонування $\pm 0,03$ мм, що повністю відповідає вимогам складання компонентів розміром від 2,54 мм (крок контактів). Визначено доцільність застосування шестивісного UR5 з огляду на жорсткість, точність і відповідність просторовим обмеженням. Особливу увагу приділено розробленню спеціалізованого двоканального захватного модуля, здатного працювати з фіксаторами та корпусами Pin Header без зміни інструмента. Конструктивні рішення забезпечили 99,2% точність захоплення, а адаптивна компенсація перекосів зменшила брак через недовставлення на 76%.

Інтеграція робота у виробниче середовище вимагала розроблення програмної архітектури, що включає ПЛК, контролер робота, панель оператора НМІ, датчики наявності заготовок, станцію паяння та сигнальну колонку. Було сформовано логіку взаємодії між компонентами, побудовано модель обміну даними через мережеві протоколи реального часу (із затримкою не більше 8–12 мс) та визначено структуру алгоритмів керування. Основна логіка складається з рівня ініціалізації, рівня циклу, рівня контролю умов та рівня обробки помилок. Передбачено механізми виявлення відсутності компонентів, адаптацію траєкторій, обмеження швидкості (до 250 мм/с при взаємодії з оператором), контроль сили натискання (до 40 Н) та перевірку точності позиціонування з корекцією до 0,1 мм.

Особлива увага приділена проектуванню компонування роботизованої клітинки. Сформовано раціональну схему розміщення касет об'ємом 50–80 компонентів, робочого стола, буферних зон та сервісної зони оператора. Визначено просторові межі зон досяжності UR5, оптимальні висоти робочих поверхонь (820–900 мм) та траєкторні маршрути наближення й відведення. Такий підхід забезпечив скорочення холостих ходів на 18–25% та підвищення стабільності РНА-циклу на 30%.

Результати дослідження засвідчують, що інтеграція UR5 у процес складання Pin Header забезпечує істотне підвищення продуктивності — від 2200 до 3100 зібраних компонентів на зміну, зниження похибок позиціонування у 7,5 раза, стабілізацію поточкових характеристик і зменшення трудомісткості операцій на 45–55%. Запропонована архітектура керування є масштабованою і може бути доповнена системами машинного зору, датчиками сили, додатковими станціями або складнішими маршрутами переміщення. Таким чином, робота формує цілісне інженерне рішення, що поєднує аналіз, моделювання, конструювання та програмну інтеграцію для створення сучасної автоматизованої РНА-станції.

Література

1. Andrusyshyn V., Luscinski S., Ivanov V., Pavlenko I. The efficiency of collaborative assembling cells // *Journal of Engineering Sciences*. 2022. Vol. 9, No. 1. P. A9–A16.
2. Kumar A. A., Uz Zaman U. K., Plapper P. Collaborative Robots // *Handbook of Manufacturing Systems and Design: An Industry 4.0 Perspective*. – 1st ed. – Boca Raton: CRC Press, 2024. – Ch. 6: Collaborative Robots.
3. IEC 61131-3:2025. Programmable controllers – Part 3: Programming languages. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2025.
4. ISO 10218-1:2025. Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots. – Geneva: International Organization for Standardization, 2025.

5. ISO/TS 15066:2016. Robots and robotic devices — Collaborative robots. — Geneva: International Organization for Standardization, 2016.

6. Mekhri Z., Doiron M. Discrete Event Simulation in Electronics Manufacturing Operations // SMTA Proceedings. — Flex, Milpitas, CA. — P. 1–8.

7. Andrusyshyn V. et al. Industrial gripper and manufacturing engineering aspects of collaborative systems // Manufacturing Engineering: Machines and Tools. — 2022. — Vol. 9, Issue 1. — P. A9–A16

8. Chemweno P. et al. A review of the ISO 15066 standard for collaborative robot safety // Safety Science. — 2020. — Vol. 127. — Article 104712.

УДК 004.4

О.І. Суховий

(Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна)

ВИКОРИСТАННЯ АНСАМБЛЮ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОЗМІТКИ ДАНИХ ДЛЯ НАВЧАННЯ

O.I. Sukhovi

USE OF A NEURAL NETWORK ENSEMBLE FOR AUTOMATED DATA LABELING FOR TRAINING

У цій роботі розглядається теоретичний підхід до побудови системи автоматизованої розмітки даних на основі ансамблю нейронних мереж. Представлено загальну концепцію, ключові складові, механізми об'єднання прогнозів та потенційні переваги, а також визначено напрямки для майбутніх практичних досліджень.

Процес побудови моделей машинного навчання залежить від доступності репрезентативних вибірок даних, а також від їхньої якісної розмітки. У багатьох галузях, таких як комп'ютерний зір, медична діагностика, автономні системи чи обробка природної мови, створення масивів розмічених даних вимагає значних часових і фінансових ресурсів.

Одним із перспективних шляхів зменшення залежності від ручної розмітки є використання автоматизованих методів розмітки даних, зокрема на основі ансамблів нейронних мереж [1]. Ансамблеві методи довели свою здатність до узагальнення, стійкості до шуму та покращену точність у порівнянні з окремими моделями. Ці властивості роблять ансамблі природним кандидатом для формування автоматизованої системи розмітки даних для навчання нових моделей.

Завдання дослідження полягає у формулюванні теоретичної основи для побудови системи, в якій ансамбль моделей буде не лише механізмом підвищення точності прогнозів, а повноцінним інструментом для автоматизованого створення навчальних вибірок.

Основна ідея — це використання результатів роботи ансамблю нейромереж для автоматизованої розмітки даних для навчання інших моделей. Даний метод є концептуально розширенням методу дистиляції знань [2]. Відмінність від дистиляції знань полягає у можливості повторного використання результатів роботи ансамблю нейромереж через збереження результатів роботи ансамблю як міток для подальшого використання як тренувальних даних.

Задля досягнення консенсусу між моделями ансамблю варто розглянути різні підходи, що базуються на класичному та зваженому голосуванні, де моделі з вищою якістю отримують більший вплив на фінальний прогноз. Також можна дослідити

використання баєсовських моделей довіри або ж графового поширення довіри, що дозволяє знайти варіант із найбільшою узгодженістю [3].

Повністю автоматизована система не може гарантувати безпомилковості, тому потрібно передбачити механізм залучення людського експерта. Такий механізм повинен відповідати за розв'язання суперечливих випадків таких як відсутність консенсусу між моделями які є учасниками ансамблю нейромереж.

Переваги такого підходу полягають у скороченні обсягів ручної розмітки, оскільки до експерта надходять лише найпроблемніші зразки. Узгоджені прогнози ансамблю забезпечують стабільність псевдо-міток і знижують ризик систематичних похибок окремих моделей. Крім того, система здатна швидко генерувати великі масиви розмічених даних, що відкриває можливість оперативного масштабування навчальних наборів. Навчання майбутніх моделей на таких очищених і узгоджених мітках може підвищити якість навіть без значного збільшення ручної роботи.

Можливі напрями подальших досліджень охоплюють створення експериментального прототипу системи та оцінку ефективності різних механізмів консенсусу.

Висновки

У роботі запропоновано теоретичний підхід до створення системи автоматизованої розмітки даних на основі ансамблю нейронних мереж. Сформовано архітектуру ансамблю, описано механізми узгодження прогнозів, проаналізовано потенціал застосування методів оцінки невизначеності та можливості включення людини в контур прийняття рішення. Підхід має потенціал значно знизити залежність від ручної розмітки, підвищити якість псевдо-міток і забезпечити ефективне масштабування навчальних вибірок.

Запропонована методика потребує подальшої експериментальної перевірки. Реалізація зазначених напрямків досліджень дозволить оцінити практичну ефективність теоретично описаної системи та визначити її внесок у сучасні методи автоматизації розмітки даних.

Література

1. IN DEFENSE OF PSEUDO-LABELING: AN UNCERTAINTY-AWARE PSEUDO-LABEL SELECTION FRAMEWORK FOR SEMI-SUPERVISED LEARNING / M. N. Rizve та ін. *ICLR 2021 - 9th International Conference on Learning Representations*, 3–7 трав. 2021.
2. Knowledge Distillation: A Survey / G. Jianping та ін. *International Journal of Computer Vision*. 2021. Т. 129, вип. 6. С. 1789–1819. ISSN 09205691. URL: <https://doi.org/10.1007/s11263-021-01453-z>.
3. You X., Hou F., Chiclana F. A reputation-based trust evaluation model in group decision-making framework. *Information Fusion*. 2024. Т. 103. ISSN 15662535. URL: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.102082>.

ЗАСТОСУВАННЯ СЕНСОРНИХ БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВИРОБНИЦТВА І СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

A. Takvareli, Yu. Leshchyshyn, Ph.D.

APPLICATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR MONITORING ELECTRICITY PRODUCTION AND CONSUMPTION

Моніторинг виробництва і споживання електроенергії є звичною практикою при організації роботи промислових електричних мереж. Однак при побудові розподіленої генерації і споживанні електроенергії виникає проблема із віддаленістю об'єктів генерації і споживання, а також розгалуженістю і складною архітектурою побудови такої віддаленої мережі. Тому для вирішення цього завдання доцільно використати існуючі технології побудови сенсорних безпроводних мереж, які також використовуються в пристроях Інтернету речей.

Існуюче різноманіття технологій [1] побудови сенсорних безпроводних мереж при вирішенні технічних задач потребує аналізу і порівняння технологій за певними критеріями такими як: дальність зв'язку, доступність і швидкість розгортання мережі, шифрування обміну даними, швидкість передачі даних та споживання енергії (див.рис.1) та іншими критеріями. Причому критерії порівняння мають ґрунтуватись на вимогах до надійності зв'язку і його гнучкості і зручності використання.

								
Standard	ZigBee (WPAN)	Low Power Wi-Fi (WLAN)	6LoWPAN (LPWAN)	LoRaWAN (LPWAN)	NB-IoT (LPWAN - cellular)	LTE-M (LPWAN - cellular)	5G (cellular)	Wi-Sun (WNAN)
Nominal range	10 - 100 m	70 m - 225 m	25 - 50 m	2 - 15 Km	1 - 15 Km	1 - 11 Km	up to 100 km	5 - 10 km
Max Data Rate (Kbit/s)	250 Kbps	15 Mbps	250 Kbps	50 Kbps	250 Kbps	1 Mbps	599 Mbps	300 Kbps
Power consumption	 Medium	 Low to medium	 Low	 Low to medium	 Low	 Low	 Low to medium	 Medium to high

Рисунок 1. Порівняння існуючих технологій побудови сенсорних безпроводних мереж

Із наведеного на рис. 1 переліку технологій найбільш перспективним є використання технології LoraWAN у варіанті побудови меш мережі, тобто Meshtastic. Технологія LoraWAN використовує частоти, що не потребують ліцензування і забезпечує зв'язок на десятки кілометрів. А Mesh-мережа забезпечує надійний зв'язок через проміжні пристрої на значні відстані при відсутності прямої видимості та інших обмеженнях. Пристрої Meshtastic можуть взаємодіяти з різними модулями і пристроями через протоколи що типові для пристроїв Інтернету речей.

Застосування сенсорних безпроводних мереж, зокрема технології Meshtastic для моніторингу виробництва і споживання електроенергії потребує порівняння з іншими технологіями за відповідними критеріями, що потребує подальшого дослідження.

Література

1. The impact of the communication technology protocol on your IoT application's power consumption. URL: <https://saft.com/en/energizing-iot/impact-communication->

УДК 004.056

А.М.Фаберський, студент гр. СБм-61

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СТЕГАНОГРАФІЯ ЗОБРАЖЕНЬ

A. M. Faberskyi, student gr. SBm-61

IMAGE STEGANOGRAPHY

За останні кілька десятиліть було створено та вдосконалено безліч секретних методів зв'язку, при цьому стеганографія зображення становить одну з основних областей прихованого зв'язку [1]. Це пов'язано з тим, що в Інтернеті є мільйони готових і доступних зображень, в які будь-яка людина, яка бажає спілкуватися таємним чином, може вставляти свої власні повідомлення. Крім того, формат має високу надмірність, а незначні зміни цифрових зображень не виявляються зоровим аналізатором людини (ЗАЛ). Більше того їх легко використовувати як прикриття для вбудовування даних без збурення. Цифрові зображення широко використовуються як прикриття для стеганографії. Більшість стеганографічних систем досліджують і використовують знання про недоліки людського зору у методах вбудовування. Таким чином, зашумлені області та краї зображень цікавлять стеганографів, оскільки ЗАЛ менш чутливий до зашумлених областей та областей по краях.

Незважаючи на певний прогрес, досягнутий у стеганографії зображень з погляду бінарних зображень та тривимірних зображень, дослідники зосередили свої дослідження на прихованні даних у відтінках сірого та кольорових зображень [1]. Незважаючи на те, що компонент яскравості кольорового зображення ідентичний компоненту яскравості зображення в градаціях сірого, деякі експерти вважають зображення в градаціях сірого оптимальним покриттям для стеганографії. Це пов'язано з тим, що процес вбудовування змінить кореляцію між елементами кольору, і ці зміни можуть викликати сліди артефактів, які спростять виявлення вбудовування.

Як правило, існує два основних типи стеганографії зображень: просторова область та область перетворення. На рисунку1 показано два типи методів.



Рисунок 1 - Види стеганосіїв

Література

1. Pratap Chandra Mandal, Imon Mukherjee, Goutam Paul, B.N. Chatterji, Digital image steganography: A literature survey // Information Sciences, Volume 609, 2022, Pages 1451-1488,

УДК 681.3:664.1

В.Я. Фриз; Р.Б. Трембач, к.т.н.; В.В. Левицький к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМ СЦЕНАРНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПРИГОТУВАННЯ ПИВА

V. Fryz; R. Trembach, Ph. D; V. Levytskyi, Ph. D

ALGORITHM FOR SCENARIO MANAGEMENT OF BEER MAKING PROCESSES

Сценарій – спосіб досягнення поставлених цілей з врахуванням факторів впливу середовища, в якому знаходиться система, що характеризується цілями, факторами впливу, операціями, міжопераційними зв'язками. [1, 2]

Сценарій може моделюватися за трьома основними напрямками:

- прогноз розвитку ситуації без будь-якої дії на процеси в ситуації (ситуація розвивається сама собою);
- прогноз розвитку ситуації з вибраним комплексом заходів (управліннь) – пряма задача;
- синтез комплексу заходів для досягнення необхідної зміни стану ситуації – обернена задача. [1, 2]

Простота та потужність нечіткої логіки, як методології вирішення проблемних ситуацій, гарантує її успішне застосування у вбудованих системах контролю та аналізу інформації, при цьому відбувається залучення інтуїції та досвіду оператора (експерта). Ефективним механізмом керування в системах з великим ступенем невизначеності є застосування сценарного підходу. [1, 2]

Схема автоматизації складається з контурів вимірювання, сигналізації, регулювання витрати, температури, рівня.

Задачею є створення підсистеми оцінки якості, що має три входи і формує на основі оцінки відповідне логічне рішення. На рис. 1. зображена структура системи логічного висновку.

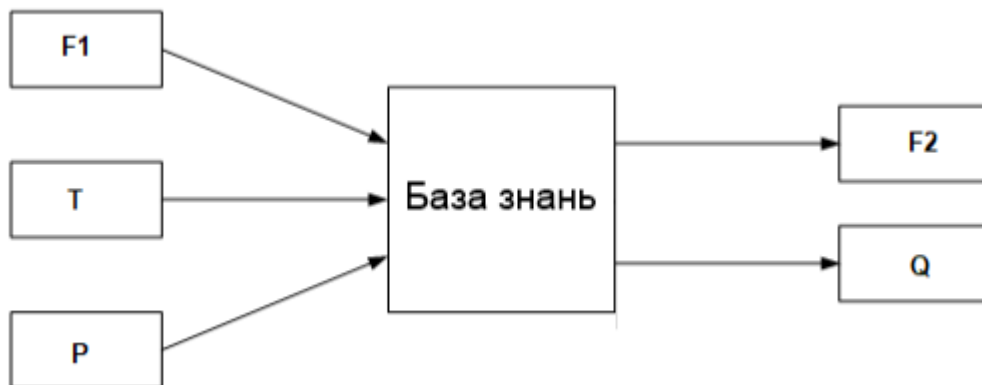


Рисунок 1- Структура експертної системи

На рисунку 1 входи: F1 – витрата пивного суслу; T – температура у бродильному апараті; P – тиск у бродильному апараті; виходи: F2 – витрата готового, зброженого пивного суслу; Q – мутність готового, зброженого пивного суслу.

За допомогою програмного середовища MATLAB та вбудованої функції FIS Editor Fuzzy Logic Toolbox (рис.2) створюємо прийняті входні та вихідні змінні.

Кожній змінній відреагуємо на п'ять функцій належності. У меню Edit вибираємо пункт підменю Add MFs... - додати необхідні типи (MF type) та кількість (Number of MFs) функцій належності. У вікні Member Function Editor налаштовуємо параметри кожної функції належності. В зоні параметрів Current Variable параметри Range(ряд) і Display Range (ряд, що відображається) – задаємо діапазони змінних. В зоні параметрів Current Membership Function є можливість змінити назву лінгвістичної змінної в полі Name, тип функції належності Type і параметри в полі Params.

Для перегляду результату роботи системи нечіткої логіки в головному вікні FIS Editor обираємо меню View команду Rules – графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку (рис.3) або команду Surface – відображення поверхні відгуку.

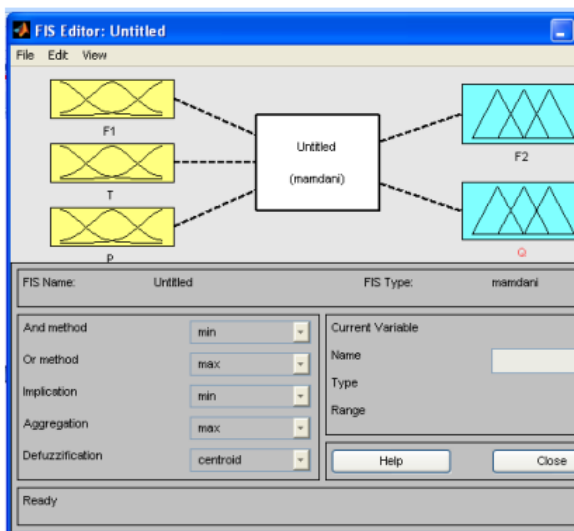


Рисунок 2 – Вікно функції FIS Editor Fuzzy Logic Toolbox

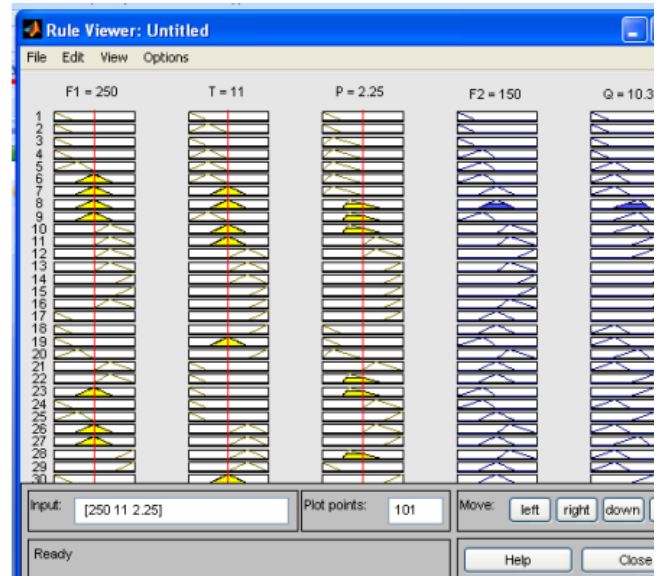


Рисунок 3.-Вікно графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку.

З рисунку 3 видно рекомендовані оптимальні значення параметрів:

Вхідні параметри	Вихідні параметри
F1 – 250;	F2 – 150;
P – 3,25;	Q – 10,3.
T – 11.	

З аналізу процесу було визначено 3 входи (витрата пивного суслу з трубопроводу, тиск у бродильному апараті, температура у бродильному апараті) і 2 виходи (мутність пивного суслу і витрати готового зброженого пивного суслу) процесу. Для використання у системі керування сформульовано необхідні продукційні правила. Результат роботи відображено за допомогою графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку та поверхонь відгуків відповідних величин.

Література

1. Романов М.С., Кишенько В.Д., Ладанюк А.П Розробка системи сценарного управління технологічними процесами приготування пива. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2015. № 2(3). С. 49-55. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2015_2%283%29_9
2. Зігунов А. М., Кишенько В. Д. Технологічний моніторинг при сценарному керуванні виробничими процесами. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». Харків: НТУ «ХПІ». 2012. № 44(950).С. 25 – 36.

УДК 004.93

Фундитус С.Б., аспірант, здобувач ступеня доктора філософії

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОПТИМІЗАЦІЯ СЕГМЕНТАЦІЇ КОРОЗІЙНИХ ЗОН НА ФЛАНЦЕВИХ З'ЄДНАННЯХ ТРУБОПРОВОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДИФІКОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ U-NET З АДАПТИВНИМ МЕХАНІЗМОМ УВАГИ

Fundytus S.B., PhD student

ENHANCED SEGMENTATION OF CORROSION ZONES ON PIPELINE FLANGE JOINTS VIA A MODIFIED U-NET WITH ADAPTIVE ATTENTION

Сегментація корозійних пошкоджень на фланцевих з'єднаннях трубопроводів є однією з найскладніших задач технічного контролю, що потребує високої точності при обробці зображень із складною геометрією, неоднорідним освітленням та наявністю фонових артефактів. У межах дослідження запропоновано модифіковану архітектуру згорткової нейронної мережі U-Net, доповнену адаптивним механізмом уваги на основі squeeze-and-excitation блоків, що дозволяє моделі динамічно перенормовувати канали ознак та фокусуватися на релевантних просторових характеристиках.

Для навчання моделі сформовано власний датасет, що включає 420 зображень фланцевих з'єднань з ручною анотацією зон корозії у форматі масок. Застосовано методи аугментації, зокрема обертання, масштабування, зміну контрасту та розмиття, що забезпечило стійкість моделі до варіативності вхідних даних. Навчання здійснювалося на базі фреймворку PyTorch із використанням оптимізатора Adam та функції втрат DiceLoss.

Порівняльний аналіз результатів показав, що модифікована модель перевищує базову архітектуру U-Net за всіма ключовими метриками: середнє значення IoU зросло з 76,4% до 87,5%, Dice-коефіцієнт — з 83,2% до 91,1%, а точність — з 81,0% до 89,3%. Особливо помітне покращення було зафіксовано у випадках з частковим перекриттям дефектів та наявністю болтових елементів у кадрі, де базова модель демонструвала нестабільність.

Запропонована архітектура зберігає обчислювальну ефективність: приріст кількості параметрів становить лише 12%, що дозволяє використовувати її на edge-пристроях у реальному часі. Це відкриває перспективи інтеграції моделі у мобільні системи технічного моніторингу, SCADA-платформи та цифрові паспорти об'єктів. Подальший розвиток дослідження передбачає адаптацію моделі до інших типів з'єднань, розширення бази даних та впровадження механізмів активного навчання для автоматичного уточнення анотацій.

Література

1. Han O.C., Kutbay U. Detection of Defects on Metal Surfaces Based on Deep Learning. *Applied Sciences*. 2025. 15(3):1406.
2. Hasilo Yu.A., Romanyuk R.Ya. Innovative Methods of Non-Destructive Quality Control of Metal Structures and Technological Equipment. *Materials Modeling Journal (DSTU)*. 2020
3. Lozovan V., Yuzevych V. Neural Networks as a Tool for Improving Metrological Characteristics of Metal Structures. *Innovative Solutions in Modern Science*. 2017.

УДК 621.372.8

Г.П. Химич, ст. викл.; О.М. Опашний, студент; Р.І. Кондра, студент
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ХВИЛЕВІДНИХ НВЧ СТРУКТУР З НЕОДНОРІДНОСТЯМИ У ХВИЛЕВОДАХ

Н.Р. Khymych, senior lecturer; O.M. Opashnyy, student; R.I. Kondra, student
RESEARCH OF MICROWAVEGUIDE STRUCTURES WITH INHOMOGENEITIES IN THE WAVEGUIDES

У даній публікації приведені результати розрахунків та вимірів спроектованих кількох варіантів широкосмугових хвильоводних фазоповертачів, рис.1 та хвильоводних багатофункціональних фільтрів, рис.2, які використовуються в інтегрованому антенному надвисокочастотному (НВЧ) тракті з метою первинної обробки електромагнітних хвиль (розділення за поляризацією, частотними смугами, фазове узгодження каналів, узгодження між елементами тракту).

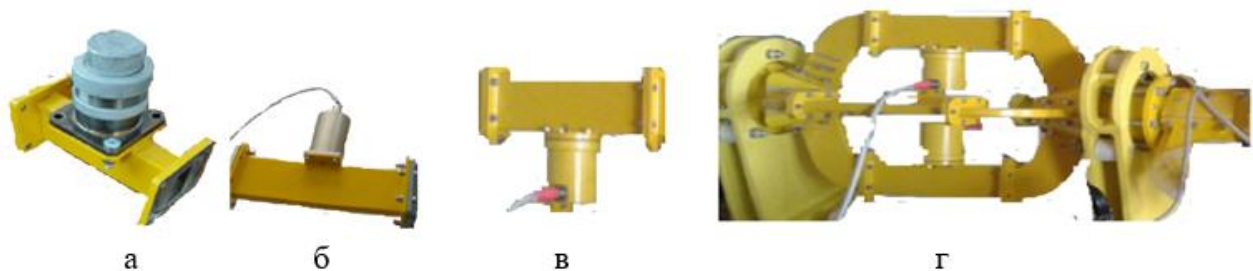


Рисунок 1. Натурні зірці фазоповертачів: а – з механічною зміною фази; б – з електромеханічною зміною фази; в – з електричною (програмованою) зміною фази; г – електричні фазоповертачі у каналах інтегрованого антенного тракту НВЧ С/Ку діапазонів.

Дані хвильовідні фазоповертачі виконані на основі хвильоводів перетином 61×10 мм з встановленою всередині діелектричною пластиною (teflon 4). У фазоповертачі змінюється електрична довжина, змінюючи при цьому фазову складову електромагнітної хвилі основної моди H_{10} , яка проходить через хвильовід. Всередині хвильоводу розташовується по вісі хвильоводу діелектрична пластина з малими втратами і спеціальними скосами на краях для забезпечення хорошого узгодження з сусідніми елементами (вузлами) в НВЧ тракті. Така конструкція дає можливість плавно змінювати фазовий зсув механічно, електрично або програмно. Зміна ширини хвильоводу змінює критичну довжину хвилі $\lambda_{кр.} = 2a$ і фазову швидкість хвилі H_{10} (зменшення розмірів хвильоводу зменшує затримку фази). Для розрахунку складових частин фазоповертача використовувався метод суперпозиції елементарних хвиль. У відповідності до графіків, рис.2 а,б, розраховувались геометричні та діелектричні параметри у відповідності до зміни критичної частоти.

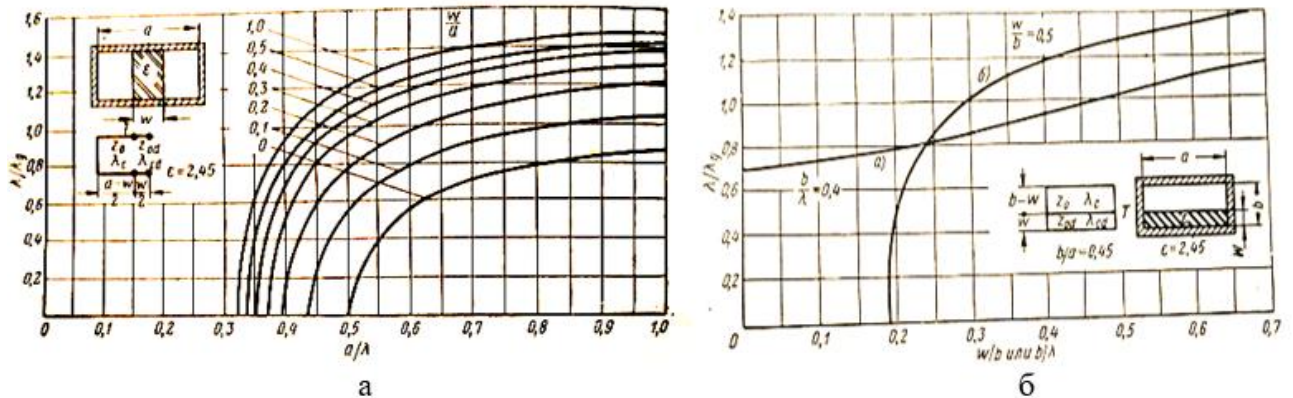


Рисунок 2. Прямокутний хвильвід з діелектричною пластиною: а – паралельна електричному полю; б – перпендикулярна електричному полю.

Результати вимірів VSWR (коефіцієнт стоячої хвилі) фільтрів показано на рис.3.

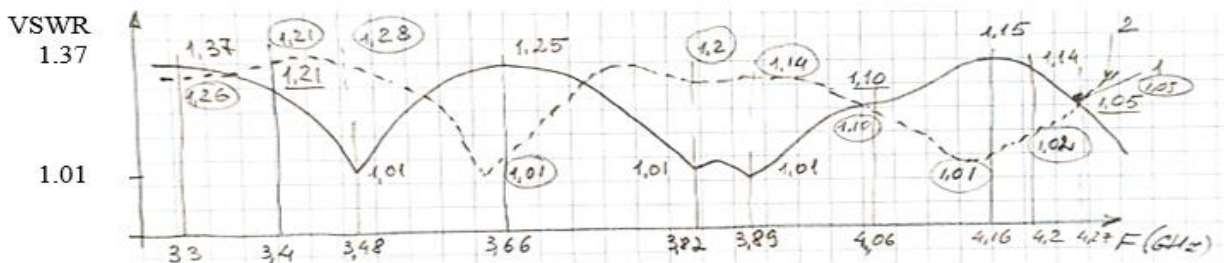


Рисунок 3. Значення VSWR при крайніх положеннях діелектричної пластини.

На рис. 4. показано хвильвідний широкосмуговий смуго-пропускний НВЧ фільтр, який створений на основі прямокутного хвильоводу, перетином 61×10 мм. Даний фільтр є широкосмуговий. VSWR такого фільтру показано на рис 5. Вимірювання проводились на 4 взірцях, що демонструють високу технологічність, точність виготовлення та налаштування взірців. Коефіцієнт втрат в робочій смузі частот не більше 0,15 dBi, згасання за межею робочої зони фільтру – понад мінус 32 dBi, коефіцієнт узгодження (відбиття) від входу і виходу, не більше 1,19.

Розрахунок і синтез фільтру даного типу зводиться до еквівалентної схеми низькочастотного прототипу, який задовільняє відповідну частотну характеристику, з заміною зосереджених елементів схеми на відповідні еквіваленти надвисоких частот. У якості елементів відрізків лінії передачі, які відповідають ємностям, індуктивностям та резонансним контурам використовуються стрижні, розміщені на широкій стінці хвильоводу. Довжина стрижня менше $\lambda/4$ є еквівалентом індуктивності, при довжині більше $\lambda/4$ є еквівалентом ємності. З'єднання реактивних елементів (стрижнів) з корпусом хвильоводу виконані так, що додаткові реактивності є мінімальними і на налаштування фільтру не впливають.



Рисунок 4. Натурні взірці гібридних смуго-пропускних фільтрів НВЧ.

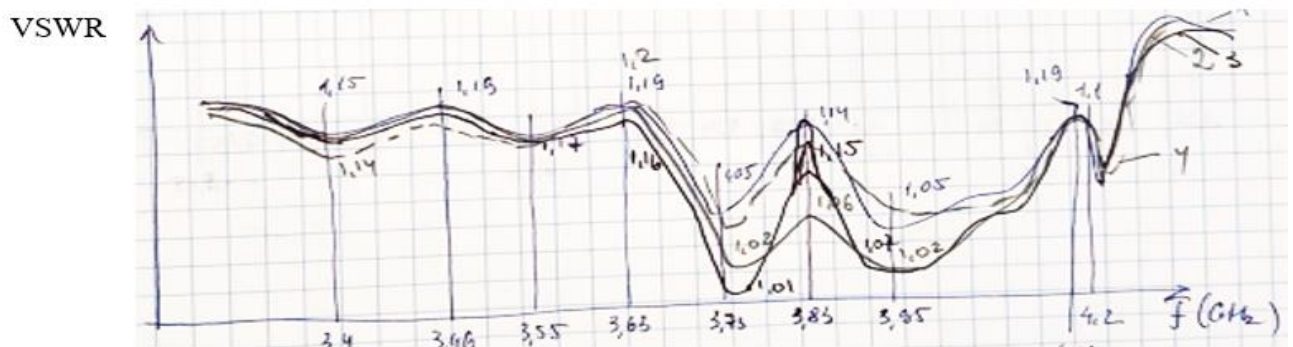


Рисунок 5. КСХН (VSWR) смуго- пропускних фільтрів.

Література

1. [Безбородов Ю. М. Фільтри НВЧ на діелектричних резонаторах / Ю. М. Безбородов, Т. Н. Нариткін, В. Б. Федоров. – Київ. Техніка, 1989.](#)
2. В. В. Козловський. Синтез пристроїв НВЧ на неоднорідних лініях. В. І. Сошніков, В. А. Бичковський, – Київ. Техніка, 1991.
3. [Місюра А.О. Електромагнітне поле хвильоводів з фрактальними властивостями перерізів: автореф. дис. на наук. ступінь к.ф.-м.н. Харків. нац. ун-т радіоелектроніки 2006.](#)
4. [Чухов В. В. Радіочастотні методи та засоби вимірювань параметрів хвильоводів із діелектричним заповненням: автореф. дис. на наук. ступінь к.т.н. Вінниц. нац. техн. ун-т. 2007.](#)

УДК 004.056.5:004.8

О.В. Цвірла, І. В. Мудрий, Н. С. Луцик, доктор філософії, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИЯВЛЕННЯ ВРАЗЛИВИХ ХЕШ-СТРІЧОК У КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

O.V. Tsvirla, I. V. Mudryi, N. S. Lutsyk, Ph.D., Assoc. Prof.

INTELLIGENT APPROACH TO DETECTING VULNERABLE HASH STRINGS IN COMPUTERIZED SYSTEMS

Стрімке зростання обсягів цифрових даних та ускладнення інформаційних інфраструктур посилюють вимоги до механізмів забезпечення криптографічної стійкості. Одним із критичних елементів таких систем є хеш-функції, що застосовуються для автентифікації, контролю цілісності та зберігання конфіденційних записів. Проте у практиці експлуатації інформаційних систем нерідко виявляються хеші, сформовані застарілими або надійно непараметризованими алгоритмами, що створює реальні передумови для компрометації даних через перебір, колізії або атаки на слабкі криптографічні конструкції [1].

Традиційні засоби аудиту хешів орієнтовані переважно на сигнатурне розпізнавання типу алгоритму або на застосування brute-force методів. Подібні рішення не дозволяють оцінити структурну і статистичну уразливість конкретного хеш-значення без виконання реальної атаки, що значно знижує їх ефективність у масштабних системах. У сучасних умовах виникає потреба у методах, здатних проактивно визначати рівень небезпеки хеш-стрічок на основі їх внутрішніх властивостей [2-4].

Перспективним напрямком є інтелектуальний підхід, заснований на машинному навчанні та векторному описі хеш-даних. У межах такого підходу хеш-рядок розглядається як об'єкт із низкою параметрів: довжиною, алфавітною структурою, ентропією, наявністю сольового компоненту, сигнатурними характеристиками алгоритму та поведінковими патернами. На основі цих ознак формується багатовимірний простір, у якому класифікаційна модель визначає рівень криптографічного ризику без необхідності здійснення перебору або криптографічного зламу.

Підвищення ефективності аналізу хеш-даних можливе за умови поєднання інтелектуальних методів із комплексним урахуванням контексту їх використання. Це включає аналіз частоти появи певних типів хешів у корпоративних системах, оцінку відповідності політикам автентифікації, виявлення системних аномалій у структурі даних та зіставлення їх з чинними стандартами криптографічного захисту. Такий підхід дозволяє оцінювати не лише стійкість конкретного значення, а й прогнозувати потенційні маршрути атак, зумовлені слабкими ланками інфраструктури або помилками адміністрування.

Подальший розвиток інтелектуального аналізу хеш-функцій пов'язаний із впровадженням адаптивних моделей, здатних оновлювати правила класифікації відповідно до появи нових алгоритмів, технік обходу криптографічних бар'єрів та шаблонів атак. Важливим напрямом є також інтеграція таких систем із платформами моніторингу подій безпеки (SIEM), що забезпечує оперативне виявлення відхилень та підвищує рівень кіберстійкості. Застосування інтелектуальних технологій у поєднанні зі структурним криптоаналізом формує підґрунтя для створення проактивних інструментів захисту, які здатні запобігати інцидентам ще на етапі їх формування.

Література

1. Stallings W. 2023. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. Pearson. P. 145–200.
2. Aghaei A., Homayoun H., Sasan A. 2020. Hash Function Security Evaluation via Machine Learning-Based Structural Analysis. ACM. P. 1–10.
3. Hindy H., Brosset D., Bayne E. et al. 2020. A Taxonomy and Survey of Intrusion Detection Systems Using Machine Learning. ACM Computing Surveys. P. 1–41.
4. Zhang Y., Wang L., Sun Q. 2021. A Survey on Deep Learning-Based Hashing Methods. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. P. 1–20.

УДК 004.056: 004.738.5

І. М. Чепіль, В. Д. Тимошук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МОДЕЛЬ НАДАННЯ МЕРЕЖЕВИХ СЕРВІСІВ У SDN З ПІДТРИМКОЮ BRING YOUR OWN CONTROL

I. Chepil, V. Tymoshchuk

A NETWORK SERVICE PROVISIONING MODEL IN SDN WITH BRING YOUR OWN CONTROL

Програмно-визначені мережі (SDN) дедалі частіше стикаються з обмеженнями традиційної моделі централізованого керування, яка ускладнює швидку адаптацію мережевих сервісів безпеки до динамічних загроз та індивідуальних потреб

користувачів [1]. У ситуаціях, коли політики безпеки повинні модифікуватися у реальному часі, а впровадження складних сервісів, таких як VPN чи IPS, залежить від рішень оператора, відсутність гнучкості та можливості клієнта впливати на процес керування призводить до затримок, зниження ефективності реагування та перевантаження площини керування.

У цьому контексті запропоновано застосування концепції Bring Your Own Control (BYOC), що забезпечує розподіл управлінських повноважень між оператором мережі та користувачем шляхом впровадження гостьового контролера (GC), який взаємодіє з контролером оператора (SO). Оператор зберігає контроль над інфраструктурою, глобальними політиками безпеки та ресурсами, тоді як клієнт через GC отримує можливість самостійно керувати сервісами безпеки у власному домені. Ключову роль відіграє північний інтерфейс (NBI), що реалізується як гібрид REST/XMPP [2]. REST використовується для синхронних операцій управління сервісом, тоді як XMPP забезпечує асинхронну доставку подій безпеки, публікацію та підписку на повідомлення IDS/IPS, а також ідентифікацію GC за допомогою ID.

Архітектура BYOC-сервісу кібербезпеки проілюстрована на прикладі захищеного VPN з інтегрованою IPS [3]. На кожному клієнтському майданчику розгортається IDS-end, інтегрований з OpenFlow-комутатором [4], який перенаправляє весь трафік через сенсор. Події безпеки формуються у вигляді OpenFlow PacketIn із маркуванням у полі IPProto для розрізнення log та alert-повідомлень. У Service Operator вони обробляються модулем Decision Engine, який, спираючись на базу рішень (Decision Base), визначає відповідний GC і передає події через Service Dispatcher за протоколом XMPP. У свою чергу Security Manager у складі GC аналізує події та генерує рішення щодо блокування, перенаправлення чи додаткового моніторингу трафіку, які надалі застосовуються до інфраструктури через SDN-контролер (OpenDaylight з OpenFlow-підтримкою [5]).

Розроблена модель демонструє можливість побудови двохшарової системи керування, у якій поєднуються централізоване управління ресурсами з боку оператора та децентралізоване управління політиками безпеки з боку клієнта. Це скорочує час реакції на інциденти, підвищує адаптивність сервісів та спрощує інтеграцію сторонніх рішень кіберзахисту.

Література

1. Software Defined Networking (SDN). Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/windows-server/networking/sdn/> (date of access: 30.11.2025).
2. Standards Process | XMPP - The universal messaging standard. URL: <https://xmpp.org/about/standards-process/> (date of access: 30.11.2025).
3. Tymoshchuk, V., Vantsa, V., Karnaukhov, A., Orlovska, A., & Tymoshchuk, D. (2024). COMPARATIVE ANALYSIS OF INTRUSION DETECTION APPROACHES BASED ON SIGNATURES AND ANOMALIES. Матеріали конференцій МЦНД, (29.11. 2024; Житомир, Україна), 328-332. <https://doi.org/10.62731/mcnd-29.11.2024.004>
4. OpenFlow – protocol overview - EXATEL. URL: <https://exatel.pl/en/knowledge/blog/articles/openflow-protocol-overview/> (date of access: 30.11.2025).
5. OpenDaylight. URL: <https://www.opendaylight.org/> (date of access: 30.11.2025).

**АДАПТИВНІ СТРАТЕГІЇ РУХУ В LiDAR-СИСТЕМІ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ
ВИЯВЛЕННЯ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ БПЛА****V.O. Chyketa; V.L. Dunets Ph.D., Assoc. Prof.****ADAPTIVE MOTION STRATEGIES IN LiDAR SYSTEM FOR IMPROVED UAV
DETECTION AND TRACKING**

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) все ширше застосовуються у цивільній та військовій сферах, що породжує нові виклики безпеки. Зокрема, зловмисне використання БПЛА становить загрози приватності та суспільній безпеці, тому задача їх своєчасного виявлення є вкрай актуальною. Існує багато підходів до виявлення БПЛА – радіолокаційні та акустичні системи, оптичні камери, радіочастотний моніторинг,

тощо [1]. В цьому контексті перспективним є використання активних лазерних сенсорів LiDAR, які здатні забезпечувати високу точність виявлення БПЛА на дальності до кількох сотень метрів [2]. LiDAR (Light Detection and Ranging) – це метод дистанційного зондування, який використовує світло у формі імпульсного лазера для вимірювання змінної відстані до об'єкта або поверхні. На відміну від камер, LiDAR не залежить від освітлення і може точно визначати відстань до цілі [2]. Проте типовий LiDAR забезпечує обмежену роздільну здатність, ускладнюючи ідентифікацію типу об'єкта [1, 2]. Таким чином, для ефективного «протидронового» захисту доцільно поєднувати кілька сенсорів [1]. Тому виникає потреба зосередити увагу на вдосконаленні системи виявлення та відстеження БПЛА на основі LiDAR через оптимізацію стратегії руху сенсора.

Метою такого дослідження є підвищення точності та надійності виявлення та супроводу БПЛА шляхом використання LiDAR, встановленого на панорамній платформі, з адаптивними алгоритмами керування його скануванням. Для досягнення цієї мети було реалізовано LiDAR-орієнтовану систему виявлення з розширеними стратегіями руху. Зокрема, розроблено чотири режими сканування лазерного далекоміра: широке оглядове сканування, маятникове (коливальне) сканування навколо цілі, уповільнення обертання та зупинка сенсора. Застосування цих режимів дозволяє збільшити кількість кадрів LiDAR, що захоплюють БПЛА, і тим самим підвищити точність оцінювання траєкторії. Управління рухом платформи реалізовано за допомогою модулів на Robot Operating System (ROS), які отримують дані від LiDAR та динамічно змінюють напрямок і швидкість сканування. Для обробки даних використовуються методи машинного навчання: зокрема, CNN для аналізу хмар точок та класифікації цілей. Додатково впроваджено елементи сенсорної інтеграції – поєднання лідарних даних з показами оптичних камер та акустичних сенсорів – з метою підвищення достовірності виявлення в різноманітних умовах. Таким чином, запропонована методологія поєднує адаптивне керування сенсором та інтелектуальну обробку даних для ефективного відстеження БПЛА у реальному часі.

Основні результати. Розроблену систему протестовано в умовах наближених до реальних: здійснювалося відстеження БПЛА, що рухається, з використанням різних патернів сканування LiDAR. Аналіз ефективності показав, що серед випробуваних стратегій два режими забезпечують найкращі показники. Перший – маятникове

сканування («swinging»), при якому платформа безперервно коливає LiDAR навколо положення цілі. Ця стратегія виявилася найбільш ефективною з точки зору точності оцінки положення БПЛА: оцінки, отримані за допомогою розширеного фільтра Калмана (EKF), максимально наближені до реальної траєкторії польоту [3]. Зокрема, при маятниковому режимі вдалося уникнути значного накопичення похибки навіть коли БПЛА віддалявся на граничну відстань (~30 м), тоді як при широкому оглядовому скануванні спостерігалася істотне зростання помилки EKF на максимальних дистанціях [4, 5]. Другий результативний режим – зупинка сканування («stopping»), який полягає у тимчасовій зупинці повороту LiDAR для накопичення більшої кількості точкових хмар цілі. Ця стратегія дозволяє максимізувати число виявлення БПЛА за одиницю часу, що підвищує ймовірність захоплення швидкісних або маневрових цілей. Виявлено, що маятникова стратегія забезпечує найкращий баланс між частотою сканування і точністю відстеження цілі. Фокусування лазерного променя в області навколо БПЛА приводить до підвищення точності супроводу та зменшення невизначеності в оцінці координат. Використання поворотної платформи (PTU-E46) дало змогу реалізувати таке адаптивне сканування і утримувати БПЛА у полі зору сенсора протягом всього польоту. Розроблена ROS-архітектура забезпечила узгоджену роботу модулів виявлення, кластеризації та фільтрації даних, що покращило загальну продуктивність системи при відстеженні БПЛА в режимі реального часу. Отримані експериментальні дані підтверджують, що впровадження адаптивних рухових стратегій суттєво покращує показники трекінгу цілі: фільтр Калмана ефективніше знижує невизначеність оцінок траєкторії, постійно уточнюючи положення БПЛА на основі нових вимірювань. Під час польових випробувань встановлено, що система працює точно та надійно в реальних умовах, перевершуючи базові підходи зі статичним скануванням за здатністю своєчасно виявляти і стійко супроводжувати ціль.

Висновок. Проведене дослідження продемонструвало ефективність використання адаптивних рухових стратегій для LiDAR-системи виявлення БПЛА. Зокрема, встановлено, що маятниковий режим сканування сенсора забезпечує мінімальну похибку оцінювання траєкторії БПЛА завдяки концентрації вимірювань у зоні цілі. Визначено, що режим зупинки сканування дозволяє максимізувати кількість виявлення, що є корисним для фіксації швидкісних цілей. Аргументовано, що поєднання цих стратегій із реєстрацією даних у режимі реального часу та фільтрацією (EKF) підвищує точність і надійність супроводу БПЛА. Розроблена система на основі поворотної платформи LiDAR, інтегрована в ROS, показала високу ефективність під час експериментів, що відкриває можливості для її практичного застосування у сфері захисту від несанкціонованих БПЛА. Подальший розвиток роботи може включати динамічні стратегії руху, що автоматично підлаштовуються під умови польоту БПЛА, та глибшу інтеграцію методів штучного інтелекту для прогнозування поведінки цілей.

Література

1. Lykou, G., Moustakas, D., & Gritzalis, D. (2020). Defending Airports from UAS: A Survey on Cyber-Attacks and Counter-Drone Sensing Technologies. *Sensors*, 20(12), 3537. <https://doi.org/10.3390/s20123537>.
2. Dogru S., Marques L. Drone Detection Using Sparse Lidar Measurements // *IEEE Robotics and Automation Letters*. – 2022. – Vol. 7, No. 2. – P. 3062–3069. – DOI: 10.1109/LRA.2022.3145498.
3. Alain Quentel. A scanning LiDAR for long range detection and tracking of UAVs. *Electronics*. Normandie Université, 2021.
4. Du, W., & Beltrame, G. (2024). LiDAR-based Real-Time Object Detection and Tracking in Dynamic Environments. *arXiv preprint arXiv:2407.04115*.

АДАПТИВНІ ФІЛЬТРИ ТА НЕЙРОМЕРЕЖІ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ КОРИСНОГО СИГНАЛУ З ШУМУ В РАДІОКАНАЛАХ

Chlek. T.O student of TR-102 group

ADAPTIVE FILTERS AND NEURAL NETWORKS FOR SIGNAL EXTRACTION IN NOISY RADIO CHANNELS

Радіоканали часто піддаються впливу шумів та перешкод, що знижує якість передачі даних. Класичні методи обробки сигналів не завжди здатні забезпечити необхідну точність у реальних умовах. Тому актуальним є застосування адаптивних фільтрів у поєднанні з нейромережевими моделями, що дозволяє автоматично коригувати параметри системи залежно від змін у каналі.

Система виділення сигналу складається з трьох основних частин: попередньої обробки, адаптивного фільтра та нейромережевого блоку. На першому етапі сигнал піддається цифровій фільтрації для зменшення високочастотного шуму.

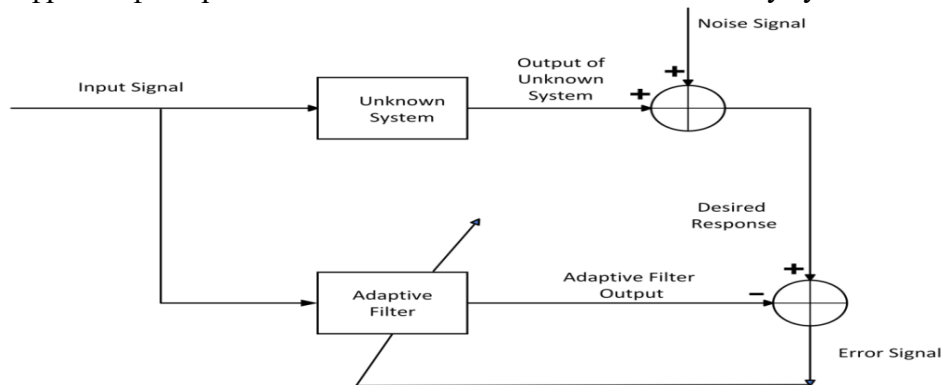


Рисунок 1. Схема структурна фільтру LMS

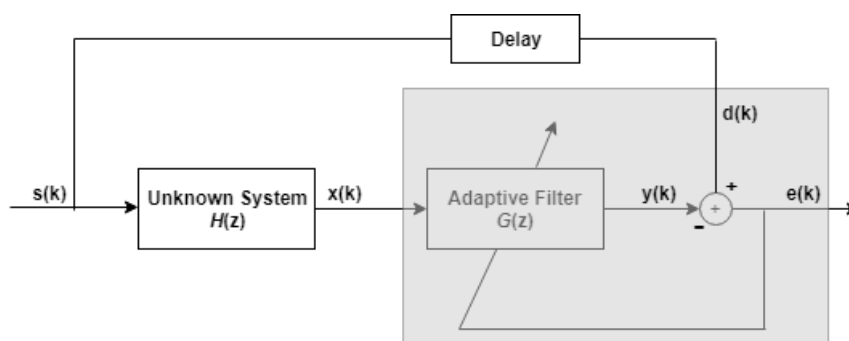


Рисунок 2. Схема структурна фільтру RLS

Адаптивні фільтри LMS і RLS змінюють свої коефіцієнти для мінімізації середньоквадратичної похибки між вхідним та вихідним сигналами. LMS використовує просте градієнтне оновлення, тоді як RLS застосовує рекурсивну інверсію матриці кореляції, що забезпечує швидшу збіжність і вищу точність.

Після фільтрації сигнал надходить до нейромережі. CNN виділяє локальні особливості у часово-частотних спектрах, а LSTM враховує довготривалі залежності у

часових рядах. Завдяки навчанню на великій кількості прикладів система успішно відділяє корисний сигнал навіть при низькому SNR.

Поєднання адаптивних фільтрів і нейромереж створює гібридну систему, яка швидко реагує на зміни середовища й розпізнає складні нелінійні закономірності. Це дозволяє знизити шум на 20–40%, підвищити стабільність передачі та стійкість до перешкод.

Технологія перспективна для радіолокації, 5G/6G, бездротових систем і зв'язку БПЛА. У майбутньому можливе впровадження трансформерів для підвищення точності обробки сигналів у складних умовах.

Таке поєднання адаптивних фільтрів і глибинного навчання є ефективним інструментом виділення корисних сигналів у шумових радіоканалах.

Література

1. Haykin S. Adaptive Filter Theory. — 5th ed. — New Jersey: Prentice Hall, 2013. — 1062 p.
2. Widrow B., Stearns S. D. Adaptive Signal Processing. — Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985. — 491 p.
3. O'Shea T. J., Hoydis J. An Introduction to Deep Learning for the Physical Layer // *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*. — 2017. — Vol. 3, No. 4. — P. 563–575. — DOI: 10.1109/TCCN.2017.2758370.
4. Vincent P., Larochelle H., Bengio Y., Manzagol P. Extracting and Composing Robust Features with Denoising Autoencoders // *Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning (ICML)*. — 2008. — P. 1096–1103.
5. Gregor K., LeCun Y. Learning Fast Approximations of Sparse Coding // *Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML)*. — 2010. — P. 399–406.
6. Qin Z., Ye H., Li G. Y., Juang B.-H. Deep Learning in Physical Layer Communications // *IEEE Wireless Communications*. — 2019. — Vol. 26, No. 2. — P. 93–99. — DOI: 10.1109/MWC.2019.1800150.
7. Monga V., Li Y., Eldar Y. C. Algorithm Unrolling: Interpretable, Efficient Deep Learning // *Proceedings of the IEEE*. — 2021. — Vol. 109, No. 10. — P. 1565–1589. — DOI: 10.1109/JPROC.2021.3098956.
8. Soltani M., Pourahmadi V., Mirzaei A., Sheikhi A. Deep Learning-Based Channel Estimation: A Survey // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. — 2022. — Vol. 24, No. 3. — P. 1786–1810. — DOI: 10.1109/COMST.2022.3173668.

УДК 004.653

Я.М. Чорний, студент гр. СТм-61

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРИНЦИПИ РОБОТИ АЛГОРИТМУ PROOF OF RANK

Ya. M. Chorny

PRINCIPLES OF PROOF OF RANK ALGORITHM

Блокчейн спровокував зміни у фінансових та банківських сферах – додалися нові системи платежів, у логістиці та, в тому числі медицині, завдяки Блокчейну покращилася прозорість та надійність даних. Для досягнення консенсусу у Блокчейн-мережах використовуються різні алгоритми. В роботі досліджується алгоритм

консенсусу, який пропонує унікальну перевагу та можливість для оптимізації блокчейн-мереж. Даному механізму надано назву «Доказ рангу» (Proof of Rank, далі PoR). Цей алгоритм націлений на обробку значно більшої кількості транзакцій на секунду, порівняно з іншими існуючими механізмами

В алгоритмі PoR блоки згруповані в слоти, що становлять множини груп. На кожному етапі або раунді генератори блоків вибираються на початку. Блокчейн PoR підтримує певну кількість валідаторів, які мають право генерувати блоки (вони називаються найвищими валідаторами). Кожному валідатору, що має найвищий ранг, призначається один блоковий слот, в якому блоки формуються. Тривалість раунду визначається кількістю діючих валідаторів, що беруть участь у блокчейні. Генератори блоків мають право формувати блоки, незалежно від частки у відповідному блокчейні та власників облікових записів, що делегують їм частину своєї частки [1].

Алгоритм PoR не вимагає виконання складних завдань для підтримки зв'язку між вузлами, відповідно валідаторам не потрібне особливе обладнання для підтримки мережі. Модель PoR обмежується певною кількістю валідаторів блоків, що сприяє масштабованості системи. Перевірка блоків та транзакцій заздалегідь здійснюється затвердженими вузлами, які виступають у ролі модераторів системи (якісні, середні та нижчі ранги). Перевірка та підтвердження блоків проводиться вищим рангом. Цей механізм забезпечує конфіденційність за рахунок використання переваг блокчейн/

Наповнення валідаторів, що діють, може бути змінено. У механізмі є можливість додавання нових учасників та видалення існуючих. Будь-які зміни у механізмі вимагають схвалення з боку підгрупи діючих валідаторів шляхом їхнього підпису. Для завершення процесу затвердження сума ваги цих валідаторів має перевищувати або бути рівною порогу остаточності.

Модуль, який застосовується в блокчейнах PoR, включає наступні операції, які полегшують процес оновлення прав:

- вузол, який прагне стати валідатором, спочатку має надіслати транзакцію реєстрації в ноди (команда реєстрації повноважень);
- транзакція оновлення повинна включати загальний мультипідпис, в який внесли свій внесок досить активних валідаторів, щоб сума їх ваг BFT перевищувала поріг остаточності (Команда Оновлення Рангу – Update Rank).

Система з високим ступенем BFT здатна підтримувати цілісність та працездатність, навіть якщо до $1/3$ вузлів у мережі діють аномально.

Для створення моделі достатньо використовувати механізм консенсусу, заснований на доказі рангу, де ранг вузла формується на основі його впливу та відповідності іншим вузлам у мережі. У запропонованому алгоритмі новий блок створюється вузлом з вищим рангом, після чого він перевіряється та підтверджується іншими вузлами (якісними, середніми, нижчими). Концепція роботи механізму консенсусу представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Діаграма концепції консенсусу PoR

Алгоритм консенсусу PoR є механізмом, заснованим на ранжируванні учасників у мережі за їх статусом та призначенням певних ролей у процесі підтвердження блоків. Докладніший механізм роботи є таким [1]:

- ранжування учасників. Учасники мережі ранжуються на чотири рівні: вищий ранг, якісний ранг, середній ранг та нижчий ранг, залежно від їхнього статусу та рейтингу в мережі;
- вибір підтверджуючого. З появою нового блоку якісні та середні валідатори з-поміж учасників вищого рангу проводять голосування для вибору одного з них, хто здійснюватиме підтвердження блоку;
- перевірка та підтвердження. Вибраний валідатор перевіряє та підтверджує блок, не фіналізуючи його, але лише засвідчуючи його коректність та достовірність;
- перевірка іншими рангами. Учасники з рангами якісного, середнього та низького рівнів починають перевірку підтвердженого блоку та виносять вердикт про його коректність;
- результати голосування. Залежно від результатів голосування учасники отримують певну кількість очок, які впливають на їхній рейтинг у мережі. При правильному підтвердженні блоку учасники отримують додаткові очки, а у разі помилкового підтвердження їхній рейтинг знижується;
- фіналізація блоку. При позитивному результаті перевірки блок фіналізується, якщо виявляються помилки, відбувається повторна перевірка і перепідтвердження;
- розподіл комісійних. Грошова комісія за проведення транзакцій у мережі розподіляється між усіма учасниками, причому основна частина комісії дістається учасникам з вищим рангом, а частина, що залишилася, розподіляється між рештою залежно від їх рангу.

Література

1. Proof of History, Proof of Stake, Proof of Work - Explained URL: <https://www.helius.dev/blog/proof-of-history-proof-of-stake-proof-of-work-explained> (дата звертання: 24.11.2025)

УДК 621.326

Р.І. Шмирко - студент групи TR-304

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж"
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя)

ТЕХНОЛОГІЯ Li-Fi: ПЕРЕДАЧА ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ СВІТЛА

R.I. Shmyrko - student of TR-304 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M. , teacher-methologist

Li-Fi TECHNOLOGY: DATA TRANSMISSION USING LIGHT

Li-Fi (Light Fidelity) — це інноваційна бездротова технологія передачі даних, яка використовує світлові хвилі у видимому спектрі замість традиційних радіохвиль, як у Wi-Fi. Принцип дії Li-Fi полягає у високошвидкісній модуляції світлодіодних ламп, що дозволяє передавати інформацію на приймачі, обладнані фотодетекторами.

На відміну від Wi-Fi, де використовується радіочастотний спектр, Li-Fi працює у видимому, ультрафіолетовому або інфрачервоному діапазонах. Це дозволяє розвантажити радіочастотний спектр та підвищити безпеку передачі даних. Світло не проходить крізь стіни, тому доступ до мережі обмежений тільки освітленим приміщенням, що знижує ризик несанкціонованого перехоплення інформації. Li-Fi може забезпечувати швидкість передачі даних до 224 Гбіт/с, що значно перевищує можливості сучасного Wi-Fi. Уявіть, що фільм у високій якості можна завантажити за кілька секунд. Технологія знаходить застосування в таких сферах як: авіація (зв'язок на борту літака без електромагнітних перешкод), медицина (передача даних у лікарнях, де заборонене використання Wi-Fi), офісні та домашні мережі, транспортні системи, «розумні міста».

На рис.1 зображено принцип роботи Li-Fi системи, де джерело світла (світлодіодна лампа) виконує роль передавача, а фотодіод — приймача.

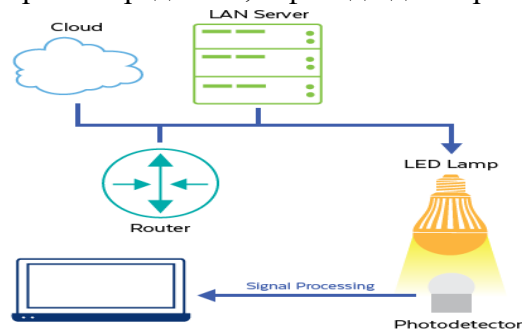


Рис1-Принцип роботи Li-Fi системи

Попри значні переваги, технологія Li-Fi має й обмеження. Оскільки світло не проходить крізь тверді перешкоди, мережа втрачає сигнал за межами прямої видимості. Також важливо забезпечити постійне освітлення, що не завжди є зручним. Проте поєднання Li-Fi та Wi-Fi може стати оптимальним рішенням для побудови гібридних мереж нового покоління.

Основні переваги Li-Fi: надвисока швидкість передачі даних, захищеність від перехоплення сигналу, відсутність електромагнітних перешкод, можливість використання у місцях, де Wi-Fi заборонений, зниження навантаження на радіочастотний спектр.

Недоліки: залежність від прямої видимості, обмежене покриття (лише в зоні світла), необхідність постійного освітлення.

Майбутнє Li-Fi виглядає багатообіцяючим. Уже сьогодні великі компанії проводять тестування цієї технології. Очікується, що у поєднанні з 5G та IoT Li-Fi дозволить побудувати новий рівень цифрової інфраструктури, де передача даних буде максимально швидкою, безпечною та енергоефективною.

На рис.2 наведено приклад сучасних Li-Fi пристроїв, які можуть бути інтегровані у систему «розумного будинку».



Рис.2-Приклад сучасних Li-Fi пристроїв

Отже, технологія Li-Fi є перспективним напрямом у сфері телекомунікацій. Незважаючи на певні обмеження, вона пропонує значні переваги, які можуть суттєво змінити підхід до бездротового зв'язку у майбутньому.

Література

1. Що таке Li-Fi та як воно працює: URL: <https://www.sciencedirect.com>
2. Li-Fi technology: opportunities and challenges: URL: <https://www.nature.com>
3. How Li-Fi works : URL: <https://www.ieee.org>

УДК 621.326

Д.А. Шула - студент групи ТР-102

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ “Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя”)

НЕЙРОІНТЕРФЕЙСИ ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

D.A. Shupa - student of group TR-102

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methodologist

NEUROINTERFACES PROSPECTS ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Нейроінтерфейс — це одна з найперспективніших технологій сучасності, що об'єднує біологію, інженерію та штучний інтелект. Завдяки нейроінтерфейсам люди можуть взаємодіяти з комп'ютерами або пристроями без фізичного контакту, використовуючи лише свої думки. У цій роботі розглянуто принципи роботи таких систем, їхні переваги, застосування та перспективи розвитку. (дивитись рисунок 1)

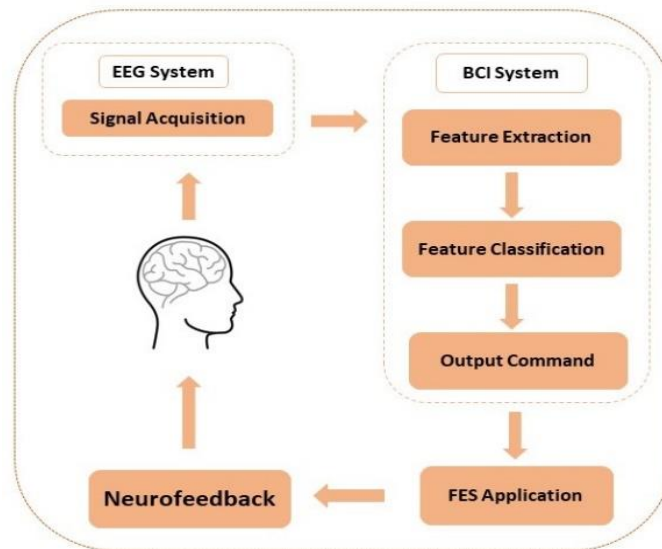


Рисунок 1.- Принцип роботи нейроінтерфейсів

Нейроінтерфейс або BCI (Brain-ComputerInterface) — це інноваційна технологія, яка забезпечує прямий зв'язок між мозком людини та зовнішніми пристроями. Вона дозволяє зчитувати електричну активність мозку, аналізувати її та перетворювати в команди, що можуть керувати комп'ютером, протезом чи іншими пристроями. Суть роботи нейроінтерфейсу полягає в тому, що спеціальні електроди фіксують сигнали мозку, а системи штучного інтелекту розпізнають їх і переводять у конкретні дії.

Такі системи можуть бути інвазивними (імплантованими безпосередньо в мозок) або неінвазивними (наприклад, у вигляді ЕЕГ-гарнітур, що надягаються на голову).

Сьогодні нейроінтерфейси найчастіше застосовують у медицині та наукових дослідженнях. Вони допомагають людям із паралічем або порушенням мовлення відновити комунікацію та керувати своїм тілом або технікою. Наприклад, у StanfordMedicine створили систему, яка дозволяє пацієнтам із ураженнями мовного апарату «говорити» знову, а в UC DavisHealth розробили BCI, що перекладає мозкові сигнали в мову з точністю до 97 % (Дивитись рисунок 2). У Китаї проведено перше клінічне випробування інвазивного нейроінтерфейсу, під час якого пацієнт з квадриплегією зміг навчитися керувати гоночними іграми лише за три тижні.

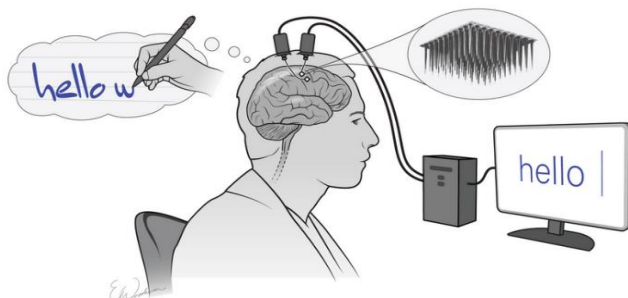


Рисунок 2. Застосування нейроінтерфейсів для людей з інвалідністю

Серед провідних компаній, які розвивають цю технологію, — Neuralink Ілона Маска, Synchron, Paradromics, PrecisionNeuroscience та EmotivSystems. Neuralink уже

отримала дозвіл на людські випробування своїх імплантів, Synchron створює пристрої, що дають змогу людям із паралічем контролювати навколишнє середовище думками, а Paradromics розробила платформу Connexus, здатну реєструвати активність окремих нейронів. PrecisionNeuroscience має бездротовий імплант, схвалений FDA, а EmotivSystems випускає доступні гарнітури для ігор і взаємодії з комп'ютером.

Перспективи розвитку нейроінтерфейсів надзвичайно великі. У майбутньому вони можуть допомагати не лише у відновленні функцій мозку, а й у покращенні пам'яті, концентрації, швидкості навчання. Очікується, що поєднання нейротехнологій зі штучним інтелектом дозволить створити гібридну систему «мозок–АІ», яка зможе обробляти інформацію швидше та точніше. Такі пристрої можуть стати частиною нашого повсякденного життя — від управління «розумним» будинком до використання у віртуальній реальності. Водночас розвиток BCI супроводжується етичними викликами: питаннями безпеки, приватності думок та контролю над даними мозкової активності. Саме тому важливо поєднувати технологічний прогрес із відповідальністю за його наслідки для людини.

Література

1. Review on brain-computer interface technologies in healthcare. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37974976/>
2. Evaluating the clinical benefit of brain-computer interfaces for control of a personal computer. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35325875/>
3. 2020 International brain-computer interface competition: A review. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2022.898300/full>
4. Brain machine interfaces: powerful tools for clinical treatment and rehabilitation. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6611552/>
5. A Comprehensive Survey of Brain-Computer Interface Technology. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12180781/>

УДК 681.51:629.735

Якобчук Р.А., здобувач вищої освіти

Лещишин Ю.З., канд. техн. наук, доц

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ

Yakobchuk R.A., higher education applicant

Leshchyn Y.Z. PhD., Associate Prof.

METHODS AND MEANS OF RELATIVE LOCALIZATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Забезпечення автономного функціонування груп безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у складних умовах, таких як закриті приміщення або зони з перешкодами для супутникового сигналу, вимагає впровадження високоточних систем взаємного позиціонування. Побудова надійної навігаційної структури, незалежної від глобальних систем GNSS, реалізується на базі технології надширокопasmового зв'язку (UWB). Вибір цієї технології зумовлений її здатністю забезпечувати сантиметрову точність

вимірювання дистанції та високу стійкість до ефекту багатопроменевого поширення радіосигналу, що є критичним для стабільної роботи БПЛА в умовах щільної забудови [1].

Визначення відстані між окремими БПЛА здійснюється за алгоритмом двостороннього вимірювання дальності Two-Way Ranging. Застосування модифікації Double-Sided TWR, що передбачає обмін трьома послідовними повідомленнями, дозволяє компенсувати похибки, викликані дрейфом тактових частот мікроконтролерів, та усуває необхідність у складній дротовій синхронізації часу між рухомими об'єктами [2].

Розрахунок відносних координат БПЛА у просторі виконується методом трилатерації на основі отриманих даних про відстань. Для підвищення точності позиціонування та мінімізації впливу стохастичних шумів вимірювання у систему інтегрується алгоритм оптимальної фільтрації. Використання Розширеного фільтра Калмана забезпечує комплексування низькочастотних даних UWB-дальнометрії з високочастотними показниками бортової інерціальної системи, що дозволяє отримати плавну оцінку траєкторії руху БПЛА та зберегти стабільність керування навіть при короткочасних втратах зв'язку [3].

Організація інформаційної взаємодії в групі БПЛА та передача телеметричних даних на наземну станцію реалізується з використанням протоколу прикладного рівня MQTT. Архітектура "видавець-підписник" забезпечує асинхронний обмін даними та дозволяє динамічно масштабувати систему шляхом додавання нових БПЛА без зміни логіки роботи мережі [4].

Програмно-апаратна реалізація системи передбачає використання мікроконтролерів сімейства STM32 для первинної обробки навігаційних даних та формування керуючих впливів у реальному часі [5].

Реалізація запропонованих методів та засобів дозволяє створити енергоефективну навігаційну систему, здатну забезпечити сантиметрову точність позиціонування до 10–15 см в умовах повної відсутності сигналів GNSS. Практичне впровадження розробленого апаратно-програмного комплексу підвищує рівень автономності та безпеки функціонування груп БПЛА при виконанні спільних місій у складних середовищах. Окремого дослідження потребують питання оптимізації протоколів часового поділу доступу до радіоканалу для запобігання колізіям даних при масштабуванні рою до значної кількості агентів.

Література

1. Al-Kaff A. A Survey of UWB-Based Localization Systems for UAVs in GNSS-Denied Environments / A. Al-Kaff, F. García, D. Martín // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 76948–76964.
2. Decawave Ltd. DW1000 User Manual [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.decawave.com> (дата звернення: 20.11.2025).
3. Guo K. Ultra-wideband and odometry-based cooperative relative localization with application to multi-UAV formation control / K. Guo, X. Li, L. Xie // IEEE Transactions on Cybernetics. – 2019. – Vol. 50, No. 6. – P. 2590–2603.
4. Ribeiro M. An MQTT-Based Platform for UAV Control and Data Acquisition in DoS Attack Scenarios / M. Ribeiro et al. // Drones. – 2022. – Vol. 6, No. 9. – P. 256.
5. Cai G. Design of STM32-based quadrotor UAV control system / G. Cai, J. M. Dias, L. Seneviratne // Proc. of 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation. – Takamatsu, Japan, 2017. – P. 1492–1497.

УДК 004.67

Б.В. Яріш - студент групи ТР-102

Науковий керівник: Л.М. Недошитко, викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя")

ВІРТУАЛЬНА, ДОПОВНЕНА ТА ЗМІШАНА РЕАЛЬНІСТЬ. СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

B.V. Yarish - student of TR-102 group

Scientific supervisor: L.M. Nedoshytko, teacher-methologist

VIRTUAL, AUGMENTED, AND MIXED REALITY. MODERN CAPABILITIES AND DEVELOPMENT PROSPECTS

У сучасному цифровому світі розвиток технологій дедалі більше спрямовується не лише на покращення звичних способів взаємодії з інформацією, але й на створення нових середовищ — віртуальних(VR, Virtual Reality), доповнених(AR, Augmented Reality) або змішаних(MR, Mixed Reality), (порівняння цих реальностей у Таблиці 1).

Віртуальна реальність(VR) - різновид реальності в формі тотожності матеріального й ідеального, що створюється та існує завдяки іншій реальності.

Доповнена реальність(AR) - термін, що позначає всі проекти, спрямовані на доповнення реальності будь-якими віртуальними елементами.

Змішана реальність(MR) поєднує AR і VR, дозволяючи фізичним і віртуальним елементам взаємодіяти.

У майбутньому VR, AR і MR глибоко інтегруються в освіту, медицину, бізнес і повсякденне життя. Учні зможуть навчатися у віртуальних класах і досліджувати 3D-моделі без обмежень. Лікарі тренуватимуться на цифрових симуляціях і проводитимуть операції з доповненими підказками. У роботі та спілкуванні з'являться віртуальні офіси й зустрічі у змішаній реальності. Такі технології зроблять життя зручнішим, поєднуючи фізичний і цифровий світи в єдиний простір.

Отже, віртуальна, доповнена та змішана реальність є одними з найдинамічніших напрямів сучасних технологій, які вже змінюють спосіб навчання, роботи, спілкування та розваг. Їхній розвиток відкриває нові можливості для занурення у цифрові світи, підвищення ефективності навчання та професійної діяльності. У майбутньому VR, AR і MR стануть невід'ємною частиною повсякденного життя, поєднуючи реальність і віртуальність у єдиний інтерактивний простір. Такі технології сприятимуть розвитку суспільства, розширенню людських можливостей і створенню нових форм взаємодії зі світом.



Рисунок 1. VR-шолом



Рисунок 2. AR-окуляри



Рисунок 3. MR-окуляри

Таблиця 1. Порівняльна таблиця видів реальностей

Параметр	VR	AR	MR
Середовище	Повністю віртуальне	Реальне + цифрові елементи	Реальне + інтерактивні віртуальні об'єкти
Рівень занурення	Повний	Частковий	Комбінований
Основна мета	Ілюзія присутності у штучному світі	Інформаційне доповнення реальності	Інтерактивна взаємодія з віртуальними об'єктами
Пристрої	VR-шоломи (Рис. 1)	Смартфони, AR-окуляри (Рис. 2)	MR-окуляри (Рис. 3)
Приклади	Meta Quest 3, HTC Vive	Pokémon GO, IKEA Place	HoloLens 2, Magic Leap
Ключова технологія	Стереозображення + трекінг рухів	Камера + комп'ютерний зір	Просторове сканування + взаємодія
Обмеження	Відрив від реальності	Нестабільність трекінгу	Висока вартість і обчислення
Перспектива	Ігри, навчання, терапія	Освіта, реклама, дизайн	Бізнес, медицина, інженерія

Література

1. What is virtual reality? How it's used and how it will evolve. URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/virtual-reality>

2. Що таке VR, AR та MR: пояснення 3 типів цифрової реальності. URL: <https://cybercalm.org/vr-ar-ta-mr-poyasnennya-typiv-tsyfrovoyi-realnosti>

3. XR, AR, VR, MR: What's the Difference in Reality? URL: <https://newsroom.arm.com/blog/xr-ar-vr-mr-difference>

УДК 656.098

І.О Ярмош, студент групи ЕА-324

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя")

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ 5G НА РОЗВИТОК ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (IOT)

Yarmosh I.O- student of group EA-324

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methodologist

THE IMPACT OF 5G TECHNOLOGY ON THE DEVELOPMENT OF THE INTERNET OF THINGS (IOT)

5G – це не просто чергове оновлення мобільних мереж. Це революційна технологія, здатна забезпечити швидкість передачі даних до 20 Гбіт/с і мінімальну

затримку сигналу. Такі характеристики дають змогу створювати та використовувати пристрої, про які раніше ми могли тільки мріяти.

Завдяки високій пропускній спроможності та стабільності з'єднання, IoT-пристрої стають "розумнішими" та чуйними. Тепер навіть найскладніші операції можуть виконуватися в режимі реального часу, що відкриває нові можливості для: автономних транспортних засобів; систем розумного будинку; промислової автоматизації; телемедицини.

Звісно, впровадження таких інновацій потребує певних вкладень. Однак не варто забувати, що існують різноманітні фінансові інструменти, які можуть допомогти в придбанні новітніх гаджетів. Наприклад, мікрокредит "Лимон" дає змогу швидко отримати необхідну суму для купівлі сучасного IoT-пристрою, не чекаючи накопичення коштів.

З приходом 5G розумні будинки стають ще "розумнішими". Тепер ваш холодильник не просто зберігає продукти, а й сам замовляє їх, коли запаси добігають кінця. Системи безпеки реагують на найменші зміни в домі, миттєво надсилаючи сповіщення на смартфон. Усе це стає реальністю завдяки: миттєвому обміну даними між пристроями; можливості підключення більшої кількості гаджетів; поліпшеній енергоефективності IoT-пристроїв; підвищеній надійності та безпеки мереж.

Ви можете керувати освітленням, кліматом і навіть готувати вечерю, перебуваючи в заторі дорогою додому.

У промисловості впровадження 5G та IoT призводить до справжньої революції. Сучасні фабрики, де кожен верстат і робот пов'язані між собою, здатні працювати з неймовірною ефективністю. Це дає змогу: рдатні працювати з неймовірною ефективністю. Це дає змогу: оптимізувати виробничі процеси; знизити кількість помилок і простоїв; поліпшити якість продукції; підвищити безпеку праці.

Майбутнє, яке ще вчора здавалося далеким, сьогодні вже стоїть на порозі. 5G і IoT не просто змінюють окремі пристрої – вони трансформують цілі галузі та впливають на спосіб життя. І хоча шлях до повного розкриття цього потенціалу може зайняти кілька років, уже зараз видно, як технології роблять наше життя зручнішим, безпечнішим і цікавішим.

Література

1. Вплив 5G на розвиток IoT-пристроїв: що очікувати в найближчі роки URL: <https://expert.com.ua/197023-vplyv-5g-na-rozvytok-iot-prystroyiv-scho-ochikuvaty-v-nayblyzhchi-roky.html>
2. Автоматизація контролю стану промислових об'єктів на основі пристроїв інтернету речей URL: <https://smarttech.knuba.edu.ua/article/view/318214>
3. Огляд технологій IoT для реалізації «Розумного будинку» URL: <https://conferenc-journal.its.kpi.ua/article/view/230646>

ПРОБЛЕМА РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТІ НАБОРІВ ДАНИХ У ТЕОРЕТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ СУЧАСНИХ КІБЕРЗАГРОЗ

О.О. Yasinskyi; H.I. Lypak Ph.D

THE PROBLEM OF DATA SET REPRESENTATIVENESS IN THEORETICAL MODELING OF MODERN CYBERTHREATS

У 2025 році темпи еволюції кіберзагроз значно перевищують швидкість оновлення більшості дослідницьких наборів даних, що використовуються для тренування моделей систем виявлення вторгнень. За оцінками фахівців, понад 40% нових типів атак, зафіксованих протягом останніх двох років, не мають ані загальнодоступних еталонних наборів даних, ані формалізованих поведінкових профілів. Це створює критичний розрив між теоретичними результатами, отриманими в умовах лабораторного тестування, та реальними можливостями ML-моделей протистояти модернізованим, адаптивним і часто зашифрованим атакам у корпоративних мережах. Проблема репрезентативності даних стає ключовим обмеженням для розвитку IDS, оскільки сучасні атаки є динамічними, контекстними й дедалі краще оптимізованими для обходу алгоритмічних механізмів захисту.

Ефективність систем виявлення вторгнень (англ. Intrusion Detection System, IDS) на базі машинного навчання (англ. *Machine learning*, ML) критично залежить від якості даних, на яких вони навчаються. Фундаментальна проблема полягає у значному розриві між високою лабораторною точністю ML-моделей та їхньою практичною неспроможністю виявляти новітні кіберзагрози. Це відбувається тому, що більшість популярних наборів даних є застарілими або неповно відображають характеристики атак.

NSL-KDD, що є покращеною версією набору даних KDD99, досі залишається найбільш поширеним для академічних порівнянь. Однак його трафік частково синтетичний, а загрози абсолютно неактуальні у 2025 році, якщо порівнювати з діями АРТ (англ. Advanced Persistent Threat, розвинена стала загроза) чи атаками де є шифрування. Моделі, навчені на ньому, фактично вчать розпізнавати "артефакти" самого набору даних.

Набір даних CICIDS2017 був значним кроком уперед, оскільки він містив дані 2017 року з реалістичними профілями атак (DDoS, XSS, Botnet). Проте за понад 8 років він також застарів. Крім того, його атаки були "профільованими" – виконаними за чітким сценарієм – що не відображає реальні "тихі" та повільні (low-and-slow) атаки типу АРТ, які маскуються під легітимний трафік.

Проблема в тому, що дослідники продовжують публікувати роботи, де їхні нові нейронні мережі показують високий відсоток точності на NSL-KDD. Це створює хибне відчуття вирішеної проблеми. Насправді така модель просто ідеально "вивчила" застарілий, нерелевантний набір даних.

При перенесенні у реальну корпоративну мережу, модель стикається з трафіком, профілі якого ніколи не були представлені під час тренування.

В таблиці 1 подано аналіз загроз, які відсутні в сучасних популярних наборах даних.

Таблиця 1. Загрози, що відсутні в наборах даних

Тип загрози	Опис	Причина застарілості
Adversarial AI Attacks	Атаки, що цілеспрямовано "обманюють" ML-моделі, вносячи ледь помітні зміни в трафік.	Набори даних не містять таких прикладів.
Fileless Malware	Атаки "без файлів", що живуть у оперативній пам'яті системи.	Більшість наборів даних аналізують мережевий трафік, а не поведінку хоста.
Атаки на IoT	Специфічні атаки на "розумні" пристрої та промислові системи.	Використовують специфічні протоколи (MQTT, Modbus), яких немає в CICIDS чи NSL-KDD.
Зашифрований C&C трафік	Командні центри, що спілкуються через зашифровані канали	Аналіз метаданих зашифрованого трафіку – задача, не відображена в старих наборах даних.

Висновок. Використання застарілих та нерепрезентативних наборів даних або наборів даних, що швидко втрачають актуальність, є серйозною перешкодою для розвитку ефективних IDS. Теоретичне моделювання показує завищені результати, що не транслюються у реальну безпеку. Вирішення проблеми не релевантних наборів даних вимагає нових підходів, а саме використання генеративних моделей для імітації нових атак, навчання на реальних даних та фокус на метаданих замість зашифрованого вмісту.

Література

1. Sharafaldin I., Lashkari A. H., Ghorbani A. A. Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization. ICISSP. 2018. Vol. 1. P. 108–116. URL: <https://www.scitepress.org/papers/2018/66398/66398.pdf>
2. Tavallaee M., Bagheri E., Lu W., Ghorbani A. A. A detailed analysis of the KDD CUP 99 data set. 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications. 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/48446353_A_detailed_analysis_of_the_KDD_CUP_99_data_set
3. Ring M., Wunderlich S., Grödl D., Landes D., Hotho A. A survey of network-based intrusion detection data sets. Computers & Security. 2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1903.02460>.
4. Engelen T., van Ede T., Doerr C. Troubleshooting an Intrusion Detection Dataset: the CICIDS2017 Case Study. Proceedings of the 2021 Workshop on Theoretic and Experimental Benchmarking of BGP Attacks and Defenses (WTMC 2021). 2021. URL: https://www.researchgate.net/publication/353107141_Troubleshooting_an_Intrusion_Detection_Dataset_the_CICIDS2017_Case_Study

СУЧАСНА АРХІТЕКТУРА СТРІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

V.A. Yatsyshyn, P.V. Nalutka, O.V. Doberchak, I.O. Bodnarchuk

MODERN ARCHITECTURE OF REAL-TIME STREAMING PLATFORMS

На відміну від систем минулих часів, які спиралися на асинхронну та пакетну обробку, архітектура програмного забезпечення реального часу зараз є важливою в сучасному цифровому світі, де миттєва обробка інформації є нормою. Швидкість, надійність та передбачуваність є ключовими в застосунках реального часу, від платформ електронної комерції, що реагують на дії клієнтів, до фінансових систем, що виконують транзакції за мікросекунди. Саме тут на допомогу приходить архітектура програмного забезпечення реального часу, яка робить рівень продуктивності цих застосунків прийнятним для роботи в режимі реального часу.

Термін «реальний час» означає для системи, що вона повинна реагувати в чітко встановлені терміни або дедлайни. Для архітекторів та розробників розуміння того, як проектувати ці системи, є критично важливим для створення рішень у відповідності од сформульованих вимог. Навіть правильний результат може бути марним, якщо він надходить занадто пізно.

Системи реального часу поділяються на три категорії:

- Системи жорсткого реального часу. Недотримання термінів є системним збоєм. Прикладами є промислові системи управління та торговельні платформи, де час транзакцій є критично важливим.
- Системи роботи в режимі реального часу надійних систем. Пропуск термінів погіршує якість обслуговування, але не призводить до збою системи. Прикладами є відеоконференції, де випадкові переривання кадрів дратують, але не завершують дзвінок.
- Системи м'якого реального часу. Корисність результату знижується після закінчення терміну, але система продовжує функціонувати. Прикладами є механізми рекомендацій контенту, де персоналізація з невеликою затримкою все ще цінна.

Щоб врахувати ці різні очікування, цільовий додаток має бути спроектований та розроблений з урахуванням продуктивності в режимі реального часу. Незалежно від очікуваних термінів отримання результатів, добре побудована архітектура реального часу керує ресурсами, плануванням завдань, зв'язком та обробкою помилок, щоб забезпечити дотримання часових обмежень для своєї конкретної категорії.

Також важливо розуміти, що підпадає під архітектуру програмного забезпечення реального часу, а що ні (таблиця 1). Пакетна обробка, яка опрацьовує дані масово через заплановані проміжки часу, є класичним прикладом системи, що не працює в реальному часі. Хоча архітектура реального часу є поширеним шляхом, не всі варіанти використання та сценарії вимагають таких можливостей.

Майже всі програми містять компоненти реального часу поряд з аналізом історичних даних. Цей зсув підкреслює важливу роль програмного забезпечення та архітектур даних реального часу в сучасних програмах, що зумовлено ключовими факторами, серед яких варто згадати наступні.

Операції, критично важливі для бізнесу.

Для багатьох систем час впливає на бізнес-результати. Численні програми та галузі покладаються на справжні системи реального часу, щоб забезпечити дохід. Ось деякі приклади цього:

- Платформи електронної комерції: оновлення товарних запасів у режимі реального часу, персоналізація та обробка транзакцій безпосередньо впливають на коефіцієнти конверсії та задоволеність клієнтів.
- Фінансові послуги: торговельні платформи, системи обробки платежів та виявлення шахрайства потребують для роботи часу реагування на рівні мілісекунд.

Таблиця 1. Порівняння програмної архітектури реального часу та решти

Аспект	Архітектура програмного забезпечення реального часу	Архітектура програмного забезпечення не для роботи в реальному часі
випадки використання	Виявлення шахрайства, персоналізація в режимі реального часу, моніторинг у реальному часі, торгові додатки	Нарахування заробітної плати, створення звітів, пакетний імпорт, публікація контенту
Критерії успіху	Залежить як від точності, так і від своєчасності результатів	Залежить виключно від точності, незалежно від того, коли буде отримано результат
Дизайн застосунку	Компоненти, що реагують на події, неблокуючі та враховують час	Синхронні, запит/відповідь, блокувальні потоки прийнятні
Структура коду	Пріоритетність передбачуваних шляхів виконання, мінімальний вплив на збирання сміття (GC), асинхронний ввід/вивід	Надає пріоритет ремонтпридатності або пропускній здатності над точністю часу
Вплив технічного боргу	Архітектурно-технічний борг створює затримки, непередбачуваність та пропущені терміни — катастрофічні наслідки для систем реального часу. Навіть незначні недоліки, такі як блокування викликів або необмежені черги, можуть порушувати угоди про рівень обслуговування (SLA) або спричиняти каскадні збої.	Борг уповільнює доставку, збільшує витрати на обслуговування та може погіршити продуктивність, але рідко призводить до негайного збою. Терміни є гнучкими.

Кращий користувацький досвід.

Як ми вже обговорювали, очікування «миттєвого» обслуговування є складним завданням. Справжнього миттєвого зворотного зв'язку можна досягти лише завдяки інтеграції можливостей реального часу в базові сервіси. Наприклад, користувачі очікують миттєвого зворотного зв'язку, використовуючи:

- Веб- та мобільні додатки: адаптивні інтерфейси із часом завантаження менше секунди та миттєвими оновленнями (наприклад, стрічки соціальних мереж, спільне редагування) зараз є нормою [3].
- Поточкові сервіси: доставка контенту з мінімальною буферизацією та адаптивною якістю вимагає прийняття рішень у режимі реального часу.

Прийняття рішень на основі даних.

У застарілих системах підприємствам іноді доводилося чекати годинами або навіть днями, поки великі пакети даних будуть оброблені та нададуть аналітику. Тепер, покладаючись на такий підхід, ви значно відстанете від конкурентів. Ось чому підприємства використовують аналітику в режимі реального часу для миттєвого отримання інформації, такої як:

- Платформи для взаємодії з клієнтами: аналіз поведінки користувачів у режимі реального часу дозволяє динамічну персоналізацію та цілеспрямоване втручання.
- Бізнес-аналітика: інформаційні панелі з візуалізацією даних у реальному часі дозволяють негайно реагувати на зміну умов.

Системи, керовані подіями.

Відбувся масовий зсув у бік подієво-орієнтованих систем та архітектур. У цих випадках архітектура реального часу є основним компонентом, який забезпечує функціонування всієї системи. Сучасні розподілені системи часто покладаються на обробку подій у реальному часі:

- Мікросервіси [1]: зв'язок між сервісами, керований подіями, вимагає своєчасної доставки та обробки повідомлень.
- IoT-додатки: обробка потоків даних датчиків у режимі реального часу забезпечує швидку автоматизацію та моніторинг.

Щоразу, коли час впливає на бізнес-цінність, задоволення користувачів або операційну ефективність, необхідна архітектура програмного забезпечення реального часу. Розглянемо основні принципи, які втілюють потреби бізнесу при впровадженні систем реального часу.

1. Своєчасність та передбачуваність.

Найважливішим елементом є те, що система повинна гарантувати виконання завдань у встановлені терміни. Це означає передбачувані алгоритми, обмежені шляхи виконання та відповідну пріоритезацію подій. Наприклад, служба обробки платежів повинна перевіряти, обробляти та підтверджувати транзакції протягом мілісекунд, щоб підтримувати пропускну здатність у періоди пікового навантаження.

2. Управління ресурсами.

Щоб дотримуватися цих термінів, системні ресурси необхідно розподіляти ефективно, щоб запобігти конфліктам, які можуть призвести до пропуску термінів. Це означає зосередження на:

- Керування пам'яттю з мінімальними паузами збирання сміття.
- Планування процесора, яке надає пріоритет критично важливим операціям.
- Розподіл пропускну здатності мережі для критично важливих потоків даних.

3. Контроль паралельності.

Багато систем реального часу обробляють безперервні масивні операції читання та запису, що вимагає ефективного управління одночасними операціями для підтримки продуктивності. Для цього програми повинні:

- Використання неблокуючих алгоритмів, де це можливо.
- Використання ефективних механізмів синхронізації з обмеженим часом очікування.
- Використання оптимізації пулу потоків для передбачуваного виконання.

4. Відмовостійкість.

Якщо система пропускає термін, це є проблемою; збій критичної системи реального часу є ще більш катастрофічним. Системи реального часу потребують механізмів швидкого виявлення збоїв та відновлення. Зазвичай це включає:

- Автоматичні вимикачі для запобігання каскадним збоям.

- Резервні механізми зі зниженою, але прийнятною продуктивністю.
- Моніторинг справності з швидким виявленням збоїв.

5. Моделі узгодженості даних.

Залежно від типу даних та рішень, що отримуються на їх основі, багато систем реального часу послаблюють сувору узгодженість для підвищення продуктивності. У таких випадках зазвичай застосовують:

- Узгоджені моделі для некритичних даних.
- Стратегії вирішення конфліктів для одночасних оновлень для підтримки цілісності даних.
- Шаблони CQRS (Command Query Responsibility Segregation) для розділення операцій читання та запису.

6. Подієво-орієнтований дизайн

Асинхронні, подієво-орієнтовані архітектури часто формують основу систем реального часу. Це означає, що кодові та архітектурні компоненти системи включатимуть:

- Брокери повідомлень, такі як Kafka або RabbitMQ, для надійної та впорядкованої доставки подій [2].
- Шаблони джерел подій для змін стану, що підлягає аудиту.
- Поточкова обробка для безперервного аналізу даних.

Дотримуючись цих принципів, розробники можуть створювати системи, які відповідають потребам реального часу їхніх випадків використання. Ці шість принципів складають основні вимоги під час проектування та впровадження програм і сервісів реального часу. Крім того, розуміння різних аспектів продуктивності має вирішальне значення для системи реального часу. Це буде предметом нашого наступного обговорення.

Архітектура програмного забезпечення реального часу еволюціонувала від нішевої потреби у вбудованих системах до загальноприйнятого підходу для сучасних додатків. Оскільки компанії прагнуть надавати досвід, керований даними, здатність обробляти дані та реагувати в режимі реального часу стала ключовою конкурентною перевагою.

У цій доповіді досліджувалися основи систем реального часу: їх класифікація (жорсткі, стійкі, м'які), керівні принципи та ключові показники продуктивності.

Сучасні архітектури реального часу спираються на такі технології, як платформи потокової передачі подій (Kafka), сховища даних в пам'яті, моделі реактивного програмування та хмарні шаблони. При продуманому поєднанні ці компоненти дозволяють створювати масштабовані системи, які відповідають суворим гарантіям часу. Але чудове програмне забезпечення – це не лише технологія, а й те, як воно архітектурно спроектовано.

Щоб задовольнити вимоги систем реального часу, архітекторам потрібна постійна видимість того, як створюються та працюють додатки.

Література

1. Microservices architecture and design: A complete overview - vFunction. vFunction. URL: <https://vfunction.com/blog/microservices-architecture-guide/> (date of access: 01.10.2025).
2. Ланевич Т. Apache Kafka та Rabbitmq: порівняння архітектур та можливостей // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С. 402–403.
3. Хом'як А. С. Підвищення ефективності обробки в реальному часі у службах чат-ботів через інтеграцію черги запитів для розподілення навантаження //

Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. – С. 408–409.

УДК 004.89; 004.056; 681.5

О.В. Тотосько, к.т.н., доц.; М.В. Станкевич

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
«РОЗУМНИЙ БУДИНОК» З БІОМЕТРИЧНОЮ ІДЕНТИФІКАЦІЄЮ
КОРИСТУВАЧІВ ТА УПРАВЛІННЯМ МІКРОКЛІМАТОМ**

O.V. Totosko, Ph.D., Assoc.Prof.; M.V. Stankevych

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOMATED SMART HOME
SYSTEM WITH BIOMETRIC USER IDENTIFICATION AND MICROCLIMATE
CONTROL**

У роботі наведено результати розроблення та комплексного дослідження автоматизованої системи «Розумний будинок», у якій реалізовано інтеграцію модулів біометричної ідентифікації користувачів і системи інтелектуального керування параметрами мікроклімату. Такий підхід забезпечує одночасне підвищення рівня безпеки, комфортності та енергоефективності сучасних житлових і комерційних приміщень. Метою роботи є створення апаратно-програмного комплексу, здатного до адаптивного реагування на зміни довкілля та персональних потреб користувачів на основі аналізу даних сенсорної мережі та алгоритмів автоматичного керування.

Система створена на базі програмованого логічного контролера Arduino Mega 2560, що завдяки великій кількості входів/виходів і достатньому обсягу пам'яті дозволяє обробляти дані з множини сенсорів у реальному часі. Модульна структура системи включає блок біометричної ідентифікації, сенсорний модуль мікроклімату, блок прийняття рішень, а також набір виконавчих пристроїв – електронні реле, нагрівальний елемент, вентиляційну систему та ультразвуковий зволожувач.

Для вимірювання параметрів середовища використовуються давачі: BME280 (температура, вологість, атмосферний тиск), DHT22 (температура, вологість), BMP180 (атмосферний тиск), BH1750 (освітленість), а також газові сенсори серії MQ – MQ-2 та MQ-135 – для контролю диму, горючих газів і летких органічних сполук (VOC). Упродовж 96-годинного експериментального циклу було проведено понад 250 000 вимірювань, що дозволило отримати репрезентативні дані для аналізу стабільності роботи системи.

Середні експериментальні параметри склали: температура — 22,8 °C (діапазон 21,2–24,6 °C), відносна вологість — 47 % (коливання 38–59 %), атмосферний тиск — 993 гПа (983–1005 гПа). Освітленість у денні години сягала 550–620 лк, а ввечері знижувалася до 90–140 лк. Концентрації CO₂, виміряні MQ-135, перебували в межах 420–890 ppm, що відповідає прийнятним будівельним нормам. Також було зафіксовано, що рівень VOC у приміщенні залежав від кількості людей та інтенсивності вентиляції, змінюючись у межах 10–28 ppm.

Біометрична ідентифікація здійснюється за допомогою модуля Face Recognition Sensor FR-Cam, в основі якого лежить вбудована нейронна мережа. Модуль підтримує до 150 користувацьких профілів та демонструє високу точність. У ході досліджень середня точність розпізнавання становила 97,3 %, а час ідентифікації — 0,8–1,1 с.

Стійкість алгоритму перевірялася при трьох рівнях освітленості (100, 300 і 600 лк). Зниження освітлення на 80 % спричинило погіршення точності лише на 1,4 %, що свідчить про високу адаптивність системи.

Важливою особливістю запропонованої системи є можливість застосування персональних мікрокліматичних сценаріїв, які автоматично активуються після розпізнавання користувача. Було створено три профілі – для користувачів А, В і С – які передбачали різні параметри температури (22,0; 23,5; 24,0 °С відповідно) та вологості (45; 50; 55 %). Реалізований алгоритм керування мікрокліматом базується на PID-регулюванні температури, що забезпечує середню похибку стабілізації $\pm 0,3$ °С, та логічному контролі вологості з похибкою $\pm 2,1$ %. Час реакції системи після зміни параметрів становив 40–120 с, залежно від зовнішніх збурень.

Виконавчі елементи системи включають електронні реле, вентилятор продуктивністю 120 м³/год, нагрівальний елемент потужністю 45 Вт та ультразвуковий зволожувач. Було встановлено, що у статичному режимі роботи мікрокліматичного контролю енергоспоживання нагрівального елемента та вентилятора є вищим на 15–19 %, порівняно з адаптивним режимом, що враховує реальні параметри повітря та присутність користувачів у приміщенні. Це підтверджує доцільність застосування інтелектуального регулювання для оптимізації витрат електроенергії.

Результати досліджень свідчать про те, що запропонована система є стабільною, точною та придатною до масштабування. Вона може бути впроваджена у житлових будівлях, офісних приміщеннях, навчальних і дослідницьких лабораторіях, а також у спеціалізованих об'єктах, де необхідне високоточне керування умовами середовища. Інтеграція біометричної ідентифікації створює додатковий рівень безпеки, а адаптивне управління мікрокліматом підвищує комфорт і забезпечує економічність системи.

Література

12. Zhai, Z., & Previtali, J. Energy performance and indoor environmental quality of buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2019, 116, 109–162.
13. Kaur, M., & Saini, R. A review of biometric recognition systems and technologies. *International Journal of Computer Applications*, 2016, 146(6), 11–17.
14. Kim, J., Lee, H., & Yoon, J. Face recognition based smart door lock system. *International Journal of Security and Its Applications*, 2014, 8(3), 1–10.
15. Fathy, Y., Jaber, F., & Mokhtar, B. Smart home energy optimization based on occupant behavior. *Energy and Buildings*, 2021, 243, 110993.
16. Liang, X., & Li, Y. PID-based HVAC control algorithms for energy-efficient buildings: A review. *Energy Procedia*, 2019, 158, 4114–4119.
17. Almalki, S., & Abuhasel, K. Internet of Things (IoT) based real-time environmental monitoring: A comprehensive review. *Journal of Sensors*, 2020, 2020, 1–16.
18. Park, Y., & Lee, H. Smart HVAC control using sensor fusion and machine learning. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2022, 341, 113–128.
19. Persily, A. Indoor carbon dioxide limits and the implications for occupant health. *Indoor Air*, 2016, 26(4), 495–507.
20. Ren, G., & Zhao, B. Review of smart home energy management systems based on IoT. *IEEE Access*, 2020, 8, 18933–18948.
21. Gupta, A., & Sharma, V. VOC monitoring in indoor environments based on low-cost gas sensors. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2021, 193(4), 222–234.
22. Lee, S., & Park, J. Ultra-low-power microcontroller applications in smart automation. *IEEE Embedded Systems Letters*, 2020, 12(3), 85–89.
23. Ray, P. A survey on IoT architectures for smart home applications. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 2018, 30(3), 292–312.

СЕКЦІЯ 6

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 629.331.043.4:621.32:629.113

В.А. Герасименко, к.т.н., доцент; В.С. Ільченко; О.О. Бабич

(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО ОСВІТЛЕННЯ

V.A. Herasymenko, Ph.D. Assoc. Prof.; V.S. Ilchenko; O.O. Babych

RESEARCH ON ADAPTIVE AUTOMOTIVE LIGHTING SYSTEMS

Адаптивні системи автомобільного освітлення розглядаються як один з ключових напрямів підвищення безпеки дорожнього руху в умовах зростання інтенсивності транспорту та поширення LED-технологій. Класичні фари з фіксованим ближнім і дальнім світлом вже не забезпечують оптимального компромісу між достатньою видимістю для водія та недопущенням засліплення зустрічного транспорту. Саме тому активно впроваджуються системи типу Adaptive Driving Beam (ADB), які здатні автоматично змінювати розподіл світла залежно від дорожньої ситуації, даних сенсорів та наявності інших учасників руху.

Суттєвий прорив у розвитку адаптивних систем пов'язаний із переходом до напівпровідникових джерел світла та високороздільних оптичних модулів. У технічних матеріалах [1] зазначається, що використання DLP-технології у фарах дозволяє формувати світловий пучок із роздільною здатністю понад 1,3 млн пікселів, що забезпечує значно точніше екранування зон, де можуть бути зустрічні водії, та одночасно підсилення освітленості в критичних ділянках дороги. Такі інноваційні системи відкривають можливості не лише для класичного ADB, але й для проєктування попереджувальних символів на дорожнє покриття, динамічного виділення розмітки чи пішохідних переходів.

З інженерної точки зору ADB розглядається як частина більш широкої концепції «динамічного переднього освітлення» (Dynamic Forward Lighting). Виробники напівпровідникових компонентів відзначають, що багатопіксельні LED-модулі та відповідні драйвери дають змогу поєднати керування ближнім/дальнім світлом, поворотом фар та адаптивним затемненням окремих зон у єдиній платформі [2]. На практиці це означає, що світловий потік постійно «підлаштовується» під реальний рух: система може утворювати динамічні «тіні» навколо інших автомобілів, але при цьому залишати дальнє світло активним для решти сцени.

Огляд сучасних рішень свідчить, що основними напрямками розвитку адаптивного освітлення є: сенсорні системи на основі камер видимого діапазону, радарів, лідарів, а також алгоритми машинного навчання, які забезпечують розпізнавання транспортних засобів, пішохідів і розмітки в реальному часі [3]. Переважаючими підходами до керування інтенсивністю світлового пучка автомобільних фар є методи керування інтенсивністю на основі машинного навчання та датчиків (див. рис. 1).

У багатьох сучасних рішеннях ADB використовується камера у верхній частині вітрового скла, яка аналізує світлову сцену попереду автомобіля, а блок керування динамічно вмикає та вимикає окремі сегменти LED-матриці. Подібний принцип, коли окремі світлодіоди вмикаються чи вимикаються незалежно для точного контролю

розподілу світла, описано, зокрема, у системах типу Adaptive High-Beam у серійних автомобілях преміум-класу.

Окремим напрямом дослідження є вимірювання та валідація характеристик ADB-фар. У матеріалах [4] наголошується, що для сучасних адаптивних фар критично важливими є просторовий розподіл яскравості, точність формування «темних» зон для захисту інших водіїв та відтворюваність результатів. Для цього застосовують високодинамічні камери та фотометричні системи, які дозволяють оцінювати тисячі точок світлового пучка одночасно та перевіряти відповідність нормативним вимогам.

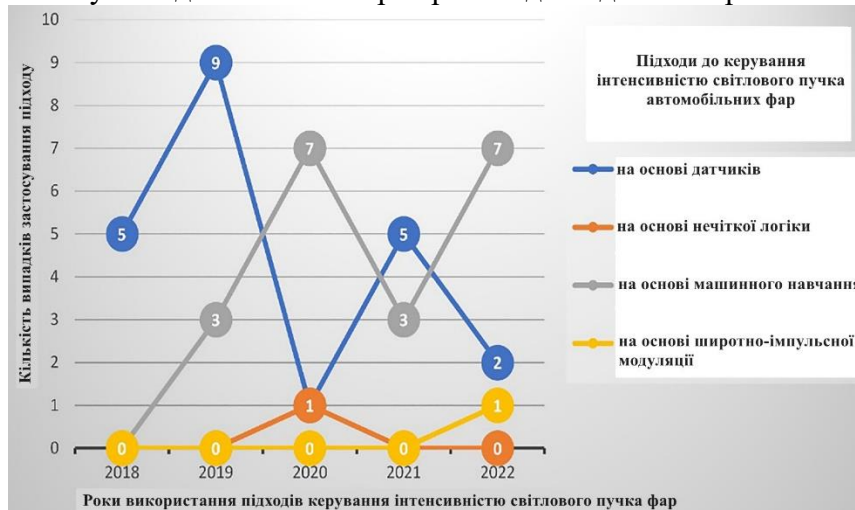


Рисунок 1. Порівняння найпоширеніших підходів до керування інтенсивністю світлового пучка автомобільних фар

Паралельно з технічним розвитком, адаптивні системи фар відображені в нормативно-правовому полі та публічних дискусіях щодо проблеми засліплення сучасними LED-фарами. Аналітичні матеріали підкреслюють, що ADB-технологія розглядається регуляторами як спосіб поєднати високу освітленість дороги з обмеженням засліплення інших учасників руху, і саме тому в низці країн були оновлені стандарти сертифікації фар для врахування специфіки ADB [5]. Це, у свою чергу, стимулює автовиробників ширше впроваджувати адаптивне освітлення навіть у масовому сегменті.

Дослідження адаптивних систем автомобільного освітлення демонструють чітку тенденцію до інтеграції оптики, електроніки та інтелектуальних алгоритмів. Огляди останніх років показують перехід від простих систем автоматичного перемикавання ближнього/дальнього світла до багатопіксельних рішень, здатних формувати просторово складний світловий малюнок у режимі реального часу. З огляду на глобальні дискусії щодо надмірної яскравості сучасних фар та зростання кількості LED-освітлення, адаптивні системи ADB можна вважати одним з найперспективніших інструментів для поєднання енергоефективності, комфорту та безпеки дорожнього руху в найближчі роки.

Література

1. Texas Instruments. Improving Visibility with DLP Headlights / Texas Instruments. – Dallas (TX) : Texas Instruments, 2020. 7 р. URL: <https://www.ti.com/lit/wp/slyy201/slyy201.pdf?ts=1764490670601> (дата звернення: 28.11.2025).

2. ams OSRAM. Dynamic forward lighting // ams-OSRAM. – URL: <https://ams-osram.com/applications/automotive-mobility/dynamic-forward-lighting> (дата звернення: 28.11.2025).
3. Nkrumah JK, Cai Y, Jafaripournimchahi A. A review of automotive intelligent and adaptive headlight beams intensity control approaches. *Advances in Mechanical Engineering*. 2024; 16(4). doi:[10.1177/16878132231220355](https://doi.org/10.1177/16878132231220355).
4. Radiant Vision Systems. Efficient & accurate measurement for ADB and advanced headlights [Electronic resource] / Radiant Vision Systems. – 2022. – URL: <https://www.radiantvisionsystems.com/blog/efficient-accurate-measurement-adb-and-advanced-headlights> (дата звернення: 28.11.2025).
5. Ansys. What are Adaptive Headlights? / Ansys. 2025 URL: <https://www.ansys.com/simulation-topics/what-are-adaptive-headlights> (дата звернення: 28.11.2025).

УДК 628.9:621.32:681.5

В.А. Герасименко, к.т.н., доцент; В.В. Субота; В.І. Слюсарєв

(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна)

ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

V.A. Herasymenko, Ph.D. Assoc. Prof.; V.V. Subota; V.I. Sliusariev

DESIGN OF AN ENERGY-EFFICIENT AUTOMATED LIGHTING CONTROL SYSTEM

Проектування енергоефективної автоматизованої системи керування освітленням є одним із ключових напрямів розвитку сучасної інфраструктури громадських, житлових та промислових будівель, оскільки дозволяє поєднати принципи енергоощадності, комфорту користувачів та цифрової трансформації міського середовища. Сучасні технології DALI-2, Bluetooth Mesh, ZigBee Light Link, а також IoT-платформи забезпечують можливість точного вимірювання параметрів освітлення, комунікацію між пристроями та оптимізацію споживання електроенергії на основі реального навантаження, добових та сезонних сценаріїв, статистики присутності людей у приміщеннях та рівня природної освітленості.

Одним із найважливіших елементів процесу проектування є створення енергоефективної архітектури освітлювальної системи, що передбачає оптимальний вибір типів світильників, драйверів, сенсорів, протоколів зв'язку та алгоритмів керування. Застосування LED-світильників із високим індексом енергоефективності, низьким коефіцієнтом пульсації та можливістю димування суттєво знижує витрати на електроенергію та обслуговування. Дослідження показують, що інтеграція датчиків присутності та денного світла з DALI-керуванням забезпечує економію від 35 % до 65 % залежно від типу приміщення [1]. Важливою складовою проектування є забезпечення нормованої якості освітлення згідно з Європейськими та національними стандартами. Зокрема, вимоги до рівня освітленості, рівномірності, показників сліпучості UGR, спектральних характеристик та показників пульсації регламентуються стандартами EN 12464-1, EN 13201, EN 62722-2-1, а також актуальною версією EPBD щодо енергоефективності будівель. Сучасні рекомендації щодо інтеграції

освітлювальних систем до загальної стратегії енергоефективності будівлі включають впровадження централізованих контролерів, модулів збору даних та аналітики.

Проектування енергоефективної автоматизованої системи керування освітленням сьогодні є комплексним процесом, що поєднує світлотехнічні, інженерні, інформаційні та цифрові технології [2-3]. Інноваційні розробки у сфері інтелектуального керування, інтеграція аналітики та штучного інтелекту, а також стандартизація протоколів і вимог до обладнання визначають вектор розвитку даної галузі.

Література

1. Khemakhem S., Krichen L. A comprehensive survey on an IoT-based smart public street lighting system application for smart cities // Franklin Open. 2024. Vol. 8. Article 100142 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773186324000720>
2. DALI Alliance. EPBD Requirements for Lighting Management Systems. 2023. URL: <https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/4/4/6/cdiiaak002a-eu-epbd-req.pdf> (дата звернення: 29.11.2025)
3. Legrand Integrated Solutions. Lighting Management Solutions. Brochure EXB25018 2025. URL: https://www.legrandintegratedsolutions.com/content/uploads/2025/07/EXB25018_Brochure-Lighting-management.pdf (дата звернення: 29.11.2025).

УДК 621.43

В.Б. Жук ЕА-324

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя", Україна)

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ ТА ВДОСКОНАЛЕНІ ГЕОТЕРМАЛЬНІ СИСТЕМИ(EGS)

Zhuk.V.B student of group EA-324

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methodologist

GEOTHERMALENERGYANDENHANCEDGEOTHERMALSYSTEMS (EGS)

Геотермальна енергія — це тепло всередині Землі, яке можна використати для опалення та виробництва електроенергії. Її добувають через свердловини, куди надходить гаряча вода або пара. Якщо природних гарячих вод немає, застосовують EGS-технологію: воду закачують у гарячі породи під землею, вона нагрівається й повертається на поверхню, віддаючи тепло.

Сучасні технології дозволяють використовувати тепло землі для виробництва електро- та теплової енергії. Нагріта рідина піднімається на поверхню, віддає тепло установці і повертається в надра, створюючи замкнений цикл. Це дозволяє ефективно використовувати низькотемпературні ресурси навіть там, де немає природних гарячих вод.



Рисунок 1 - Зовнішній вигляд видобувної геотермальної станції

Геотермальна енергія отримується через свердловини, по яких циркулює робочий теплоносіє. У вдосконалених геотермальних системах (Enhanced Geothermal Systems, EGS) рідина під високим тиском закачується на глибину близько 4 км, утворюючи штучну мережу тріщин у гірських породах. Дана енергія може обігрівати будівлі або випаровувати робоче тіло, що обертає турбіну і виробляє електроенергію. Основні обмеження — висока вартість буріння, корозія металевих деталей і відкладення мінералів у теплообмінниках

Дійсно, геотермальна енергія має ряд суттєвих переваг. Вона здатна виробляти енергію постійно, 24/7, незалежно від погодних умов, що робить її ідеальною для забезпечення базового навантаження. Оскільки тепло Землі практично не виснажується, це довготривалий та поновлюваний ресурс. Крім того, такі системи вирізняються низькими експлуатаційними витратами після початкового етапу буріння та монтажу, забезпечуючи високу віддачу енергії при малих витратах на роботу. Важливо й те, що технології розвиваються: можливість використання системи EGS (Engineered Geothermal Systems) дозволяє отримувати тепло навіть у регіонах без природних джерел гарячої води. А замкнений цикл роботи, коли вода повертається назад у надра, підвищує безпеку та зменшує втрати, одночасно сприяючи зменшенню енергозалежності країн від імпортованого палива.

Геотермальна енергія має і недоліки, наприклад, геотермальні ресурси є географічно обмеженими, оскільки вони зосереджені переважно у тектонічно активних зонах, що ускладнює їх широке застосування. Незважаючи на низькі експлуатаційні витрати, початкові інвестиції на буріння глибоких свердловин є вкрай високими і несуть ризик фінансової втрати, якщо потрібне джерело тепла не буде знайдене. Хоча викиди мінімальні, під час роботи можуть виділятися шкідливі гази, такі як сірководень, і мінералізована вода, що вимагає ретельної утилізації для захисту довкілля. Існує також ризик, що інтенсивний відбір тепла може призвести до локального виснаження резервуару, знижуючи довгострокову продуктивність електростанції. Крім того, деякі процеси, як-от закачування води під землю, можуть спричинити невелику мікросейсмічну активність або землетруси.

Приклад успішного застосування — система теплопостачання Рейк'явіка, де гаряча вода з глибини 80–130 °C обігрівас близько 95 % будівель міста. Високий коефіцієнт корисної дії досягається завдяки мінімальному споживанню електроенергії для насосів. Це демонструє, що геотермальна енергія ефективна навіть для великого міста.

Отже геотермальна енергія є стабільним, екологічно чистим і ефективним джерелом тепла та електроенергії. Сучасні технології, включно з EGS, дозволяють

використовувати її навіть у регіонах без природних гарячих вод, забезпечуючи постійне енергопостачання, замкнений цикл роботи та низькі експлуатаційні витрати. Приклади, як система теплопостачання Рейк'явіка, демонструють, що геотермальна енергія здатна живити великі міста, зменшувати залежність від імпорту палива і сприяти сталому розвитку енергетики.

Література

1. Геотермальна енергія переваги та перспективи URL: <https://ecotech.news/energy/117-geothermalna-energetika-perevagi-ta-perspektivi.html>
2. Геотермальна станція URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0
3. Удосконалені геотермальні системи URL: https://www.energy.gov/eere/geothermal/enhanced-geothermal-systems?utm_source=chatgpt.com
4. Удосконалені геотермальні системи для виробництва чистої енергії на твердих породах URL: <https://www.nature.com/articles/s44359-024-00019-9>

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

М.М. Зін'я¹, канд. техн. наук, доц.; Ю.Б. Підгайний²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

² Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ПАРАМЕТРИ ГЕОМЕТРИЧНО ПОДІБНИХ ГІДРОТУРБІН НИЗЬКОНАПІРНИХ МАЛИХ ГЕС

M.M. Zin, Ph.D., Assoc. Prof.; Y.B. Pidhainyi

PARAMETERS OF GEOMETRICALLY SIMILAR HYDROTURBINES OF LOW-PRESSURE SMALL HYDROPOWER PLANTS

Відновлювана енергетика (ВЕ) продовжує стрімко розвиватися. Тим самим вона заміщає традиційну енергетику, яка заснована на спалюванні кам'яного вугілля і вуглеводнів викопного походження. Однією з найважливіших галузей ВЕ є мала гідроенергетика, яка також впевнено рухається вперед.

Сучасний етап розвитку малої гідроенергетики України полягає у відновленні недіючих (законсервованих або таких, що перебувають на різних стадіях демонтажу) і спорудженні нових малих ГЕС. Майже всі нові малі ГЕС у нашій країні є низьконапірними (напір води не перевищує 10 метрів), малопотужними (потужність до 100÷200 кВт) і економічно ризикованими (термін окупності знаходиться у межах 5 – 10 років), що разом з економічною нестабільністю та військовим станом відштовхує потенційних інвесторів від капіталовкладень у відповідні об'єкти. Відтак питання мінімізації капіталовкладень у малу гідроенергетику залишається актуальним завданням, вирішення якого дає змогу вводити в експлуатацію нові малі ГЕС і робити їх прибутковими.

У випадку низьких напорів (до 10 метрів) з огляду економіки (у переважній більшості випадків) найбільш доцільно застосовувати трубні пропелерні гідротурбіни. Вони є простими, надійними, вискоєфективними і відносно дешевими. Їх основний

недолік – відсутність можливості регулювання витрати води (без істотного зниження ККД), але це питання успішно вирішується завдяки встановленню на малій ГЕС декількох гідроагрегатів з однаковими або ще краще різними діаметрами робочих коліс гідротурбін.

У Тернопільській області у 2025 році на р. Іква споруджено малу ГЕС. Створ має напір 3,8 м, кількість турбін – 2 шт., а саме Т70 і Т50 – трубні пропелерні гідротурбіни, де цифра у позначенні марки турбіни означає діаметр її робочого колеса у см. Розрахуємо параметри гідротурбін цієї ГЕС, а також гідротурбіни Т36, на основі геометричної подібності. Напір нетто приймемо рівним таким двом значенням: 3,6 і 3,8 м (для порівняння). У якості «еталону» використаємо чотирьохлопатову геометрично подібну гідротурбіну Т90 виробництва ТОВ «Мінігідро» (м. Харків) (випуску 2014 року), яку встановлено на Бережанській мікроГЕС.

У табл. 1 наведено параметри «еталонної» гідротурбіни Т90 (вони позначені нижніми індексами «1») і геометрично подібних до неї гідротурбін Т70, Т50 і Т36* малої ГЕС на р. Іква (параметри цих турбін позначені нижніми індексами «2») (*турбіну Т36, ймовірно, з технічних міркувань згодом буде встановлено на зазначеній ГЕС). Інші умовні позначення розшифровуються так:

D – діаметр робочого колеса гідротурбіни, м;

H – напір нетто, м;

Q – витрата води гідротурбіною, м³/с;

N – механічна потужність на валу гідротурбіни, кВт;

n – робоча частота обертання валу гідротурбіни, об/хв;

η – коефіцієнт корисної дії гідротурбіни, %;

z – кількість лопатей на робочому колесі гідротурбіни, шт.

Таблиця 1. Параметри геометрично подібних трубних пропелерних гідротурбін Т90 («еталон») і Т70, Т50, Т36 («копії»)

Параметри геометрично подібної гідротурбіни Т90, яку прийнято у якості «еталону»								
№ з/п	Марка гідротурбіни	D_1 , м	H_1 , м	Q_1 , м ³ /с	N_1 , кВт	n_1 , об/хв	η_1 , %	z_1 , шт.
1	Т90	0,9	3,7	3,24	108	333–375*	91,8	4
Параметри геометрично подібних гідротурбін Т70, Т50 і Т36, які прийнято у якості «копій»								
		D_2 , м	H_2 , м	Q_2 , м ³ /с	N_2 , кВт	n_2 , об/хв	η_2 , %	z_2 , шт.
2	Т70	0,7	3,8	1,99	68	434–489*	91,8	4
			3,6	1,93	63	422–476*		
3	Т50	0,5	3,8	1,01	35	607–684*		
			3,6	0,986	32	591–666*		
4	Т36	0,36	3,8	0,525	18	844–950*		
			3,6	0,511	17	821–925*		

Примітка: *З наведених діапазонів швидкостей обертання краще брати найменші або близькі до них числа (згідно з інформацією, яку надали підприємства, що мають значний досвід використання зазначеного типу гідротурбін)

Матеріали табл. 1 дають можливість оцінити результат ймовірного встановлення на малій ГЕС на р. Іква додаткової гідротурбіни Т36: діапазон напорів $H_2=3,6\div3,8$ м, витрата води $Q_2=0,511\div0,525$ м³/с, потужність турбіни $N_2=17\div18$ кВт, робоча частота обертання валу гідротурбіни $n_2=821\div844$ об/хв. З огляду існування можливості

забезпечення прямого (без мультиплікатора чи редуктора) з'єднання валів гідротурбіни й електрогенератора було б доцільно застосувати гідротурбіну з діаметром робочого колеса $D_2 = 0,39 \div 0,40$ м, забезпечивши тим самим робочу частоту обертання валів як турбіни, так і електрогенератора на рівні $n_2 = 756$ об/хв (мова йде про використання асинхронного електрогенератора).

Література

1. Тарасенко М.Г., Зінь М.М., Підгайний Ю.Б. Шляхи прискорення темпів розвитку малої гідроенергетики в Україні. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, 2014, Вип. 4, Сс. 56–61.
2. Тарасенко М.Г., Зінь М.М., Підгайний Ю.Б. Переваги і проблеми кількісного розвитку малої гідроенергетики та шляхи їх розв'язання. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, 2014, Вип. 2, Сс. 31–39.
3. M. Zin, V. Koval, M. Tarasenko, I. Sysak. Creation and substantiation of the matrix for model series of tubular propeller turbines for small hydropower plants. *Scientific Journal of TNTU*, 2023, No 109 (1), Pp. 24–32.
4. М. Зінь. Технічне й екологічне обґрунтування вибору типорозмірів гідротурбін для низьконапірних малих ГЕС. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 2022, Вип. 4, Сс. 94–101.
5. Л. Колодійчук, В. Коваль, М. Зінь. Моделювання процесу підготовки фахівців з електричної інженерії за допомогою смарт-технологій. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота». – 2025. – Том 1. – № 56. – С. 81–85.

УДК628.921

Т.Л.Киянчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ

T.L.Kyyanchuk

WAYS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF LED SYSTEMS ANALYSIS

Реалії теперішнього часу вимагають впровадження сучасних ефективних технологій генерування, передачі та споживання електроенергії. Одним із важливих споживачів електроенергії є освітлювальні установки різного призначення. Згідно з прогнозом Міжнародного енергетичного агентства до 2030 року світовий ринок світлодіодного освітлення становитиме понад 70% ринку освітлення. Тому дослідження шляхів підвищення енергоефективності світлодіодних систем освітлення є актуальною задачею, вирішення якої сприятиме зменшенню електроенергії, підвищенню екологічності, надійності та комфортності для споживачів.

Енергоефективність світлодіодних систем залежить від трьох основних факторів: ефективності окремих світлодіодів чи світлодіодних матриць; ефективності світлових приладів із світлодіодними джерелами світла; режимів та параметрів живлення світлодіодних приладів. Оптимізація кожного з факторів дозволить збільшити загальну енергоефективність систем освітлення.

Для оцінки світлової ефективності джерел світла використовується співвідношення між світловим потоком із заданою оптичною потужністю випромінювання $p_o(\lambda)$, яка визначена за реакцією людського ока $V(\lambda)$, та потужністю джерела електроенергії p_e , що використовується для створення світлового потоку:

$$\eta = \frac{\int_{400}^{700} p_o(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{p_e}$$

Максимальна світлова віддача для джерела білого світла без втрат при перетворенні електричної потужності на світлову з прийнятною якістю кольоропередачі становить 414 лм/Вт. Однак через втрати при перетворенні електричної потужності на світлову практична світлова ефективність не перевищує 255 лм/Вт. Основою світлодіодних освітлювальних приладів є пакет світлодіодів. Існує дві архітектури пакетів світлодіодів білого свічення: схема з люмінофорним перетворенням (pc – *phosphor-converted*), яка є домінуючою в сучасних продуктах; і схема змішання кольорів (cm – *color-mixed*). Для pc-архітектури світлодіода теплого білого кольору свічення (InGaN.CRI=80 і CCT 3000 K) світлова ефективність визначається добутком ефективності синього світлодіода (66%), ефективності люмінофора та ефективності змішування, розсіювання, поглинання всередині світлодіодного пакету (63%), ефективності білого свічення (78%) і становить 33%. Ефективність синього світлодіода визначається комбінацією втрат потужності на електричному опорі, на внутрішніх квантових втратах через невикористовувану рекомбінацію інжектованих електронів і дірок при низькій густині струму, на зниженні ефективності через роботу при більш високій густині струму та на втратах через неповне вилучення синього світла з напівпровідникового матеріалу InGaN. Люмінофори зеленого і червоного свічення втрачають потужність через невикористовувану рекомбінацію електронів і дірок, дефіциту Стокса через нижчі енергії зеленого та червоного фотонів порівняно з синіми фотонами, а також втрати на змішування, розсіювання, поглинання всередині світлодіодного пакету. Мінімізація вказаних втрат потужності є можливістю для підвищення ефективності світлодіодів білого свічення. Шляхами підвищення ефективності світлодіодних пакетів pc-архітектури є створення матеріалів з високим коефіцієнтом заломлення, нових мікро- та нанооптичних форм або геометрії, застосування когерентних чи частково когерентних направлених пучків випромінювання напівпровідника, розробка нових люмінофорів з вищою квантовою ефективністю випромінювання.

На загальну ефективність світлодіодних світильників впливає ряд факторів: тепловий режим світильника, ефективність драйвера світлодіодного пакету, ефективність оптичної системи світильника. Елементами світильника, які впливають на його світлову ефективність, є механічні, терморегулюючі та оптичні структури, які використовуються для інтеграції світлодіодних пакетів у більший світильник. Робочий струм світлодіодної матриці, температура навколишнього середовища та тепловий дизайн світильника визначають робочу температуру світлодіодного пакета та його ефективність після врахування теплового провисання. Покращена термічна обробка, зменшення робочого струму знизить робочу температуру світлодіода та приведе до вищої ефективності джерела світла. Використання механічних конструкцій у світильнику для розсіювання тепла може допомогти тепловому дизайну, не змінюючи габарити світильника та покращуючи його надійність за рахунок зниження частоти відмов компонентів у блоці живлення. За рахунок розробки систем світлодіодного освітлення з покращеним оптичним керуванням (лінзами, розсіювачами, відбивачами тощо) оптимізований світловий розподіл випромінювання дозволяє зменшити величину

світлового потоку світильника при досягненні заданих рівнів освітленості за рахунок зменшення надлишкового та нецільового освітлення. Малі розміри світлодіодів дозволяють створювати нові форм-фактори освітлення, які можуть змінити спосіб інтеграції освітлення в будівлі. Світлодіодне освітлення також надає нові можливості інтеграції, такі як робота з мікромережами постійного струму, щоб мінімізувати втрати при перетворенні змінного струму у постійний на кожному приладі або при використанні відновлюваних джерел енергії та їх акумуляторних систем без необхідності перетворення постійного струму в змінний для живлення світильників.

Ефективність живлення світлодіодних систем залежить від топології драйвера і схем світлодіодного приводу, функціональності, його розміру та вартості. Вдосконалення світлодіодних блоків живлення ведеться у напрямках інтеграції елементів керування та функцій зв'язку в блок живлення, впровадження додаткових рівнів функціональності та контролю за рахунок адресації та керування окремими ланцюжками світлодіодів, застосування технологій димінгування. Основними методами димінгування є лінійне димінгування та широтно-імпульсна модуляція живлення світлодіодів. Перевагами ШІМ-димінгування є енергоефективність, стабільна робоча температура, зниження теплового навантаження на світлодіод, збільшена довговічність, краща кольоропередача, інтеграція з розумними будинками та технологіями. Оптимізація режимів живлення світлодіодних систем, що включає раціональний підбір амплітуди, частоти імпульсів, шпаруватості, забезпечує підвищення енергоефективності, екологічності, надійності освітлювальних систем із забезпеченням нормативних вимог до параметрів світлового середовища на об'єктах експлуатації системи освітлення.

Література

1. Paul Morgan Pattison, Monica Hansen, Jeffrey Y. Tsao. LED Lighting Efficacy: Status and Directions/ Comptes Rendus Physique. March–April 2018. Vol.19, no 3. P.134-145.
2. J.Y. Tsao, M.E. Coltrin, M.H. Crawford, J.A. Simmons. Solid-State Lighting: an Integrated Human Factors, Technology, and Economic Perspective. Proc. IEEE, 98 (7) (2010). P. 1162-1179.

УДК 621.31

В.П. Коваль, к.т.н.; О. І. Похилий

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА НОВИХ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

V.P. Koval Ph.D; O. I. Pokhylyy

WIND ENERGY IN UKRAINE: PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE CONSTRUCTION OF NEW WIND POWER PLANTS

Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) відіграють важливу роль у реалізації концепції сталого розвитку, оскільки забезпечують збалансований взаємозв'язок між економічним зростанням, соціальним добробутом та збереженням природного середовища. Екологічне значення ВДЕ пов'язане із зниженням рівня забруднення повітря, води й ґрунтів через відсутність продуктів горіння, зменшення викидів парникових газів, сповільнення процесу глобального потепління. ВДЕ, зокрема, вітрові електростанції, сприяють переходу до моделей економічного і соціального розвитку,

які мінімізують шкоду навколишньому середовищу та водночас підтримують стабільний економічний розвиток, енергетичну безпеку країни.

В умовах сучасних викликів для України вітрова енергетика має особливе стратегічне значення, оскільки дозволяє зменшити обсяг імпортованої електроенергії і диверсифікувати джерела генерації, що особливо важливо в умовах воєнних загроз і руйнування енергетичної інфраструктури.

Загальна потужність збудованих в Україні вітрових електростанцій (ВЕС) становить 1,9ГВт, з яких 1,3ГВт перебувають на тимчасово окупованих територіях. Найбільші з них — Ботієвська (200МВт), Приморська (200МВт), Тилігульська (115МВт з 500МВт запланованих потужностей), Дністровська (100МВт). Стабільно працюють Старосамбірські ВЕС-1 і ВЕС-2 на Львівщині (40МВт) [1]. В процесі будівництва знаходяться вітропарк на межі Львівської, Рівненської, Тернопільської областей (200МВт), ВЕС на території Волинської області потужністю 147МВт, вітрова електростанція на межі Закарпатської та Львівської областей (80МВт), ВЕС на Одещині орієнтовною сумарною потужністю близько 60МВт. Цілий ряд вітропарків різної потужності перебуває на стадії девелопменту та проєктування українськими та іноземними компаніями. З 2022 року по 1 квартал 2025 року в Україні введено в експлуатацію 258 МВт нових потужностей [2].

В Україні розроблено план розвитку відновлюваної енергетики до 2030 року, згідно з яким передбачено будівництво 6,1 ГВт наземної вітрової енергетики. Перспективними регіонами для будівництва ВЕС є Карпати, Прикарпаття, Закарпаття, Львівщина, Волинь, Одещина та Миколаївщина [2].

Основними інвесторами на ринку вітроенергетики України є компанії ДТЕК Renewables, Elementum Energy, «Галнафтогаз», Еко-Оптіма, ТОВ «Вітропарки України». Чимало світових енергетичних компаній та фінансових груп також виявляють зацікавленість у вітроенергетичному ринку України. Провідними постачальниками вітроенергетичних установок (ВЕУ) є такі європейські компанії: Vestas (Данія), GE Vernova Energy (США), Nordex Group (Данія) та інші. Українським виробником ВЕУ є ТОВ «ФРЕНДЛІ ВІНД ТЕХНОЛОДЖІ», релоковане у 2022 році з Краматорська, яке не лише виробляє вітрові турбіни, а й будує ВЕС на Закарпатті.

«Вітрова енергія належить до постійно відновлюваних джерел енергії, однією з переваг якої є доступність, повсюдне поширення і практична невичерпність ресурсів. ... Основним недоліком при використанні вітру як енергетичного джерела є непостійність його швидкості, а отже, і енергії в часі» [3, с. 57].

Україна може успішно розвивати вітрову енергетику завдяки високому природному потенціалу вітрових ресурсів. Цьому сприяють можливості швидкого розгортання вітрових електростанцій порівняно з традиційними. Розширення мережі ВЕС в Україні сприятиме зниженню залежності від імпортних енергоносіїв, посиленню енергетичної автономії громад, інтеграції України до європейської «зеленої» енергетичної політики, виконанню кліматичних зобов'язань.

Проте, реалізація нових вітроенергетичних проєктів пов'язана з рядом викликів. Передусім, це воєнні дії на території України, через які значна частина перспективних територій на півдні України перебувають під окупацією або в зоні підвищеної загрози.

Ускладнюють цей процес руйнування інфраструктури — пошкодження електромереж, підстанцій та логістичних маршрутів, що створює труднощі з підключення до мережі нових ВЕС. Також енергосистема України потребує модернізації для ефективного прийому нестабільної вітрової генерації.

В умовах воєнних дій на території України нерідко виникають труднощі із фінансуванням нових об'єктів, оскільки обладнання для ВЕС має високу вартість, а будівництво вимагає складної логістики. В таких умовах інвестори вимагають

додаткових гарантій, страхування ризиків та стабільної державної політики. Зміни у законодавстві, тарифах, механізмах підтримки також стримують інвесторів.

Будівництво нових об'єктів вітрової енергетики пов'язано з деякими екологічними та соціальними обмеженнями. При проєктуванні ВЕС обов'язково потрібно враховувати вплив на рослинний та тваринний світ, ландшафт та брати до уваги думку громади.

Отож, незважаючи на серйозні воєнні, технічні та інвестиційні виклики, вітроенергетика України є перспективним напрямом. За умов стабілізації ситуації, модернізації мереж і формування прогнозованої регуляторної політики галузь може стати одним із ключових напрямків «зеленої» відбудови та формування енергетичної незалежності держави. Відновлювальні джерела енергії є важливою передумовою розвитку конкурентноспроможної економіки, досягнення екологічних, соціальних цілей, що відповідає концепції сталого розвитку.

Література

1. Вітрова енергетика України. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вітрова_енергетика_України (дата звернення 25.11.2025 р.).
2. Українська вітроенергетична асоціація. Члени та стейкхолдери. URL: <https://uwea.com.ua/ua/membership/members/> (дата звернення 28.11.2025 р.).
3. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

В.П. Коваль, канд. техн. наук, доц.; А.З. Стасів; П.М. Зін

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АКТУАЛЬНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

V.P. Koval, Ph.D., Assoc. Prof.; A.Z. Stasiv; P.M. Zin

CURRENT ASPECTS OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT

Відновлювані джерела енергії впевнено витісняють традиційну енергетику з енергетичних балансів більшості країн світу. Особливих успіхів досягнула сонячна енергетика, яка у 2025 році забезпечила у світовому масштабі більший виробіток електроенергії, ніж ТЕС (теплові електростанції), що працюють на кам'яному вугіллі. Відтак сонячна енергетика більше не є другорядною галуззю, а абсолютним лідером на ринку відновлюваної енергетики і рівноцінним гравцем на ринку енергетики як такої загалом.

Сонячні електростанції (СЕС) забезпечують максимальну генерацію електроенергії протягом теплої половини року (друга половина весни – літо – перша половина осені) і виключно у світлу пору доби з провалами генерування у хмарну погоду. Вітряні електростанції (ВЕС) – навпаки, протягом холодної половини року (друга половина осені – зима – перша половина весни) незалежно від часу доби з провалами генерування у випадку слабого вітру або його відсутності взагалі. Тому для забезпечення цілодобового і круглорічного електропостачання від СЕС і ВЕС необхідні системи акумулювання електроенергії (САЕ), які також успішно споруджуються. Наприклад, в Україні у 2025 році встановлено 200 МВт потужностей САЕ загальною ємністю 400 МВт·год. До речі, це рекордний показник у Східній Європі.

САЕ виручають також у випадках блекаутів, спричинених ворожими ракетно-дроновими ударами по вітчизняній енергетичній інфраструктурі. 19 листопада 2025 року на кафедрі електричної інженерії ТНТУ ім. Івана Пулюя встановлено автономну сонячну електростанцію (АСЕС) потужності 4400 Вт, яка зможе забезпечувати екологічно чистою електроенергією 3-й, 4-й і, можливо, ще й навіть 5-й поверх навчального корпусу №7. АСЕС складається з 10 фотоелектричних панелей, які закріплені на південному фасаді (азимут 176°, фасад на 4° повернутий на схід відносно південного напрямку) навчального корпусу №7 під кутом 60° до горизонту. САЕ ємності 10 кВт·год складається з двох акумуляторів ємності 5 кВт·год кожний. Для перетворення постійного струму у змінний промислової частоти і напруги використовується інвертор потужності 8 кВт. У сонячний полудень 24 листопада 2025 року АСЕС генерувала електричну потужність 2,8 кВт (64 % від номінальної потужності). Основним навантаженням виступала САЕ ємності 10 кВт·год. Зазначена АСЕС здатна виробляти 4266 кВт·год електроенергії протягом року (табл. 1, рис. 1).

Розвивається також і мала гідроенергетика. Зокрема, у Тернопільській області на річці Іква у створі з напором 3,8 м споруджену малу ГЕС з пропелерними трубними гідротурбінами Т70 і Т50 (цифра у марці турбіни означає діаметр робочого колеса у сантиметрах). Зазначена ГЕС перебуває на етапі виконання пускалагоджувальних робіт. З причини наявності недостатньої витрати води у річці існує ймовірність заміни турбіни Т70 турбіною Т36. Очікувана сумарна генерована потужність новозбудованої малої ГЕС – 50 кВт. Мережеві малі ГЕС, що працюють «за водотоком» (тобто які не мають водосховищ для накопичення більших або менших запасів води), забезпечують цілодобове круглорічне генерування електроенергії зі зменшенням генерованої потужності у посушливі періоди року. В умовах Об'єднаної енергосистеми України мікроГЕС (потужності $P \leq 200$ кВт) і мініГЕС (потужності $200 < P \leq 1000$ кВт) працюють, як правило, «за водотоком», а малі ГЕС більших потужностей ($1000 < P \leq 10000$ кВт) можуть також виступати у якості маневрових потужностей для покриття добових графіків «пікових» навантажень.

Таблиця 1. Характеристики сонячного фотоелектричного модуля (СФЕМ) і автономної сонячної електростанції кафедри електричної інженерії ТНТУ ім. І. Пулюя

Характеристики сонячного фотоелектричного модуля потужності 440 Вт				Характеристики автономної сонячної електростанції потужності 4,4 кВт			
Висота	брутто	1725	мм	Кількість СФЕМ		10	
	нетто	1705	мм	Сумарна площа нетто всіх 10 СФЕМ АСЕС		18,93 м ²	
Ширина	брутто	1130	мм	Місце монтажу СФЕМ		зовнішня стіна	
	нетто	1110	мм	Азимут (відносно півд. напр.)		– 4°	
				Кут нахилу СФЕМ до горизонту		60°	
Площа	брутто	1,949	м ²	Річне виробництво електроенергії		4266	кВт·год
	нетто	1,893	м ²	Місячне виробництво електроенергії	Липень (max)	612	
					Грудень (min)	77	

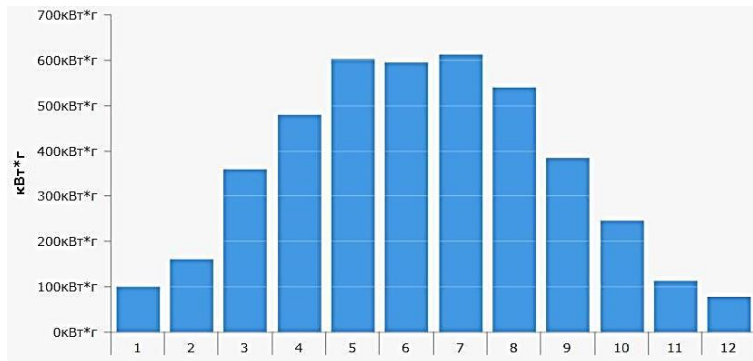


Рисунок 1. Виробіток електроенергії автономною сонячною електростанцією потужності 4,4 кВт за місяцями

Кожний новий об'єкт відновлюваної енергетики та будь яка нова система накопичення енергії є запорукою забезпечення декарбонізації й енергетичної незалежності економіки і надійною основою незалежності держави як такої.

Література

1. В.П. Коваль, П.М. Зінь. Підвищення енергоефективності низьконапірних мікроГЕС невеликої потужності з трубними осьовими гідротурбінами / *Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей XIII Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів* (Тернопіль, 11–12 грудня 2024 р.). М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]: ФОП Паляниця В.А., 2024. – С. 285, 286.
2. П.М. Зінь. Гідроенергетичний потенціал Тернопільської області. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», присвяченої 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 28–29 травня 2025 року.* – Тернопіль: ТНТУ, 2025. – С. 29, 30.

УДК 621.855

О. С. Кондратюк, докт. техн. наук, проф. М. Г. Тарасенко, к. т. н., доцентка К. М. Козак
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВПЛИВ НЕСИМЕТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ 0,4 КВ ТА СУЧАСНІ МЕТОДИ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ

O. S. Kondratiuk, Dr., Prof. M. G. Tarasenko, Ph.D., Assoc. K. M. Kozak
INFLUENCE OF UNSYMMETRICAL LOAD ON THE QUALITY OF ELECTRICITY IN 0.4 KV NETWORKS AND MODERN METHODS OF ITS REDUCTION

Найбільшим джерелом споживання електричної енергії в сучасному світі є електричні двигуни. Для їх стабільної та ефективної роботи важливим є симетричне навантаження на загальну мережу. У розподільчих електричних мережах низької напруги (0,4 кВ) спостерігається зростання рівня фазної асиметрії, зумовлене нерівномірним підключенням споживачів, а також неконтрольованим рівнем споживання ними енергії. Це явище негативно впливає на показники якості

електроенергії, спричиняє додаткові втрати потужності та знижує надійність роботи електрообладнання. Забезпечення симетрії фаз є одним із пріоритетних напрямів розвитку Smart Grid-систем в Україні.

Метою роботи є аналіз впливу несиметричного навантаження на показники якості електроенергії у розподільчих мережах 0.4 кВ та визначити ефективні технічні підходи до компенсації фазної асиметрії, включаючи дослідження нового методу — балансування навантаження на основі подачі додаткової генерації у фазу з найбільшим споживанням.

Наприклад, Pinthurat W. проводить детальний огляд сучасних технологій та методів компенсації незбалансованих режимів (асиметрії фаз / нерівномірності навантажень) у низьковольтних розподільчих мережах із включеною генерацією ВДЕ, розглядає причини виникнення незбалансованості, технологічні рішення (активні компенсатори, інвертори, схеми керування), а також перспективи інтеграції таких рішень у мережі низької . Серед українських науковців варто відзначити: М. М. Черемісіна та І. В. Мелконову, які вивчали розвиток Smart Grid-технологій і питання інтеграції ВДЕ; А. В. Рудика який розглядав асиметрію напруги в системах електропостачання; Д. М. Савчука, що аналізував вплив несиметрії на ефективність енергоспоживання. Ці роботи підтверджують актуальність проблеми для українських мереж 0,4 кВ та необхідність створення інтелектуальних систем регулювання симетрії фаз.

Отже, сучасні низьковольтні розподільчі мережі характеризуються підвищеною схильністю до виникнення асиметрії фазних навантажень, що спричиняє збільшення втрат потужності, зниження напруги та погіршення якості електроенергії. За результатами узагальнення світового досвіду найефективнішими підходами до компенсації таких незбалансованих режимів є:

- активні силові компенсатори (D-STATCOM, SAPF), здатні динамічно регулювати струми по кожній фазі;
- енергетичні накопичувачі (BESS) у поєднанні з трифазними інверторами, що забезпечують гнучке балансування активної та реактивної потужності;
- розподілені системи керування Smart Grid із прогностичними алгоритмами та швидкодіючими регуляторами на рівні мікромереж.

До вище перерахованих методів регулювання може додатись перспективний напрям, який потребує детального дослідження — зменшення асиметрії фазного навантаження шляхом подачі додаткової генерації саме у фазу, яка в конкретний момент часу має найбільше споживачів. Алгоритм передбачає:

- оперативні вимірювання фазних напруг і струмів;
- визначення перевантаженої фази;
- динамічну подачу активної потужності саме у цю фазу;
- перерозподіл генерації між фазами у процесі вирівнювання.

Такий підхід дозволяє використовувати розподілену генерацію не лише як джерело енергії, а й як активний регулятор фазної симетрії в реальному часі, що зменшує зворотну складову струмів, втрати потужності у трансформаторі та лініях, а також покращує рівномірність напруг.

Впровадження активних компенсаторів, BESS-рішень та інтелектуальних систем керування довело свою ефективність. В умовах розвитку відновлюваних джерел енергії запропонований підхід — динамічна генерація у перевантажену фазу — є перспективним напрямом впровадження цього ресурсу в Smart Grid-системи. і потребує подальших досліджень шляхом математичного моделювання та експериментальної перевірки на мікромережах.

Література

1. Awad H., Bollen M. H. J., Yildirim B. (2020). Title: Power Quality in Future Electrical Power Systems: From Smart Grids to Microgrids.
2. Journal: Energies, 13(9): 2246. – DOI: 10.3390/en13092246.
3. Kumar S., Mishra S., Singh B. (2021) Advanced Power Quality Improvement Techniques for Low-Voltage Smart Distribution Systems.
4. Journal: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 149: 111369
5. Черемісін М. М., Черкашина В. В., Омеляненко О. В. Основні напрямки розвитку та впровадження інформаційних технологій на базі платформи Smart Grid // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – Харків : ХНТУСГ, 2019. – Вип. 203. – С. 8–11.
6. Мелконова І. В., Романченко Ю. А. Аналіз стану та перспективи впровадження Smart Grid в енергетиці України // Сучасні електромеханічні та інформаційні системи : монографія / за заг. ред. І. В. Панасюка. – Київ : КНУТД, 2021. – С. 39–43.
7. Pinthurat W. Techniques for Compensation of Unbalanced Conditions in LV Distribution Networks with Integrated Renewable Generation: An Overview // Electric Power Systems Research. – Vol. 213, 2023. – Art. 108900. – DOI: 10.1016/j.epsr.2022.108900.

УДК 621.311.25

Н.С. Лясковець, Я.М. Осадца, к.т.н., доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна)

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ

N.S. Liaskovets, Ya.M. Osadtsa, Ph.D., Assoc. Prof.

KEY ASPECTS OF THE TECHNO-ECONOMIC EVALUATION OF ENERGY STORAGE SYSTEM IMPLEMENTATION

В умовах децентралізації енергетичних ринків і стрімкого зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), роль систем накопичення енергії (СНЕ) набуває критично важливого значення для забезпечення гнучкості та балансування з метою вирішення глобальних проблем нестабільності в електроенергетичних системах. Основними рушіями впровадження проєктів СНЕ є значний попит на забезпечення резервів відновлення та підтримки частоти, оптимізація роботи об'єктів ВДЕ та їх інтеграція в енергетичну систему, нерівномірність попиту та пропозиції на ринку електроенергії. При цьому, при реалізації проєктів, особливої ваги набуває проведення ґрунтовної техніко-економічної оцінки СНЕ з метою визначення ефективності та доцільності їх впровадження в енергетичну систему.

Техніко-економічна оцінка передбачає здійснення заходів комплексного аналізу, які включають проведення загальної оцінки технічних характеристик (потужності, ємності, ККД, життєвого циклу) та економічних показників (вартість придбання та експлуатації, термін окупності, прибуток), а також враховує ринкові умови, регуляторне середовище, вплив на енергетичну систему, тощо.

При проведенні технічної оцінки систем накопичення енергії особливої уваги потребує вибір параметрів накопичувача у відповідності до поставленого технічного завдання які включають в себе:

- потужність (кВт/МВт) – максимальна потужність, яку може віддавати або приймати накопичувач;

- ємність (кВт·год/МВт·год) – загальна кількість енергії яку може зберігати накопичувач;

- ефективність (коефіцієнт корисної дії) – частка енергії, яка повертається після циклу заряд-розряд;

- життєвий цикл – кількість циклів заряд-розряд або термін експлуатації до втрати певного відсотка ємності, що забезпечує економічний ефект від впровадження;

- швидкість повного заряду/розряду – час, необхідний для повного зарядження або розрядження накопичувача енергії;

- тип використовуваної технології: електрохімічні, водневі, механічні (маховики), гідроакумуляуючі тощо.

Поряд із цим враховується і низка інших важливих технічних аспектів, зокрема:

- інтеграція в мережу: можливість приєднання до існуючих мереж, сумісність з іншим обладнанням та проведення при потребі необхідної адаптації;

- безпека: заходи безпеки, системи захисту від перевантаження, перегріву, протипожежної та інших надзвичайних ситуацій;

- надійність – стабільність роботи системи накопичення та мінімізація збоїв використовуваного обладнання.

Економічний потенціал систем накопичення енергії визначається виходячи від оцінки дослідженого технічного потенціалу, але при цьому враховується економічна доцільність його використання в конкретній енергосистемі, в рамках певної використовуваної технології з урахуванням її досягнутого і можливого технологічного рівня, а також всіх сукупних витрат [1].

При здійсненні економічної оцінки СНЕ, слід обов'язково враховувати:

- первинні витрати, які включають в себе вартість придбання накопичувачів, виконання монтажних робіт, проектування та підключення;

- експлуатаційні витрати: вартість технічного обслуговування СНЕ, проведення регламентних робіт, заміни компонентів, страхування та інші операційні витрати;

- доходи та заощадження: зниження витрат на електроенергію (використання накопичених ресурсів під час пікових тарифів, стабілізація мережі з можливістю отримання додаткового прибутку за рахунок надання допоміжних послуг мережевої стабілізації (регулювання частоти, напруги), забезпечення резервного живлення з метою уникнення втрат від перебоїв в електропостачанні, інтеграція відновлюваних джерел через зменшення витрат на балансування мережі та втрат від надлишку сонячної чи вітрової енергії;

- ключові економічні показники: період окупності (Payback Period) тобто час, за який сукупні заощадження та доходи покривають початкові інвестиції, чиста приведена вартість (NPV) – це різниця між дисконтованими грошовими потоками та початковими інвестиціями, внутрішня норма дохідності (IRR) – відсоткова ставка, яка робить NPV рівним нулю.

Крім цього, при впровадженні будь-якої системи накопичення енергії, не можна залишати поза увагою існуюче ринкове середовище та регуляторні фактори, зокрема:

- тарифна політика – вплив ринкових тарифів на електроенергію на економічну доцільність інвестицій;

- державні стимули: субсидії, податкові пільги та інші механізми підтримки розвитку систем накопичення енергії;

- розвиток ринку допоміжних послуг: зростаючий попит на надання послуг з балансування мережі та їх вартість.

Актуальність створення автономних енергоджерел на базі ВДЕ обумовлена необхідністю оптимізації витрат, вимогам законодавства щодо підвищення ефективності використання природних ресурсів, можливими податковими обмеженнями на викиди CO₂ [1]. В цілому потенціал відновлювальних джерел енергії в Україні достатньо високий, однак стохастичний характер генерації є обмежувальним фактором до їх широкомасштабного впровадження. В сучасних енергосистемах частка розподіленої генерації зростає в основному за рахунок альтернативних джерел енергії, що в свою чергу може породжувати виникнення нових режимних проблем в їх роботі. З урахуванням цього, енергосистеми потребують пошуку нових засобів резервування потужності та зберігання електроенергії на тривалі проміжки часу, тобто потреба в СНЕ залишатиметься актуальною в найближчі десятиліття що викликано перш за все зростаючими потребами у забезпеченні гнучкості, стабільності та передбачуваності електроенергетичних систем. А проведення фахової техніко-економічної оцінки дасть можливість чітко розуміти можливі ризики та економічний ефект від впровадження систем накопичення енергії та забезпечить вибір оптимального типу накопичувача для будь-якої електроенергетичної системи.

Література

1. Кузнєцова Г.О Основні засади формування техніко-економічної прогновної моделі енергозабезпечення регіону з використанням відновлюваних джерел енергії. *Держава та регіони. Економіка та підприємництво*, № 5 (122), 2021. URL: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-5-9>

УДК 621.311

А.І. Маліновський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ МІСТА В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Науковий керівник: к.т.н., доцент, Оробчук Б.Я

A. I. Malinovskiy

THE RELEVANCE OF THE USE OF ENERGY-SAVING METHODS OF INTELLECTUAL CONTROL OF CITY LIGHTING IN MODERN CONDITIONS

Supervisor: B. Orobchuk - Ph.D., Assoc., Prof.

У сучасному місті освітлення вулиць відіграє вагомую роль у забезпеченні безперервної діяльності громади. У період військових дій, в умовах значно пошкодженої енергетичної інфраструктури в Україні надзвичайно гостро постає питання раціонального та ефективного використання електроенергії. За даними ООН у нашій країні було пошкоджено, зруйновано або окуповано за період воєнного стану майже до 50 % генерувальних потужностей [1]. Управління освітлювальними мережами є складним технічним завданням, від рішення якого залежать умови експлуатації освітлювальних приладів, здійснення керування освітленням, тощо. Сучасні інтелектуальні системи управління освітленням дозволяють оптимізувати енергоспоживання та зменшити витрати місцевих бюджетів, що дає змогу перенаправити зекономлені ресурси на інші напрямки економічного розвитку міста. У

порівнянні зі звичайною системою освітлення, використання розумних систем LED освітлення з урахуванням дорожнього руху та добової зміни освітлення, може забезпечити економію коштів у розмірі 96 %, а викиди CO_2 можна знизити на 96,24 % [2].

У багатьох містах світильники підключені до мережі нерівномірно, що спричиняє несиметрію фазних навантажень. Це, у свою чергу, веде до додаткових втрат електроенергії, підвищеного зношування трансформаторів та кабельних ліній, а також зниження загальної надійності системи електропостачання. Через відсутність централізованого моніторингу, робота системи освітлення часто здійснюється «всліпу»: несправності світильників виявляються лише після скарг мешканців, а випадки крадіжок електроенергії або аварійні ситуації залишаються непоміченими тривалий час. Така ситуація знижує ефективність обслуговування, підвищує експлуатаційні витрати та створює ризики перебоїв у роботі системи. На рисунку 1, відображено графік втрат, в тому числі додаткових (ARC), спричинених дисбалансом в системі [3].

Зараз надзвичайно гостро постало питання скорочення державних витрат на енергоспоживання, пошуку альтернативних джерел енергії, котрі б відповідали екологічним вимогам. Подорожчання енергоносіїв і глобальні екологічні зміни спонукають місцеву владу підвищувати енергоефективність, що особливо відчутно в останні роки війни.

Використання світлодіодного вуличного освітлення значно перевершує свої аналоги за багатьма показниками, а ще на сьогодні такі освітлювальні прилади стали більш доступними для корпоративних споживачів, через серійне виробництво та імпорту в широких масштабах, що веде до зниження собівартості готової продукції. Крім економічності, надійності, міцності й інших якісних характеристик, світлодіодні джерела освітлення мають таку незаперечну перевагу як мінімізація техногенного навантаження на довкілля [4].

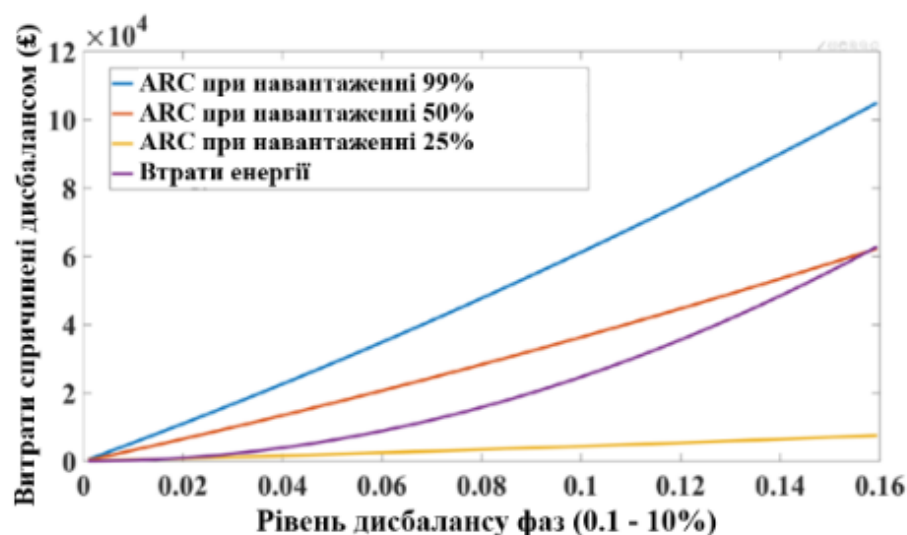


Рисунок 1 – Співвідношення дисбалансу фаз та матеріальних збитків, до яких вони призводять

Отже, розробка методів інтелектуального керування міським освітленням, дасть змогу зменшити енергоспоживання у населеному пункті, оптимізувати баланс фазних навантажень та підвищити надійність роботи мережі в умовах зміни напруги, зменшити витрати міських бюджетів, підвищити стійкість енергосистеми міста до дії непередбачуваних (екстремальних) чинників та створити комфортне середовище для всіх споживачів. Використання Smart City-технологій та формування сучасних

підходів[5] до управління міською інфраструктурою дозволить підвищити її рентабельність та забезпечити суттєве скорочення ресурсів на обслуговування системи.

Література

1. UNDP energy damage assessment for Ukraine reveals continued vulnerabilities trends – Режим доступу: https://www.undp.org/ukraine/press-releases/undp-energy-damage-assessment-ukraine-reveals-continued-vulnerabilities?utm_source=google.com
2. A Economic and Environmental Impact of Energy Efficient Design of Smart Lighting System – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/370572813_Economic_and_Environmental_Impact_of_Energy_Efficient_Design_of_Smart_Lighting_System
3. Review of Distribution Network Phase Unbalance: Scale, Causes, Consequences, Solutions, and Future Research Direction – Режим доступу: https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/205775731/Review_of_distribution_network_phase_unbalance_Scale_causes_consequences_solutions_and_future_research_direction_accepted.pdf
4. Оробчук Б., Сисак І., Бабюк С. Розробка системи освітлення для навчальної лабораторії на базі WI-FI контролера // Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. - 2024 р. - С. 87-88
5. B. Orobchuk, I. Sysak, S. Babiuk. Intellectual system of street lighting control in a city // VI International Conference of Students, PhD Students and Young Scientists «Engineer of XXI Century»: Inzynier XXI Wieku Projektujemy Przyszlosc. - Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Bialej, December 2016, pp. 825-832

УДК 621.311.1:681.5:004.912

Микитишин А.Г., к.т.н., доц., Максимів Д.Р., Федчак В.І.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ: КОНЦЕПЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ BENEFIT

Mykytyshyn A.G., Ph.D., Assoc. Prof., Maksymiv D.R., Fedchak V. I.

INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT PLATFORMS AS A TOOL FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS: CONCEPT AND RESULTS OF BENEFIT IMPLEMENTATION

Питання енергоефективності будівель є одним із ключових елементів сучасної європейської політики, спрямованої на зменшення викидів парникових газів, оптимізацію енерговитрат і підвищення стійкості інфраструктур. У країнах ЄС саме будівлі споживають близько 40 % загального обсягу енергії, а близько 36 % викидів CO₂ пов'язані з їх опаленням та експлуатацією [1]

Ураховуючи той факт, що більшість будівель була зведена до 2000 року, коли вимоги до теплоізоляції, автоматизації та енергоконтролю були значно нижчими, проблема модернізації стає стратегічно важливою. Економічні, екологічні та соціальні

фактори підсилюють актуальність пошуку нових технологічних рішень, здатних забезпечити ефективне управління енергоспоживанням.

Одним із напрямів, що стрімко розвивається, є використання інтелектуальних систем енергоменеджменту (Smart Building Energy Management Systems — SBEMS). Такі системи поєднують цифрові сенсори, інтернет речей (IoT), смарт-лічильники, засоби автоматизації, обчислювальні моделі та аналітичні алгоритми. Вони дозволяють будівлям реагувати на поточні умови в режимі реального часу, а також прогнозувати майбутні зміни в навантаженні, погоді, рівні зайнятості приміщень та інших зовнішніх факторах. На відміну від традиційних систем керування, що працюють за статичними планами, SBEMS володіють адаптивністю, що дає можливість економити ресурси, зменшувати пікові навантаження та підвищувати комфорт користувачів [2], [3].

Інтелектуальні системи управління енергоспоживанням базуються на поєднанні кількох ключових принципів. Насамперед йдеться про глибокий моніторинг параметрів, таких як температура, вологість, рівень освітлення, споживання теплової та електричної енергії. Важливо, що джерела даних є розподіленими та здатними взаємодіяти між собою через бездротові протоколи — ZigBee, LoRaWAN, GSM/GPRS, Wi-Fi чи технологію 6LoWPAN, яка відкриває шлях до впровадження IPv6 у сенсорних мережах [1].

Ці дані збираються в єдиному аналітичному модулі, де обробляються за допомогою алгоритмів прогнозування, статистичного аналізу та математичного моделювання. Саме аналітична складова перетворює платформу з «реєстратора подій» на «інтелектуального оператора», здатного генерувати рекомендації, попередження та оптимальні сценарії роботи обладнання.

У цьому контексті платформа BENEFIT (Building Energy Efficiency in Totality) є одним із найбільш показових прикладів сучасних SBEMS. Будучи розробленою для комплексного керування енергоспоживанням у будівлях різних типів — навчальних, адміністративних, лабораторних чи житлових — вона поєднує відкриту архітектуру, гнучку інфраструктуру збору даних та розширені засоби аналітики [1].

Її побудовано за трирівневою моделлю: рівень фізичних пристроїв включає датчики, лічильники та виконавчі блоки; комунікаційний рівень забезпечує зв'язок між елементами мережі, а серверний рівень відповідає за аналіз даних, візуалізацію та формування рішень. Завдяки цьому платформа здатна інтегрувати широкий спектр обладнання та адаптуватися під потреби конкретної будівлі.

Особливу увагу розробники BENEFIT приділили питанням кібербезпеки. Для багатьох систем енергоменеджменту цей аспект часто залишається «слабким місцем», що дозволяє потенційні втручання у критичні процеси. На противагу цьому BENEFIT використовує унікальні MAC-ідентифікатори всіх пристроїв та апаратне шифрування AES-128, що суттєво підвищує захищеність мережі від атак і несанкціонованого доступу [1]. Завдяки цьому система набуває стійкості до зовнішніх впливів та забезпечує цілісність даних у процесах моніторингу та керування.

Одним із ключових елементів платформи є можливість моделювання енергетичних процесів. Завдяки інтеграції з DesignBuilder здійснюється не лише аналіз історичних даних, а й прогнозування майбутнього енергоспоживання на основі фізичних моделей теплових процесів. Це дозволяє оцінювати теплові втрати будівлі, моделювати сценарії роботи вентиляційних та опалювальних систем, прогнозувати комфортні умови та визначати найбільш енергоефективні стратегії модернізації. Для прийняття рішень такий інструмент є надзвичайно важливим, оскільки дозволяє порівняти вплив різних заходів ще до їх реалізації — від заміни вікон до встановлення сонячних панелей [4].

Результати впровадження BENEFIT у будівлі технічного університету свідчать про її ефективність у реальних експлуатаційних умовах. Протягом року було зібрано повний масив даних щодо внутрішніх та зовнішніх температур, показників споживання тепла та електроенергії, режимів роботи систем освітлення та вентиляції. На основі цих даних платформа виявила, що заміна традиційних вікон на скління з низьким коефіцієнтом емісії дозволила скоротити річну витрату енергії на 8.33 %. Додатковий перехід на LED-освітлення збільшив загальний ефект до 12.14 % [1]

Більш детальний аналіз продемонстрував, що найпотужніший ефект досягався саме в зимовий період, що є логічним з огляду на інтенсивне використання систем опалення. Фактичні дані також підтвердили значне зниження пікових теплових навантажень у періоди різких температурних змін.

З огляду на отримані результати стає зрозуміло, що інтелектуальні платформи енергоменеджменту можуть відігравати вирішальну роль у формуванні стратегії модернізації будівель. Вони не лише забезпечують безперервний контроль параметрів, але й дозволяють переосмислити саму логіку управління енергією. Цифрова система здатна вчасно визначати відхилення, прогнозувати ризики, адаптувати режими роботи обладнання та пропонувати найбільш раціональні рішення. У сукупності це створює основу для розвитку «розумних», екологічних і економічно ефективних будівель, що відповідають вимогам сучасної енергетичної політики.

Отже, платформа BENEFIT демонструє, що поєднання IoT-технологій, хмарних сервісів, математичного моделювання та інтелектуальних механізмів керування створює новий рівень ефективності в управлінні енергетичними процесами. Завдяки комплексному підходу, високому рівню безпеки та можливості адаптації її можна розглядати як перспективний інструмент для розвитку енергоефективних та стійких інфраструктур, що відповідають концепції «нульового» або навіть позитивного енергобалансу.

Література

1. Aradoaei, M., Ciobanu, R.-C., Schreiner, C. M., Grigoras, G., Livadariu, R.-P. BENEFIT: An Energy Management Platform for Smart and Energy Efficient Buildings. *Energies*, 18(4542), 2025.
2. Suci, G. et al. Building energy consumption monitoring and analytics. *Journal of Cleaner Production*, 2019.
3. Chatzikonstantinidis, A. et al. Digital Twins in smart building energy forecasting. *Energy and Buildings*, 2025.
4. Revati, T. et al. Data-driven load prediction for commercial buildings. *Energy Reports*, 2021.
5. Piras, A. et al. IoT-based decision support for smart building energy management. *Sustainable Cities and Society*, 2025.

**АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ В ЖИТЛОВИХ
БУДИНКАХ ТА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ
НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

V. Mykolyshyn, A. Stasiv, E. Pryimachuk, I. Sysak, Ph.D.

**ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN
RESIDENTIAL BUILDINGS AND MEASURES TO ENSURE THE LOAD
BALANCING OF ELECTRICAL NETWORKS**

В умовах активної електрифікації побуту спостерігається суттєве підвищення встановленої потужності квартирних приймачів. До складу основних споживачів входять електричні плити, бойлери, кондиціонери, теплові насоси, пральні та сушильні машини, системи електроопалення, а також зарядні пристрої для електромобілів. У результаті фактична потужність споживання може перевищувати проєктні значення, передбачені для будівель старої забудови.

Більшість внутрішньобудинкових електричних мереж було спроектовано з урахування навантаження 3-5 кВт на квартиру [1]. Сучасні умови експлуатації призводять до підвищення навантаження до 10-15 кВт, що викликає низку технічних проблем:

- Перевищення допустимих струмових навантажень у провідниках;
- Перегрів кабельних ліній та спрацювання захисту автоматів;
- Падіння напруги під час пікових навантажень;
- Несиметрію фаз при однофазному підключенні споживачів;
- Підвищення ймовірності коротких замикань та аварійних відключень.

Отже, наявні електричні мережі не забезпечують достатнього рівня надійності та безпеки при сучасному рівні споживання електроенергії.

На рис. 1 зображено нерівномірне навантаження побутових споживачів у різних квартирах багатоквартирного будинку.

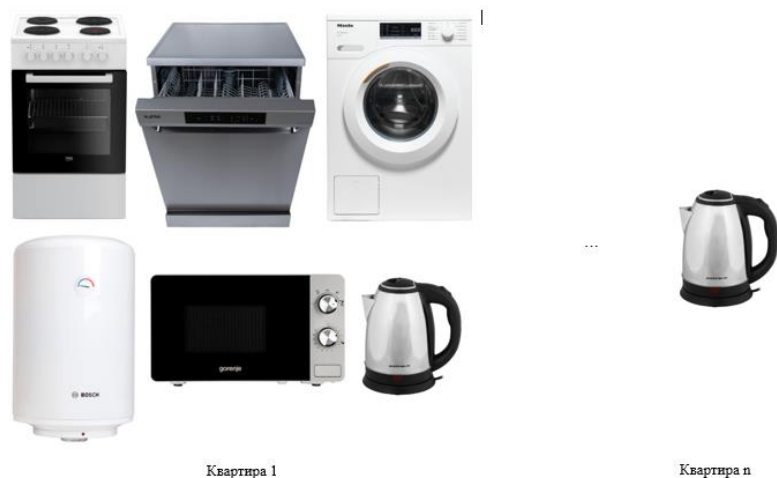


Рисунок 1. Нерівномірне навантаження побутових споживачів у різних квартирах багатоквартирного будинку

Технічні засоби забезпечення рівномірності навантаження можуть бути різні. Розглянемо кожен із них.

Автоматизовані системи керування навантаженням. Для оптимізації роботи внутрішньобудинкових мереж доцільним є впровадження автоматизованих систем керування навантаженням (Smart Load Management). Такі системи дозволяють здійснювати постійний моніторинг споживання електроенергії, відключати другорядних споживачів у разі перевищення допустимої потужності, визначати пріоритетність підключення обладнання та формувати рівномірний добовий графік навантаження. Використання інтелектуальних лічильників і контролерів забезпечує інтеграцію системи керування в загальнобудинкову або енергетичну мережу «розумного дому».

Застосування багатозонних тарифів. Ефективним організаційно-технічним заходом є використання дво- або трizonних тарифів на електроенергію. Це стимулює споживачів переносити частину навантаження на нічні години, коли загальний рівень споживання у мережі є мінімальним. У результаті відбувається вирівнювання добового графіку навантаження та зменшення пікових перевантажень трансформаторних підстанцій.

Модернізація електромереж. Для забезпечення нормативних умов експлуатації електричних мереж необхідно виконати їх технічну реконструкцію, що включає: заміну діючих провідників і стояків на кабелі з більшим січенням; модернізацію розподільчих щитів і захисних пристроїв; збільшення потужності трансформаторних підстанцій. Такі заходи сприяють підвищенню надійності та довговічності систем електропостачання.

Балансування фазних навантажень. З метою усунення перекосу фаз, що виникають через нерівномірний розподіл однофазних споживачів, застосовуються системи автоматичного балансування або корекції фаз. Вони забезпечують рівномірне навантаження на всі три фази, стабілізують напругу та покращують коефіцієнт потужності мережі.

Також потрібно розглянути питання обмеження споживання за допомогою автоматичних вимикачів.

Дуже часто, при плануванні внутрішніх мереж старих забудов, зустрічаються випадки коли квартира, яка складається, для прикладу, із чотирьох кімнат, підключена до розподільчого щитка двома лініями живлення. При цьому захист такої квартири відбувається трьома автоматами (одним ввідним на 25 А та двома - на лініях живлення з номіналом 16 А). Відповідно на одну лінію, на яку буде підключено, для прикладу кухню, може бути одночасно включено електричну духовку, посудомийну машину, чайник, мікрохвильову піч. Як результат, за рахунок великого струму, що буде протікати через захисний автомат на 16А, його виб'є.

Потрібно також відмітити, що дуже часто власники квартир ставлять автоматизовані, коли на автоматі написано, що його номінал 25 А, а його начинка насправді складає 32-64 А.

В сучасних забудовах система електропостачання спроектована набагато краще, коли розподільчий щиток знаходиться всередині квартири, і великопотужні споживачі заживлені кожен окремою лінією.

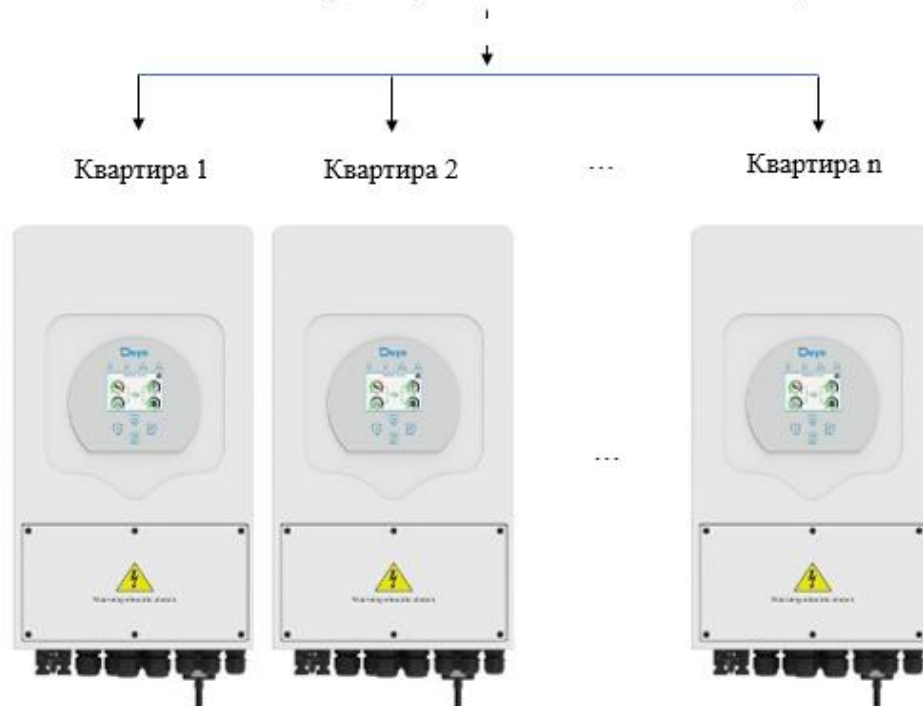
Одним із технічно простих і ефективних засобів запобігання перевантаження мереж є використання автоматичних вимикачів з функцією обмеження потужності. Принцип дії таких пристроїв полягає у вирівнюванні сумарної споживаної потужності та автоматичному відключенні другорядних електроприймачів у разі перевищення встановленого ліміту (наприклад, 5 кВт). Після зменшення навантаження система автоматично відновлює подачу живлення. Виробництвом таких пристроїв займаються компанії ABB, Schneider Electric тощо. Їх застосування дозволяє забезпечити стабільну

роботу внутрішньобудинкових мереж без перевантаження та без необхідності втручання користувача.

Авторами запропоновано використовувати в побутових умовах систему гібридний інвертор – система накопичення, за допомогою якої можна здійснювати обмеження споживання квартири багатоквартирного будинку на рівні 5 кВт. Решту електроенергії гібридний інвертор буде «добирати» відповідно з зарядженого акумулятора. Таку ж систему: інвертор – система накопичення, проте більшої потужності, можна використовувати для обмеження споживання цілого будинку. Для прикладу, будинок складається із 20 квартир, споживання у кожній із яких - 5 кВт, відповідно обмеження для будинку має бути на 100 кВт. Решту потужності інвертор буде «добирати» із системи накопичення. На рис. 2 представлено таку систему обмеження.



Система накопичення енергії Deye BESS BOS-B 100 kW/215 kW, 215 кВт год



Інвертори гібридні Deye SUN-6K-SG03LP1-EU 6кВт 48В (1 фаза)

Рисунок 2. Система обмеження споживання житлового будинку

Така система дає змогу накопичувати електричну енергію в нічну пору доби, коли її вартість становить 0,5 від тарифу і використовувати її у моменти піку чи в період планових виключень або аварій.

Розвитком такої системи може стати встановлення у будинку резервного джерела живлення — сонячної або вітрової електростанції. Це дозволить не лише накопичувати дешеву нічну електроенергію, а й генерувати власну енергію в денний час або за несприятливих умов у мережі. Такі джерела можуть забезпечити базове живлення для критичних побутових приладів у разі тривалих відключень. Крім того, інтеграція відновлюваних джерел з гібридним інвертором підвищує енергонезалежність будинку та зменшує витрати на електроенергію. У перспективі це відкриває можливість створення локальних мікромереж, які працюють автономно або в кооперації з основною мережею. Такий підхід сприяє сталому розвитку та енергетичній безпеці житлових об'єктів.

Висновок. У результаті проведено аналізу встановлено, що збільшення потужності споживання електроенергії у квартирах створює проблеми для існуючих електричних мереж, які часто не розраховані на сучасні навантаження. Для забезпечення стабільної роботи систем електропостачання доцільно реалізувати комплекс технічних та організаційних заходів, згаданих вище. Реалізація цих заходів сприятиме підвищенню надійності, енергоефективності та безпеки систем електропостачання житлових будинків.

В майбутніх дослідженнях планується визначити термін окупності такої системи обмеження інвертор – система накопичення. Також цікавим питанням є дослідження споживання різних потужних побутових споживачів під час одного циклу роботи і відповідно можливість одночасного ввімкнення різних споживачів.

Література

1. Договірна потужність: споживачі мають право на 5 кВт. *Українська Енергетика*. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/dohovirna-potuzhnist-i-prava-spozhyvachiv> (дата звернення: 12.11.2025).

УДК 621.43

Попович М.С.-гр.ЕА-324

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя", Україна)

ЕЛЕКТРИЧНІ РЕАКТИВНІ (ІОННІ) ДВИГУНИ

Popovych M.S. student of group EA-324

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methodologist

(Separate Structural Subdivision "Ternopil Professional College of Ternopil Ivan Puluj National Technical University")

ELECTRIC REACTION (ION) ENGINES

Іонні двигуни здавалися чимось суто космічним ще не так давно. Тепер їх дедалі частіше пов'язують з технологіями на землі. Дослідники активно вивчають ці двигуни не тільки для транспорту. Вони застосовуються й у промисловості, енергетиці, а також у системах очищення повітря. Те, що раніше використовували для супутників, потроху входить у повсякденне життя.

Суть таких двигунів полягає в перетворенні інертного газу на плазму. Найчастіше беруть ксенон для цього. Потім заряджені частинки прискорюють електричними чи магнітними полями. Іони вилітають із системи й створюють реактивну силу. Саме ця сила забезпечує рух або контрольований потік. Іноді замість ксенону йде аргон. Навіть іонізоване повітря може слугувати. Цікаво, що ці установки крім тяги дозволяють керувати мікрочастинками. Вони впливають на повітряні потоки в технічних системах.

Є окремий напрямок з іонними двигунами для наземного транспорту. Це ще експериментальна область. Але перспективи виглядають досить обнадійливими. Такі системи не мають рухомих частин. Тому вони працюють майже без шуму й з мінімальним зношенням. Вже з'явилися перші прототипи дронів на іонній тязі. Їхня потужність поки обмежена. Це нормально на етапі розвитку. Якщо підвищити енергоефективність і покращити конструкцію, то з'явиться новий тип легкого повітряного транспорту.

У вентиляційних системах іонні технології теж застосовують. Є пристрої, де повітря рухається завдяки потоку іонів. Не потрібно обертати лопасті. Такі вентилятори не шумлять, не вібрують і служать довго. Їх ставлять у медичному обладнанні, лабораторіях, комп'ютерних системах. Там потрібна стабільна й делікатна циркуляція повітря.

Іонізація допомагає очищати повітря. Пил, бактерії та дрібні частинки осідають під час процесу. Або їх притягують до фільтрів. Такі системи ставлять у лікарнях, на харчових підприємствах, у сучасних житлових комплексах. Паралельно вивчають вплив плазми на воду. Це для знезараження чи зменшення токсичності стоків у промисловості.

У промисловості іонні установки йдуть на обробку поверхонь. Прискорені іони змінюють структуру матеріалу на мікрорівні. Це підвищує твердість і стійкість до корозії. Такі методи вже використовують у виробництві електроніки. Також для медичних імплантів і захисних покриттів. Точність іонної обробки недосяжна для механічних способів.

Звичайно, технологія має виклики. Для стабільної роботи потрібна висока напруга. Керування плазмою при атмосферному тиску буває складним. Іонні системи на повітрі іноді мають низький ККД. Але науковці вдосконалюють електроди, джерела живлення, системи керування. Завдяки наноматеріалам створили компактні генератори. Вони працюють без газів у звичайних умовах.

Екологічні переваги іонних двигунів варті уваги. Вони не дають продуктів згоряння. Не забруднюють атмосферу й шумлять мало. Це відкриває шлях до побутових пристроїв і екологічного транспорту. Деякі проекти поєднують іонну тягу з сонячними панелями. Або з акумуляторами для кращого використання енергії.

Безпека грає важливу роль. Іонні системи працюють з високою напругою. Тому розробляють ізоляційні матеріали, захист від розрядів, контроль температури. Також вивчають вплив іонізованого повітря на людину при довгому використанні. Щоб уникнути негативних наслідків.

Останні експериментальні моделі йдуть на звичайному повітрі. Без рідкісних газів. Їх тестують для екологічного транспорту й малих апаратів. Такі установки показують стабільність, низький шум, відсутність викидів.

Поєднання іонних технологій з відновлюваними джерелами здається перспективним. З сонячними панелями чи термоелектричними генераторами. Це дає автономні системи з мінімальним обслуговуванням. Вони можуть працювати роками. Такі рішення підходять для розумних будинків, міської інфраструктури, роботизованої техніки.

У підсумку іонні двигуни вже не фантастика. Вони інтегруються в наземні умови. Відкривають можливості для транспорту, вентиляції, очищення повітря, промислових процесів. Подальший розвиток стане кроком до екологічного й сталого майбутнього.

Література:

1. IonWindPropulsionandItsApplications. URL: <https://engineeringtoday.com/ion-wind>
2. AtmosphericIonThrusters: NewDirectionsinGroundApplications. URL: <https://sciencefocus.com/ion-thrusters>
3. ElectrohydrodynamicFlowDevicesinModernEngineering. URL: <https://aerotechlab.net/electrohydrodynamics>
4. EmergingTerrestrialApplicationsofIonPropulsion. URL: <https://techscience.org/ion-terrestrial>
5. EnvironmentalBenefitsofIonAirflowSystems. URL: <https://cleantechjournal.com/ion-airflow>

УДК 621.311

А.З. Стасів, В.В. Миколишин, Е.Р. Приймачук, І.М. Сисак, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

НЕБЕЗПЕКА ПІДКЛЮЧЕННЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДО ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЧЕРЕЗ КАБЕЛЬ ТИПУ «ВИЛКА-ВИЛКА»

A. Stasiv, V. Mykolyshyn, E. Pryimachuk, I. Sysak, Ph.D.

DANGER OF CONNECTING CHARGING STATIONS TO THE ELECTRICAL GRID VIA A PLUG-PLUG CABLE

Підключення зарядних станцій до електричної мережі за допомогою кабелю з двома штекерами, тобто типу «вилка-вилка», іноді розглядається як спрощений спосіб живлення або тимчасового підключення. Проте така схема є потенційно небезпечною і суперечить чинним нормам електробезпеки.

Розглянемо конкретний приклад підключення (рис. 1).



Рисунок 1. Підключення зарядної станції (EcoFlow River 3 та EcoFlow Delta 2) до електричної мережі через кабель типу «вилка-вилка» з можливістю відключення вхідного автоматичного вимикача

Перед підключенням зарядної станції до електричної мережі квартири чи приватного будинку потрібно вимкнути вхідний автоматичний вимикач на розподільчому щитку, щоб переконатися, що основне джерело живлення повністю відключено. Далі один штекер кабелю живлення підключають в зарядку станцію, її вмикають, а інший штекер кабелю живлення підключають до електричної розетки в квартирі чи приватному будинку [1].

При цьому потрібно правильно зфазувати кабель – фаза в розетці має співпадати з фазою в зарядній станції. Небезпечним є те, що у випадку, коли розподільчий щиток знаходиться не в квартирі, а в загальному коридорі і є не замкненим, включити автоматичний вимикач може будь-яка людина, для прикладу сусід, який спутає Ваш і свій автоматичні вимикачі.

Після того, як відновлюється електропостачання, живлення на зарядній станції потрібно вимкнути, витягнути кабелі з обох розеток, а вхідний автоматичний вимикач на розподільчому щитку ввімкнути. Дуже важливо точно виконати ці кроки і ніколи не вмикати автоматичний вимикач, доки кабель живлення не буде повністю від'єднано. Невиконання цієї вимоги може призвести до серйозних наслідків [1].

Якщо автоматичний перемикач ввімкнено, коли зарядна станція через кабель живлення підключена до квартири чи приватного будинку, струм від мережі зіткнеться зі струмом від зарядної станції. Оскільки струм зарядної станції зазвичай слабший, це зіткнення може призвести до значних пошкоджень станції, її поломки і навіть займання, оскільки струм може перепалити плату станції. Це може спровокувати пожежу, яка становитиме вкрай серйозну небезпеку для вашої квартири чи приватного будинку [1].

Наведемо розширений аналіз можливих переваг та недоліків такого методу підключення.

Можна виділити наступні «умовні» переваги:

- Простота монтажу при експлуатації. Кабель типу «вилка-вилка» не потребує додаткових інженерних рішень, лише виконання мінімальних монтажних робіт. Для підключення достатньо мати дві стандартні розетки, що забезпечують легкість та швидкість розгортання схеми живлення.

- Мобільність та універсальність застосування. Такий тип з'єднання може здаватися зручним у польових або тимчасових умовах, де відсутня можливість встановлення стаціонарної зарядної станції або прокладання спеціальної лінії живлення. Його можна використовувати з різними побутовими джерелами електроенергії.
- Мінімальні фінансові витрати. Для виготовлення такого кабелю потрібен лише стандартний двожильний або трьохжильний провід з двома штекерами живлення. Це значно дешевше порівняно з установкою сертифікованих роз'ємів та засобів захисту.

Поряд із «умовними» перевагами існує ряд «критичних» недоліків:

- Підвищена небезпека ураження електричним струмом. Найсерйозніша проблема полягає у тому, що після підключення одного кінця кабелю до розетки, на контактах іншої вилки з'являється напруга 220 В, що створює загрозу ураження людини струмом при дотику. Це особливо небезпечно в умовах вологості або недостатньої ізоляції.
- Відсутність засобів електрозахисту. У більшості випадків використання такого кабелю обходить стандартні схеми електрозахисту (автоматичні вимикачі, пристрої захисного вимкнення – УЗО, реле напруги тощо). Це означає, що у разі короткого замикання або перевантаження система не працює належним чином, що може призвести до займання кабелю, опалення контактів або пошкодження зарядної станції.
- Порушення вимог нормативних документів. Згідно з [2, 3] та іншими стандартами, забороняється створювати електричні з'єднання, які можуть утворити потенційно небезпечні струмоведучі частини, доступні для дотику. Таким чином, використання кабелю «вилка-вилка» вважається грубим порушенням вимог безпеки.
- Проблеми з правильністю фазування та заземлення. При такому способі підключення неможливо гарантувати правильне підключення фази, нуля та провідника захисного заземлення. Відсутність заземлення або неправильна полярність може стати причиною пошкодження зарядного обладнання, яке підключається до станції. Одним словом, навіть якщо Ви вже вирішили підключити зарядну станцію таким чином, для цього спочатку потрібно зробити фазування, хоча і цього буде не достатньо для правильного підключення.
- Висока ймовірність короткого замикання. Якщо обидві сторони кабелю одночасно вставляються у розетки або якщо одна з них перебуває під навантаженням, можливе коротке замикання, яке призведе до аварійної ситуації або пожежі.
- Потенційні наслідки для обладнання і мережі. Використання несертифікованого кабелю може призвести до появи перенапруг, пробоя ізоляції, пошкодження розеток або контактів у мережі. У промислових умовах це здатне спричинити не лише вихід з ладу обладнання, а й відключення цілої лінії електроживлення.

Висновок. Підключення зарядних станцій через кабель типу «вилка-вилка» може здаватися простим і дешевим рішенням, однак воно не відповідає жодним вимогам електробезпеки, є потенційно небезпечним для життя та обладнання і категорично забороняється до використання в електроустановках будь-якого класу напруги.

Для забезпечення надійної та безпечної експлуатації зарядних станцій рекомендується:

- Використовувати сертифіковані роз'єми і кабелі;

- Підключати зарядні станції через окрему лінію з автоматичним вимикачем і УЗО;
- Забезпечити належне заземлення і контроль полярності;
- Дотримуватись вимог [2, 3] та інших нормативних документів.

Література

1. Чому не можна підключати зарядну станцію до квартири через розетку. 24 Канал. URL: https://24tv.ua/tech/chomu-pidklyuchati-zaryadnu-stantsiyu-pryamo-rozetku-kvartiri_n2595056 (дата звернення: 10.11.2025).
2. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. 6-те видання. Станом на 21.07.2017 р.
3. IEC 60364-7-722:2018. Low-voltage electrical installations - Part 7-722: Requirements for special installations or locations - Supplies for electric vehicles

УДК 621.3

Я.О. Філюк, к.т.н, доц, М.А. Ковтонюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Y.O. Filiuk, Ph.D, M.A. Kovtoniuk.

DIAGNOSTIC AND FAILURE PREDICTION SYSTEMS FOR ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS

Системи діагностики та прогнозування відмов асинхронних електродвигунів є важливим елементом сучасних промислових комплексів, оскільки забезпечують надійну та безперебійну роботу електроприводів, підвищують ефективність технологічних процесів і сприяють зниженню експлуатаційних витрат. Асинхронні електродвигуни широко застосовуються у промисловості, транспорті, енергетиці та комунальному господарстві, що зумовлює потребу у високоточних та оперативних системах контролю їхнього технічного стану.

Основу сучасних систем діагностики складає багатопараметричний моніторинг електромеханічних та теплових характеристик двигуна. До найважливіших діагностичних параметрів належать струми та напруги фаз, спектри вібрацій, температурні режими, акустичні сигнали, швидкість обертання й рівень механічного навантаження. Аналіз цих параметрів дозволяє отримати повну картину стану машини та виявити навіть незначні відхилення у роботі на ранніх стадіях їх прояву.

Серед традиційних методів діагностики найбільш поширеними є спектральний аналіз вібрацій, аналіз гармонічних складових струму (MCSA), вимірювання параметрів ізоляції, контроль теплових режимів за допомогою інфрачервоних камер, а також аналіз динаміки пускових характеристик. Ці методи дозволяють своєчасно виявляти характерні дефекти, такі як пошкодження підшипників, розбалансування ротора, зношення підшипникових вузлів, наявність міжвиткових замикань, дефекти «білячої клітки» ротора, перекося напруги та інші електромеханічні аномалії.

Окрему роль відіграють системи прогнозування відмов, які базуються на технологіях машинного навчання та штучного інтелекту. Моделі прогнозування аналізують великі обсяги даних, накопичених під час експлуатації, будуючи залежності між параметрами роботи й деградаційними процесами. Завдяки цьому стає можливим

оцінювання залишкового ресурсу двигуна, передбачення часу до настання критичного стану та оптимізація регламентів обслуговування. Перехід до концепції предиктивного обслуговування (Predictive Maintenance) дозволяє знизити ймовірність аварійних відмов, скоротити простій обладнання та мінімізувати фінансові втрати підприємства.

Сучасні діагностичні системи можуть функціонувати автономно або інтегруватися у складі автоматизованих систем управління технологічними процесами. Вони підтримують дистанційний моніторинг, віддалений аналіз даних, формування звітів та автоматичне сповіщення про небезпечні відхилення. Використання таких систем підвищує рівень цифровізації виробництва та забезпечує інтелектуальний контроль технічного стану обладнання.

Отже, системи діагностики та прогнозування відмов асинхронних електродвигунів є ключовими засобами підвищення надійності електроприводів, оптимізації технічного обслуговування та розвитку сучасних інтелектуальних виробничих технологій.

УДК 621.382

Р.І. Шинькар; Я.М. Осадца, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

R.I. Shynkar; Ya.M. Osadtsa, Ph.D., Assoc. Prof.

MODELS FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF LED LIGHTING SYSTEMS

Світлодіодні системи освітлення (LED-системи) в теперішній час є ключовими елементами в створенні світлового мікроклімату приміщень виробничих та адміністративних будівель, споруд різного призначення та зовнішнього навколишнього простору населених пунктів. Такі переваги світлодіодів, як вища енергоефективність, довговічність та екологічність дозволяє застосовувати їх в системах освітлення практично будь-якого призначення. Проте, фактичний ресурс їх роботи суттєво залежить від комплексної взаємодії електричних, теплових та оптичних процесів, а також від умов експлуатації. Тому оцінка надійності LED-систем є важливою науково-прикладною задачею, що дозволяє прогнозувати деградаційні процеси та забезпечувати необхідний рівень працездатності протягом заданого терміну служби.

Основним чинником деградації світлодіодів є перевищення допустимих температур р-п переходу, що прискорює хімічні процеси в активній області та люмінофорному шарі. Теплова нестабільність призводить до зменшення світлового потоку, зміни спектральних характеристик, збільшення прямої напруги та прискореного старіння контактних з'єднань. Тому при оцінці надійності важливим є моделювання теплових режимів та визначення температурних полів у LED-модулях. Для прогнозування ресурсу широко застосовується модель Арреніуса, яка описує залежність швидкості деградації від температури. На її основі виконують екстраполяцію результатів випробувань за підвищених температур згідно стандартів LM-80 та TM-21. На основі цієї моделі визначають характеристики L70 та L90, які використовуються як стандартні критерії надійності LED-систем. Узагальнена формула для визначення часу до досягнення граничного рівня деградації має вигляд [3]:

$$\Phi(t) = \Phi_0 \cdot e^{-\alpha \cdot t}$$

де $\Phi(t)$ – світловий потік у момент часу t ;

Φ_0 – початковий світловий потік,

α – деградаційний параметр, який визначається експериментально. –

Окрім температурних впливів, важливу роль відіграють струмові перевантаження, пульсації живлення, механічні навантаження та умови навколишнього середовища (вологість, пил, хімічно активні речовини). Сукупний вплив цих факторів може бути описаний у рамках багатофакторного підходу до оцінки надійності, де загальний показник надійності системи визначається як функція окремих незалежних і взаємозалежних параметрів.

З метою забезпечення стабільної роботи LED-систем доцільним є застосування комплексного підходу, що включає оптимізацію тепловідведення, використання драйверів зі зниженим рівнем пульсацій, підбір матеріалів з високою термостійкістю, моделювання довготривалих режимів та виконання прискорених випробувань. Такий підхід дозволяє підвищити прогнозовану довговічність LED-модулів і мінімізувати ризики відмов.

Висновок. Проведений аналіз показує, що оцінка надійності світлодіодних систем повинна базуватися на комплексному врахуванні температурних режимів, електричних навантажень та умов експлуатації. Застосування математичних моделей деградації, зокрема екстраполяційних методів за стандартами LM-80 та TM-21, дозволяє отримати достовірні прогнози.

Література

1. Narendran N., Gu Y. Life of LED-Based White Light Sources. *Journal of Display Technology*, 2005, vol. 1, no. 1, pp. 167–171.
2. Tsao J. Y., Saunders H. D., Creighton J. R. et al. Solid-State Lighting: An Energy-Economics Perspective. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2010, vol. 43, 354001.
3. Mills K., Narendran N. Long-Term Lumen Maintenance of White LEDs. *Lighting Research & Technology*, 2012, vol. 44, no. 2, pp. 223–232.
4. LM-80-15. Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources. Illuminating Engineering Society (IES), 2015.
5. TM-21-19. Projecting Long-Term Lumen Maintenance of LED Light Sources. Illuminating Engineering Society (IES), 2019.
6. Hevko R., Dovbush T., Khomyk N. Analysis of Thermal Processes in LED Modules. *Scientific Journal of TNTU*, 2020, no. 2, pp. 45–52.
7. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Бабій А. В. Дослідження теплових режимів світлодіодних модулів. *Вісник ТНТУ*, 2021, №3, с. 72–79.

УДК 621.43

О.С. Яцків - студент групи. TR-102

Науковий керівник Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ “Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного університету імені Івана Пулюя”.)

ГІБРИДНІ І МЕРЕЖЕВІ СТАНЦІЇ ДЛЯ ПОБУТУ

O.S. Yatskiv - student of TR-102 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M. , teacher-methologist

HYBRID AND NETWORK STATIONS FOR HOUSEHOLD USE

В даний час тема сонячних станцій стала доволі популярною, оскільки перебої зі світлом внаслідок атак російськими ракетами стали чимось звичайним. Існує 2 основних типи сонячних станцій: мережеві і гібридні.

Основною задачею мережевих сонячних станцій є продаж сонячної енергетики в мережу, оскільки на відміну від гібридних працює лише в той час коли є сонце.

А ось гібридні сонячні станції найчастіше використовують для того, щоб не було перебоїв зі світлом, тому що такий тип СЕС оснащений акумулятивними установками, які запасують лишню енергію в акумулятори і вже коли немає сонця віддають цю енергію. Такі станції дуже часто використовують в поєднанні з вітровими станціями для кращої стабільності установки

Дуже багато людей в наш час роздумує над установкою сонячних станцій, тому я хочу розповісти яка станція підходить саме для вас.

Якщо потрібна повна автономність і незалежність від загальної мережі, а не великий заробіток, то звісно потрібна гібридна сонячна станція, завдяки акумуляторам, сонячна енергія буде навіть в темний час доби, але якщо розглядати СЕС як заробіток і пасивний дохід то мережева сонячна станція підійде набагато краще.

Звісно треба розуміти що СЕС має не тільки плюси, а й недоліки. Недоліком автономної СЕС є ціна, тому що гібридний інвертор і акумулятивна установка коштує біля половини всієї станції, тому автономність потребує жертв.

А ось головним недоліком мережевої станції - це те що така станція ніяк не допоможе при виключенні світла, бо щоб станція працювала треба сонце, але така СЕС є набагато дешевшою.

Підсумовуючи, можна сказати, що і мережева, і гібридна сонячна станція мають свої сильні сторони, і вибір між ними залежить насамперед не від моди чи популярності, а від ваших реальних потреб.

Мережева система — це крок до економії та раціонального використання ресурсів, тоді як гібридна — це інвестиція у власну незалежність, спокій і стабільність.

Сонячна енергетика вже давно перестала бути просто дорогою забаганкою ентузіастів — сьогодні це розумний та далекоглядний вибір, який з кожним роком стає доступнішим. І хоч окупність системи — важливий показник, іноді варто оцінювати не лише гроші, а й комфорт, впевненість у завтрашньому дні та контроль над власною енергією. Тому, незалежно від того, який тип станції ви оберете, головне — ви вже робите крок у майбутнє, де енергія Сонця працює на вас. Це рішення не просто знижує рахунки за електроенергію — воно формує ваш власний енергетичний простір, незалежний від зовнішніх умов і обставин.

Сонце світить для всіх — і той, хто зумів його «приручити», завжди буде на крок попереду.

Література

1. Сонячна енергетика переваги та перспективи URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B0%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F>
2. Мережева сонячна станція URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B0%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F>
3. Гібридна сонячна станція URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B0%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F>
4. Недоліки використання сонячних електростанцій URL: <https://galychyna.if.ua/analytic/perevagi-ta-nedoliki-sonyachnih-elektrostantsiy-ses-v-ukrayini/>

УДК 681.5

Н.І. Теслюк, ст.гр. КТм-61, А.Д. Головка, аспірант, І.В. Чихіра, канд.техн.наук, доц.

(Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя)

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА SIMENS

N.I. Teslyuk st.gr.KTm-61, A.D. Holovko, postgraduate, I.V. Chykhira Ph.D., Assoc. Prof.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED WASTEWATER PRETREATMENT PROCESS CONTROL SYSTEM BASED ON THE SIEMENS CONTROLLER

Метою даної роботи є розроблення автоматизованої системи (АС) управління процесом попереднього очищення стічних вод на виробництві для підвищення ефективності та надійності роботи очисної установки, використовуючи засоби моніторингу на основі контролера Simens .

Впровадження АС управління дозволяє значно оптимізувати технологічний процес, що дає можливість підвищити надійність роботи станції, знижуючи витрати реагентів, покращуючи ефективність очищення води та забезпечуючи зменшення собівартості обробленої води. Основне завдання АС полягає у виконанні алгоритмів автоматизованого управління технологічним процесом: прийом сигналів вимірювань, обчислення регулюючого впливу та видача команд на виконавчі механізми. Для реалізації цих функцій застосовується програмований логічний контролер (ПЛК) Simens SIMATIC S7-1200. Обмін даними може здійснюватися як через два комунікаційних модулі з послідовними інтерфейсами RS232 або RS485, так і через чотирьохпортовий Ethernet-комутатор CSM 1277, що дозволяє створювати складні мережеві структури (рис.1).



Рисунок 1. Структурна схема управління технологічним процесом.

До центрального процесора (CPU) контролера S7-1200 підключаємо комунікаційні модулі (CM), сигнальні модулі (SM) та сигнальні плати (SB) для дискретних і аналогових сигналів. Разом із ними застосовуються 4-канальний комутатор Industrial Ethernet (CSM 1277) та модуль блоку живлення (PM 1207). Використано середовище для прикладного програмного забезпечення TIA Portal, що надає широкий спектр функцій та забезпечує інтеграцію автоматизації та цифровізації процесів у максимально ефективний та легко контрольований спосіб. Програма візуалізації відображає: стан усіх механізмів, покази датчиків для кожного резервуара, містить кнопки для виклику меню, переходу в ручний режим та зупинки процесу (рис.2).

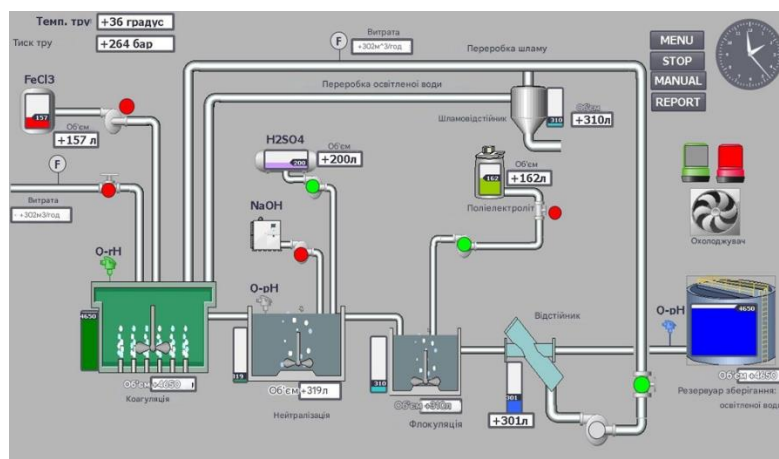


Рисунок 2. SCADA - система керування технологічним процесом.

Отже, застосування контролера Siemens S7-1200 у процесі попереднього очищення стічних вод забезпечує надійний моніторинг усіх технологічних параметрів і дає змогу створити зручний інтерфейс для контролю перебігу процесу за допомогою обраної SCADA-системи.

Література

1. Романов І. В. Програмне забезпечення для промислової автоматизації. Київ : Ліра-К, 2020.- 224 с.
2. Глушаков С. О. Контролери Siemens S7: програмування та конфігурування. Харків : Основа, 2017. -246 с.
3. Куцик А.С. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах. Навчальний посібник / Куцик А.С., Місюренко В.О. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. - 200 с.

СЕКЦІЯ 7
ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ БІО- ТА
НАНОТЕХНОЛОГІЙ

УДК 637

В.І. Кравець, М.А. Стадницький, О.І. Кравець, к.т.н., доц., М.М. Шинкарик, к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КОНСТРУКЦІЯ ШНЕКОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЙНОЇ СУШАРКИ

V.I. Kravets, M.A. Stadnytskyi, O.I. Kravets, Ph.D., Assoc. Prof., M.M. Shynkaryk, Ph.D., Assoc. Prof.

DESIGN OF A SCREW FILTRATION DRYER

Рівномірне фільтрування сушильного агенту через шар дисперсного матеріалу є ключовою умовою ефективності фільтраційного сушіння, оскільки забезпечує однорідний розподіл тепло-масообмінних потоків у всьому об'ємі продукту. Завдяки цьому запобігається виникнення локальних зон пересушування або недосушування та стабілізується дифузійний рух вологи всередині частинок.

Розроблено конструкцію фільтраційної сушарки (рис.). У даній сушарці вологий матеріал крізь патрубок 2 надходить у перфорований корпус 1, перемішується та транспортується за допомогою шнека 7. Сушильний агент подається через патрубок 4 у порожнину валу 8, звідки крізь перфорацію поступає в заповнений матеріалом корпус. У результаті різниці тисків у корпусі 1 та камері розрідження 6 відбувається фільтрування сушильного агенту крізь вологий матеріал і перфоровану поверхню барабана. Відпрацьований сушильний агент виводиться із камери розрідження 6 крізь патрубок 5. Висушений матеріал відводиться із установки через патрубок 3.

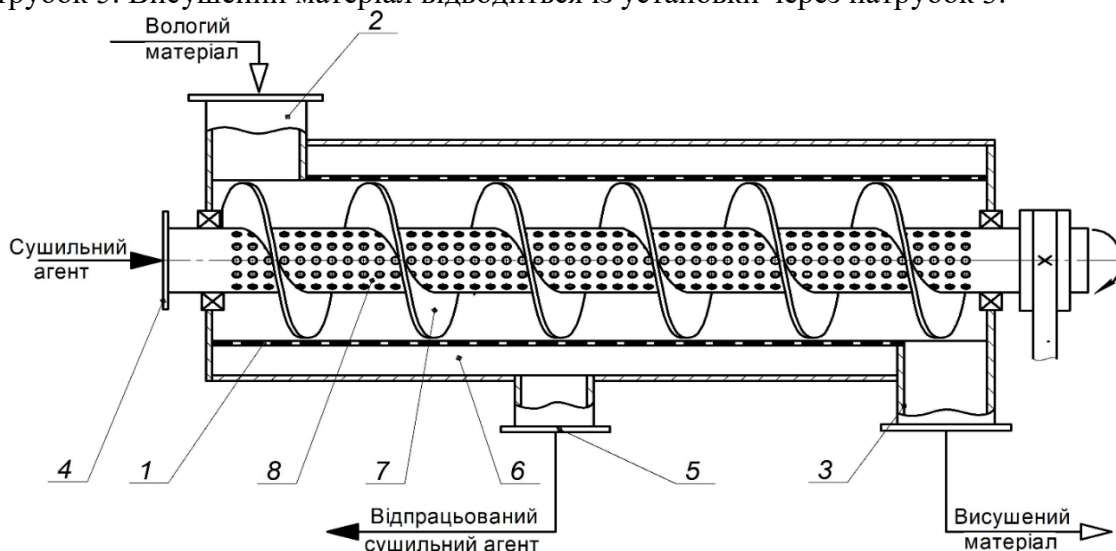


Рисунок 1. Шнекова фільтраційна сушарка

1-корпус; 2, 3-патрубки для подачі та відведення матеріалу; 4, 5-патрубки для подачі та відведення сушильного агенту; 6-камера розрідження; 7-шнек; 8-пустотілий вал шнека;

Виконання валу шнека пустотілим та перфорованим дозволяє використовувати його в якості каналу для подачі сушильного агенту в корпус. При цьому подача

сушильного агенту буде рівномірною по довжині корпусу. Поєднання циліндричної камери розрідження із повністю перфорованою поверхнею барабану забезпечує рівномірний процес фільтрування сушильного агенту крізь матеріал. Це сприяє підтриманню сталого аеродинамічного опору шару, що підвищує керованість процесу, зменшує енерговитрати та забезпечує отримання продукту з однорідною вологістю і збереженими структурними властивостями.

УДК 663.12

В.С. Несваволя

(Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна)

БІОГЕНЕЗ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК ДРІЖДЖАМИ

V.S. Nesvavolia

BIOGENESIS OF AROMATIC COMPOUNDS BY YEAST

Ароматична характеристика харчових продуктів — один із ключових чинників, який впливає на їх якість, прийняття споживачем та конкурентоспроможність на ринку [1]. За останні роки технології біоферментації набувають великої ваги як інструмент формування смако-ароматичних властивостей, зокрема через використання дріжджів-продуцентів летких сполук [2]. У цьому контексті «ароматичні дріжджі» визначаються як група мікроорганізмів, здатних за умов бродіння продукувати ефіри, спирти, терпени та інші ароматичні метаболіти, що суттєво впливають на ароматичний профіль харчових та напійних систем.

Дріжджі, які мають значний біотехнологічний потенціал, широко застосовуються у виробництві вина, соєвого соусу, ферментованих напоїв та інших продуктів, де аромат — це не просто супутня ознака, а конкурентна перевага [3]. Разом із тим, успішне використання ароматичних дріжджів потребує розуміння їх походження, фізіологічних характеристик (толерантність до алкоголю, кислот, солей) та механізмів утворення ароматичних сполук (наприклад, ефірифікація, Ерліх-шлях, деглікозилювання) [5]. Отже, для подальшого розвитку харчової біотехнології важливо здійснити систематичний огляд цих аспектів з акцентом на можливості практичного застосування у виробництві харчових ароматів.

Ароматичні дріжджі походять з широкого спектра природних екосистем, у яких наявність доступних джерел вуглеводів та рослинних субстратів створює сприятливі умови для їх розвитку [4]. Найчастіше вони виділяються з поверхні фруктів, ягід, квітів, рослинних нектарів, а також із ґрунтів, збагачених органічними сполуками. Значна частина таких дріжджів зустрічається в середовищах, пов'язаних із природним або технологічним бродінням: виноградних мезгах, какаових ферментаційних масах, традиційних ферментованих соєвих продуктах, а також у напівспонтанних ферментаціях фруктових напоїв. Саме ці екологічні ніші сприяють формуванню дріжджових популяцій із підвищеною ароматичною активністю, оскільки містять прекурсори летких сполук — цукри, органічні кислоти, амінокислоти й вторинні метаболіти рослин. Відомо, що дріжджі родів *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Hanseniaspora* та *Yarrowia* характеризуються найбільшою різноманітністю ферментів, здатних до утворення складних ефірів, вищих спиртів та терпенових компонентів [3].

Фізіологічні властивості ароматичних дріжджів тісно пов'язані з умовами їхнього росту та бродіння, що визначає інтенсивність утворення летких метаболітів. Ароматичні дріжджі характеризуються здатністю до росту у середовищах з високою

концентрацією цукрів, змінним рівнем кислотності та підвищеною температурою, що робить їх придатними для різних видів ферментованих продуктів [6]. За наявними даними, багато штамів демонструють толерантність до етанолу, солей та органічних кислот, завдяки чому зберігають ароматизувальну активність навіть за стресових умов ферментації. Важливу роль відіграють активність алкоголь-ацилтрансфераз, дегідрогеназ, ліпаз та глікозидаз, які каталізують синтез складних ефірів, вищих спиртів та терпенових компонентів [5]. Фізіологічна здатність дріжджів регулювати експресію відповідних ферментів у відповідь на склад середовища визначає специфічність утворюваних ароматичних профілів. Саме тому такі дріжджі широко застосовуються для корекції смако-ароматичних характеристик харчових продуктів.

Біосинтез ароматичних метаболітів у дріжджів ґрунтується на кількох ключових ферментативних шляхах. Найбільш вивченим є Ерліх-шлях, у межах якого амінокислоти перетворюються на вищі спирти — попередники комплексних ефірів, що забезпечують фруктові та квіткові ноти [6]. Цей процес включає трансамінування, декарбоксилювання та відновлення альдегідів до спиртів. Іншим важливим механізмом є β -окиснення жирних кислот, яке сприяє утворенню γ - та δ -лактонів, характерних для молочних, персикових та кокосових ароматів [5]. Частина дріжджів здатна синтезувати терпеноїдні сполуки завдяки активності мевалонатного шляху, що додає цитрусові або квіткові ноти. Крім того, ферменти глікозидазного комплексу можуть вивільняти ароматичні аглікони з глікозидів рослинного походження, активуючи прихований ароматичний потенціал сировини.

Ароматичні дріжджі займають важливе місце у сучасних харчових технологіях, оскільки здатні природним шляхом покращувати смако-ароматичні властивості ферментованих продуктів [2]. Завдяки активності ферментів, що беруть участь в утворенні вищих спиртів, ефірів, органічних кислот та терпенових сполук, такі дріжджі формують виразний сенсорний профіль напоїв і харчових систем. Окремі штами здатні не лише утворювати леткі сполуки, але й посилювати наявні аромати рослинної сировини шляхом вивільнення прихованих ароматичних агліконів. Завдяки цьому ароматичні дріжджі розглядаються як перспективний інструмент для створення інноваційних ферментованих продуктів, збагачених природними смако-ароматичними компонентами [5].

Отже ароматичні дріжджі відіграють важливу роль у формуванні смако-ароматичного профілю ферментованих продуктів завдяки здатності синтезувати широкий спектр летких метаболітів. Їхня активність визначається видовими особливостями, фізіологічною толерантністю та доступністю попередників ароматичних сполук у середовищі. Залучення таких дріжджів у харчові технології дозволяє створювати продукти з виразними природними ароматами та розширювати асортимент ферментованих напоїв і продуктів рослинного чи тваринного походження.

Література

1. Fleet G. H. Yeasts in foods and beverages: impact on product quality and safety. *Current Opinion in Biotechnology*. 2007. Vol. 18, no. 2. P. 170–175.
2. Pretorius I. S. Modulating aroma and flavour through yeast fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019. Vol. 103, no. 1. P. 27–41.
3. Ciani M., Capece A. Non-Saccharomyces yeasts in winemaking: technological and sensory aspects. *Fermentation*. 2018. Vol. 4, no. 3. P. 62–74.
4. Morales P., Rojas V., Quirós M. Biodiversity and ecological role of yeasts on fruit and plant surfaces. *International Journal of Food Microbiology*. 2020. Vol. 317. P. 108–118.

5. Snoek T., Steensels J., Verstrepen K. J. Yeast diversity and the metabolic basis for aroma formation in fermented foods. *Current Opinion in Food Science*. 2021. Vol. 37. P. 16–24.
6. Saerens S. M., Verstrepen K. J., Van Dijck P. Formation of flavour esters in yeast: role of alcohol acetyltransferases. *Applied and Environmental Microbiology*. 2010. Vol. 76, no. 2. P. 511–522

УДК 637

Р.В.Паперняк, М.М.Шинкарик, О.І. Кравець к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СУЧАСНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

R.V.Paperniak, M.M Shynkaryk, Ph.D., Assoc. Prof., O.I. Kravets, Ph.D., Assoc. Prof.
MODERN CURD CHEESE PRODUCTION LINES: CHALLENGES AND PERSPECTIVES

Сучасні лінії виробництва сиру кисломолочного забезпечують проведення технологічного процесу в закритому потоці та механізацію всіх технологічних операцій, що дозволяє вирішити дві задачі сталого розвитку – забезпечення належного рівня санітарії та зменшення впливу людського фактору [1].

Збільшення енергетичних витрат є очевидними для високопродуктивних механізованих ліній, проте в даному випадку воно не є визначальним з точки зору сталого розвитку. Значну економію енерговитрат в даних лініях одержують за рахунок нагрівання молока, а в подальшому сирного згустку, в закритих ємкостях. Проте суттєвою проблемою з точки зору сталого розвитку є забезпечення повного перероблення і утилізації сироватки.

Об'єми сироватки при виготовленні сиру кисломолочного досить значні – так при виробництві 1 тони продукту одержується до 9 тонн сироватки. У загальному різних видів сироватки (підсирна, казеїнова, кисло-молочна) в Україні щороку виробляється понад 3 млн. тонн. Не дивлячись на те, що сироватка містить ряд цінних компонентів, в Україні переробляється до 30% сироватки, що пов'язано з малою концентрацією виробництва та необхідними значними капіталовкладеннями у новітні технології. Інша частина сироватки зливається в каналізацію і створює значне навантаження на екосистему.

Якщо кількісний склад сироватки (жир, білок, лактоза) пов'язаний з видом основного продукту, то вміст у сироватці дрібних частинок білку (білкової пилюки), що утворюються в результаті механічного впливу, визначається роботою кожного обладнання лінії. Водночас промислове перероблення сироватки передбачає її попереднє очищення від білкової пилюки.

Метою роботи було дослідити вплив механічної обробки сиру кисломолочного на екологічну складову сталого розвитку.

На першому етапі досліджень були вибрані основні апарати де відбувається механічна дія на сир кисломолочний. Такими апаратами були: вертикальний 10 тонний сировиготовлювач, кулачковий насос, трубчастий охолоджувач, стрічковий відділювач сироватки.

Були розроблені методики досліджень: відбору проб, визначення вмісту та гранулометричного складу білкової пилюки.

В результаті проведених досліджень було встановлено гранулометричний склад білкової пилюки після кожного апарату та вплив механічного оброблення сиру

кисломолочного на кожному апараті на загальну кількість білкової пилки в сироватці. Так транспортування сироватки із сировиготовлювача в охолоджувач кулачковим насосом призводить до утворення 60% білкової пилуки із загальної маси.

Аналіз гранулометричного складу дозволив зробити висновок, що оптимальним є двостадійний процес відділення білкової пилуки.

Література

1. Паперняк Р.В. Комплексний підхід до оцінки машинно-апаратного забезпечення виробництва сиру кисломолочного/ Р.В. Паперняк, М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, Б.Я. Лукіяничук // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. №.5, 2024. С. 214-224

УДК 637

М.А. Стадницький, В.І. Кравець, І.А. Савич, О.І. Кравець к.т.н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУШІННЯ

М.А. Stadnytskyi, V.I. Kravets, I.A. Savych, O.I. Kravets, Ph.D., Assoc. Prof.
MODERN TRENDS IN IMPROVING THE EFFICIENCY OF DRYING PROCESSES

Для харчової промисловості залишається актуальним завдання підвищення ефективності сушильних процесів. У харчовій промисловості застосовуються конвективні, контактні, терморадіаційні, діелектричні, акустичні та сублімаційні методи сушіння, серед яких найпоширенішим залишається конвективний.

Разом із тим розвиток технологій створює передумови для переходу від традиційної конвекції до комбінованих методів, що забезпечують підвищення продуктивності сушильних установок та скорочення енерговитрат. Перспективним є поєднання конвективного сушіння з дією електромагнітного випромінювання.

На даний час широко досліджено використання НВЧ-полів для інтенсифікації процесів сушіння. Проте застосування електромагнітних полів має певні обмеження, пов'язані з необхідністю забезпечення безпеки персоналу і ймовірним негативним впливом на якість продукту. Крім зазначених напрямів, у літературі розглядаються й інші способи інтенсифікації сушіння, зокрема використання перегрітої пари, підвищення турбулентності потоку, застосування двофазних сушильних агентів, механічних коливань і вібрації, ультразвуку, електрокінетичних явищ, синергетичних ефектів і багатоступінчастих режимів сушіння.

Одним із підходів до підвищення інтенсивності процесу є збільшення площі контакту між матеріалом і сушильним агентом, що може реалізовуватися, наприклад, за умови проходження теплоносія крізь шар матеріалу, як це спостерігається під час фільтраційного сушіння. Разом із тим традиційні методи збільшення площі поверхні контакту обмежуються розмірами дисперсних частинок, оскільки сумарна поверхня не може перевищувати їхню геометричну площу. Тому перспективним вважається напрям, спрямований на штучне збільшення площі контакту фаз (матеріалу та сушильного агента) для інтенсифікації тепломасообмінних процесів. Таке збільшення досягається, зокрема, за умов компресійно-фільтраційного сушіння [1, 2], що ґрунтується на пружно-пластичних властивостях пористих харчових мас. Під дією механічного навантаження частинки матеріалу деформуються, що супроводжується зменшенням пористості, а після зняття навантаження частково відновлюють форму, збільшуючи об'єм пор [3]. Унаслідок цього під

час релаксації пори заповнюються сушильним агентом, що забезпечує підвищення інтенсивності процесу сушіння.

Література

1. Кравець О.І., Шинкарик М.М. Компресійно-фільтраційне сушіння пружно-пластичних харчових мас. Збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток технічних наук: проблеми та рішення», м. Брно (Чеська Республіка), 2018. С. 56-59.
2. Кравець О.І. Особливості фільтраційно-компресійного сушіння харчових мас / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик // матеріали Міжн. наук.-техн. конф. «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», 14-15 трав. 2020 р. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 223.
3. Кравець О.І. Дослідження компресійно-фільтраційних властивостей казеїну-сирцю / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик, В.І. Кравець, М.А. Стадницький // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. №.4, 2024. С. 227-237

УДК 637.247

С.І. Сторож; В.Г. Юкало, д-р біол. наук, проф.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕЛЕКТРОФОРЕЗ БІЛКІВ МАСЛЯНКИ

S. Storozh; V. Yukalo, Dr., Prof.

ELECTROPHORESIS OF BUTTERMILK PROTEINS

Маслянка є цінною вторинною молочною сировиною, яка у великих кількостях утворюється при виробництві масла. Відомо, що маслянка містить понад 99 % білків, майже 100 % лактози і мінеральних сполук молока. Тільки жири в маслянці становлять лише приблизно 14 % від всіх жирів молока [1]. Важливим є те, що розподіл білкових фракцій у маслянці відрізняється від молока. Враховуючи це, при переробці маслянки в харчові продукти актуальним питанням залишається контроль за складом і перетворенням її білкових фракцій. Для цього недостатньо визначати лише вміст загального білка, розраховуючи його за кількістю нітрогену або колориметричними чи спектрофотометричними методами.

Для визначення фракційного складу білків, зокрема білків молока, використовують методи сучасної аналітичної біохімії. Це, насамперед, різні види хроматографії: іонообмінна хроматографія, гель-фільтрація, високоефективна рідинна хроматографія, електрофорез в поліакриламідному гелі, а також мас-спектрометрія [2].

В лабораторії біохімії ТНТУ імені Івана Пулюя нами було випробувано різні варіанти перелічених методів (окрім мас-спектрометрії і ВЕРХ) для аналізу білкового складу маслянки, яку отримували з ПрАТ «Тернопільський молокозавод».

На основі проведених досліджень було встановлено, що одностадійна гель-фільтрація під помірним тиском є недостатньо чутливою і дозволяє отримати піки, що включають три і більше фракцій. Трохи чутливішою є іонообмінна хроматографія, але теж багато фракцій суміщаються. Окрім цього ці методи довготривалі і не дозволяють аналізувати одночасно декілька зрізів. Це ускладнює їх застосування для серійних досліджень.

Кращі результати були отримані при використанні електрофорезу в поліакриламідному гелі. Для аналізів була використана система, яку рекомендує

комітет по номенклатурі і методології білків молока американської асоціації молочних наук [3]. Для уточнення даних щодо казеїнових фракцій, а також нативного стану основних білків сироватки молока додатково було використано методики електрофорезу з сечовиною і електрофорезу в нативних умовах [4]. Таке поєднання дозволяє отримати об'єктивні дані про склад і перетворення білкових фракцій маслянки при її переробці.

Література

1. Цісарик, О. Й., Михайлицька, О. Р., Сливка, Н. Б., Турчин, І. М. (2014). Технологія молочних продуктів з вторинної сировини. Львів : Ліга-Прес, 350.
2. Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., O'Mahony, J. A. (2015). Dairy Chemistry and Biochemistry (Second Edition). New York : Springer, 585.
3. Farrell, H. M., Jimenez-Flores, R., Bleck, G. T., Brown, E. M., Butler, J. E., Creamer, L. K. et al. (2004). Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk Sixth Revision. Journal of Dairy Science, 87 (6), 1641–1674.
4. Yukalo, V., Datsyshyn, K., Krupa, O., Storozh, L. (2024). Adaptation of Stadler's apparatus for electrophoresis of main milk proteins. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/11(127), 73-80.

СЕКЦІЯ 8

ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

UDC 004.9:640.4

O.I. Boretska, L.B. Moroz

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

BEYOND THE KEY CARD: HOW TECHNOLOGY IS TRANSFORMING THE GUEST EXPERIENCE

The hospitality industry is experiencing a significant technological transformation due to innovations in technology [2]. The integration of innovative technologies is altering the ways in which hotels function, communicate with guests, and provide services. Innovations are no longer merely a trend but have become a critical necessity for the survival and growth of businesses today [1, 4].

Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) are significantly reshaping the modern hospitality sector. Their application extends far beyond basic conversational interfaces like customer service chatbots. AI and ML are playing a crucial role in core business functions. Modern applications of AI are now centered on predictive analytics for enhanced demand forecasting and the creation of hyper-personalized guest experiences [2].

By automating repetitive tasks and managing common guest inquiries, AI tools improve operational efficiency. This enables personnel to redirect their efforts toward delivering bespoke, high-touch service, thereby elevating overall guest contentment [6]. As the integration of AI continues to deepen across the sector, experts anticipate that even small-scale hospitality enterprises will be empowered to offer highly effective, tailored services and targeted marketing campaigns [2].

The Internet of Things (IoT) is converting conventional hotel rooms into smart spaces. Using their personal electronic devices such as mobile phones, tablets or laptops, guests can easily control room features like lighting, temperature, entertainment, and even curtains. The application of the IoT further extends to voice-activated assistants and digital key cards. Such automation not only promotes a highly customized and interactive guest stay but also enables management to track and optimize room systems with greater efficiency [6].

The hotel sector is increasingly adopting contactless experiences, relying on technology to virtually remove face-to-face interactions between visitors and employees. Innovations previously considered improbable have now become standard practice: mobile devices now allow guests to manage almost every aspect of their stay – from booking and paying for rooms to scheduling spa appointments. The advantages of contactless solutions include enhanced operational efficiency, minimization of waste (e.g., plastic and paper), reduced energy consumption, and instant service access [3].

Virtual Reality (VR) tours and Augmented Reality (AR) experiences are essential marketing instruments within the hospitality sector, enabling guests to gain an immersive pre-arrival experience [2]. VR technology allows potential customers to take virtual tours of the hotel facilities remotely. The hotel's immersive tour is a key factor in the decision-making process of potential customers to book, as it highlights the hotel's services and improves the overall perception of the hotel through more appealing and interactive marketing.

Conversely, AR facilitates access to interactive information layers regarding hotel amenities directly through personal mobile devices, thereby enhancing the guest experience. Not only does this technology upgrade the customer's stay by being informative and

entertaining, but it also equips hotels with an alternative method to communicate effectively and secure customer loyalty [5].

Data analytics is fundamentally reshaping the hospitality industry allowing businesses to collect, analyze, and use a wealth of data to streamline operations (such as booking systems) and ultimately boost growth and profitability. Data are gathered from diverse services, which typically include reservation systems, point-of-sale systems, and customer feedback platforms. The collected data are subsequently processed and interpreted, typically through advanced accounting software or by the finance accountant.

In the hospitality industry, data analysis tools are used to assess performance and make decisions. The goal is threefold: boosting income, lowering expenses, and enhancing guest satisfaction. The application of analytics is crucial for hospitality businesses due to three key strategic advantages:

- Personalization: By analyzing guest data, including past preferences, purchase history, and behavioral patterns, businesses can proactively tailor service offerings, amenities, and communications. This precise targeting improves the perceived quality of the guest experience.
- Cost control: The comprehension of operational data facilitates the optimization of costs, including energy use, labor, and supplies.
- Forecasting. Reliable predictive analytics enable businesses to anticipate demand, optimize staffing levels and implement highly effective, real-time pricing and revenue strategies [7].

The hospitality industry can gain major advantages by adopting technologies that promote sustainability. With tools that track resource use, analyze data, and involve guests, hotels can reduce both their environmental footprint and operational costs. The introduction of such technologies also meets the expectations of eco-conscious travelers, thereby helping to strengthen their trust. Therefore, applying sustainable practices is vital for improving efficiency, conserving resources, and fostering enduring guest loyalty [4].

Technological innovations in the hospitality industry are pioneering new opportunities, leading to enhanced service quality, improved operational efficiency, and significant cost optimization. Contemporary global trends – including automation, AI, the IoT, VR/AR, mobile solutions, and sustainability projects – empower businesses to rapidly adjust to market shifts, meet the sophisticated demands of modern clients, and sustain international competitiveness [1, 6]. The implementation of transformational technologies [2] today is crucial for ensuring business success in 2025 and beyond.

References

1. Alla Domyshche-Medyanyk, Stefan Talapa, Lesia Kahanets-Havrylko, Lyudmila Chobal, Korneliia Simekh, 2025. Innovative Technologies in the Hotel and Restaurant Business: Global Trends and the Ukrainian Context in the Time of War. Social Development: Economic and Legal Issues, №3 (2025), 1-10. DOI: <https://www.eu-scientists.com/index.php/sdel/article/view/133>
2. EHL Insights. Key Hospitality Technology Trends to Watch in 2025. Available at: URL: <https://hospitalityinsights.ehl.edu/technology-trends-hospitality-industry>
3. Helloshift. Everything You Need to Know About Contactless Hospitality in 2025. Available at: URL: <https://www.helloshift.com/news/contactless-checkin-checkout-digital-keys-payments>
4. Hospitality Net. Technology and Sustainability in Hotels. Available at: URL: <https://www.hospitalitynet.org/news/4122419.html>
5. Imascono. The influence of Augmented Reality in hotels. Available at: URL: <https://imascono.com/en/augmented-reality-hotels/>

6. Mews. Jessica Freedman. 30 most important hotel technology trends in 2025. Available at: URL: <https://www.mews.com/en/blog/hotel-technology>

7. Paperchase. Analytics in the Hospitality Industry: Key Metrics to Monitor. Available at: URL: <https://www.paperchase.ac/hospitality-analytics/analytics-in-the-hospitality-industry/>

UDC 330.8:331.101.3

Autor: student Julia Mąkowska, J.M.

Opiekun naukowy: Doktor Jarosław Wedler, Polska

FRANCUSKA TEORIA WYDAJNOŚCI

Abstartk:

Artykuł prezentuje wyniki badań ewolucji francuskiej refleksji nad wydajnością i produktywnością – od fizjokratycznej koncepcji nadwyżki rolniczej, przez analizy A. Aftaliona, aż po ujęcie J. Fourastiégo, dla którego produktywność staje się miarą postępu cywilizacyjnego. Przedstawiono, w jaki sposób kolejne ujęcia – globalnej wydajności systemu, fizycznej produktywności marginalnej oraz produktywności w wartości – łączą techniczno-ekonomiczne rozumienie wydajności z teorią podziału dochodu i analizą poziomu życia. Zaproponowano robocze rozróżnienie terminów „wydajność” i „produktywność” w terminologii, wskazujące na ich odmienny zakres i zastosowanie w badaniach nad rozwojem gospodarczym. Artykuł prowadzi do wniosku metodologicznego, że produktywność może pełnić rolę rzetelnego wskaźnika postępu jedynie przy zachowaniu pomiaru i możliwości porównań międzyokresowych.

Słowa kluczowe: wydajność; produktywność; francuska myśl ekonomiczna; Aftalion; Fourastié

1. Historyczne i doktrynalne tło pojęcia wydajności

1.1. Fizjokraci a „produktywne” sektory gospodarki

W refleksji nad wydajnością jako miarą postępu cywilizacyjnego kluczową rolę odgrywa myśl fizjokratów, a zwłaszcza osoba François Quesnay, który jako pierwszy systematycznie określił, co w gospodarce jest rzeczywiście „produktywne”. Dla fizjokratów jedynym źródłem realnego przyrostu bogactwa był produkt natury, rozumiany jako nadwyżka, jaką gleba dostarcza po odjęciu kosztów jej uprawy. Quesnay podkreślał, że tylko produkt naturalny jest odnowieniem bogactwa, podczas gdy produkt pracy ludzkiej – „produkt sztuki” – jedynie przetwarza już istniejące dobra i nie zwiększa ich zasobu. Stąd stwierdzenie: „*il n'y a que le produit de la Nature qui soit revenu ou renouvellement de richesse*”¹ „Tylko produkt Natury stanowi dochód lub odnowienie bogactwa.” W tym ujęciu źródłem bogactwa i miernikiem rozwoju jest produkt netto, czyli czysta nadwyżka z rolnictwa, która określa ilość pracy, jaką społeczeństwo może skierować na działalności ponadpodstawowe. Quesnay explicite wskazuje: to właśnie produkt netto² „*Ce que mesure le produit net, c'est la quantité maxima de travail humain qu'une société peut affecter à la production des "richesses" au sens étroit*” „Produkt netto mierzy maksymalną ilość ludzkiej pracy, jaką społeczeństwo może przeznaczyć na wytwarzanie bogactw w sensie ścisłym.” Takie rozumienie bogactwa prowadzi fizjokratów do kluczowego rozróżnienia sektorów gospodarki. W tej perspektywie:

– sektor „produktywny” to przede wszystkim rolnictwo, ponieważ tylko ono wytwarza realną nadwyżkę ponad poniesione nakłady dzięki płodności ziemi;

¹ R. Grandamy, *La Physiocratie. Théorie générale du développement économique*, Mouton, Paris–La Haye 1973, str. 90

² *Ibidem*, str. 90.

– sektor „nieproduktywny” tworzą rzemiosło, handel i usługi, które wprowadzie przetwarzają dobra i umożliwiają ich wymianę, lecz same nie generują nadwyżki – konsumują jedynie to, co wcześniej wytworzyło rolnictwo.

Rolnictwo jest zatem – w terminologii współczesnej – sektorem o najwyższej wydajności, ponieważ tylko ono generuje zasób, który może zasilić dalszy rozwój społeczny i gospodarczy³. Fizjokraci *de facto* identyfikują wydajność z możliwością tworzenia nadwyżki, co staje się fundamentem późniejszych teorii wzrostu.

1.2. Dziedzictwo fizjokratów w późniejszej refleksji o produktywności

Myśl fizjokratyczna stworzyła pierwsze w historii ekonomii pojęciowe ramy pozwalające odróżnić działalności o większej lub mniejszej wydajności. Ich kluczowa intuicja – że rozwój społeczny zależy od tego, ile pracy społeczeństwo może „uwolnić” dzięki nadwyżce – była nowatorską próbą opisu mechanizmów postępu cywilizacyjnego.

Quesnay zauważa, że bogactwo narodu rośnie wraz z możliwością przeniesienia części pracowników z sektora podstawowego (produkcji żywności) do sektorów wtórnych i trzeciorzędnych⁴. Narody „bogate” to te, które zatrudniają stosunkowo niewielu rolników, a wiele osób w zawodach drugiego i trzeciego stopnia; narody ubogie – odwrotnie. Z tej zależności wynika, że wydajność rolnictwa determinuje ogólny potencjał rozwojowy społeczeństwa, a więc także jego postęp gospodarczy i cywilizacyjny.

To właśnie ta logika – hierarchii sektorów według ich zdolności do podnoszenia ogólnej wydajności pracy – stanowi fundament późniejszych analiz i w sposób bezpośredni prowadzi do XX-wiecznej teorii struktur gospodarki Jeana Fourastié. Choć ekonomista bada już inne realia, jego trójsektorowy model (rolnictwo–przemysł–usługi) powtarza intuicję fizjokratów: różne sektory mają różną zdolność zwiększania wydajności, a rozwój gospodarczy polega na przesunięciu zatrudnienia do sektorów o wyższej produktywności. W ten sposób fizjokraci zbudowali pierwszą doktrynę wydajności jako miary postępu gospodarczego, w której:

- wydajność = nadwyżka,
- nadwyżka = warunek rozwoju,
- rozwój = rosnący udział pracy poza rolnictwem.

To dziedzictwo stanowi fundament, na którego w tle rozwija się cała późniejsza refleksja nad wydajnością – aż po współczesne rozumienie jej jako centralnego miernika postępu ekonomicznego i cywilizacyjnego.

2. Ewolucja koncepcji wydajności w myśli ekonomicznej i zarządczej

2.1. Kluczowi francuscy myśliciele

Na gruncie francuskiej tradycji ekonomicznej i zarządczej problem wydajności oraz produktywności był rozwijany stopniowo – od fizjokratycznego rozróżnienia działalności „produktywnej” i „jałowej”, przez klasyczne ujęcia produktywności pracy, aż po złożone analizy efektywności inwestycji, alokacji zasobów i sposobów pomiaru. W myśli fizjokratów działalność produktywna oznaczała tę, która tworzy realną nadwyżkę (*produit net*) – przede wszystkim rolnictwo, dzięki naturalnej płodności ziemi. Z kolei działalność jałowa obejmowała rzemiosło, handel i usługi, które – choć niezbędne dla funkcjonowania gospodarki – nie pomnażają bogactwa, a jedynie przetwarzają lub konsumują nadwyżkę wytworzoną w rolnictwie. To pierwotne rozróżnienie stało się punktem wyjścia do późniejszych koncepcji produktywności, w których kolejni autorzy – już po odejściu od fizjokratycznych ograniczeń – osadzali wydajność w różnych kontekstach: sektora gospodarki, organizacji przedsiębiorstwa, systemu gospodarczego jako całości czy polityki publicznej.

³ *Ibidem*, str. 86-88.

⁴ *Ibidem*, str. 86-88.

Tabela 1 przedstawia wybrane koncepcje francuskiej myśli ekonomicznej i zarządczej, które w istotny sposób przyczyniły się do kształtowania współczesnego rozumienia wydajności i produktywności. Zestawienie pokazuje zarówno ewolucję czasową (od Quesnaya do autorów współczesnych), jak i zróżnicowanie perspektyw – od doktryny fizjokratycznej, przez ekonomię klasyczną i naukę o zarządzaniu, po analizy historyczno-instytucjonalne.

Tabela 1 Wybrani francuscy autorzy tworzący myśl na temat wydajności i produktywności

Autor	Okres	Główne idee dot. wydajności/produktywności	Typ podejścia
François Quesnay	XVIII w.	Tylko rolnictwo tworzy „produkt netto”; podział na działalność produktywną i „jałową”.	Doktryna ekonomiczna (fizjokratyzm)
Jean-Baptiste Say	XVIII/XIX w.	Celem jest uzyskanie większego produktu z tego samego wysiłku pracy; nacisk na wzrost produktywności.	Ekonomia klasyczna
Henri Fayol	XIX w.	Podział pracy i organizacja mają pozwolić „produkować więcej i lepiej przy tym samym wysiłku”.	Nauka o zarządzaniu
Albert Aftalion	Początek XX w.	Trzy różne pojęcia produktywności, powiązane z dochodami i ich podziałem.	Teoria ekonomii
Jean Fourastié	XX w.	Produktywność jako miara postępu technicznego; klucz do wzrostu poziomu życia i zmian struktury sektorowej.	Ekonomia, socjologia gospodarcza
Pierre Massé	XX w.	Efektywność i „produktywność” inwestycji kapitałowych; kryteria wyboru projektów.	Ekonomia stosowana, planowanie
Maurice Allais	XX w.	Maksymalna efektywność ekonomiczna i optymalne wykorzystanie zasobów.	Teoria ekonomii (równowaga, optimum)
Régis Boulat	XX/XXI w.	Historia pojęcia i pomiaru produktywności we Francji; instytucje i polityki „productivité”.	Historia gospodarcza, analiza instytucji

Źródło: opracowanie własne

Zestawienie w tabeli ukazuje wyraźną ciągłość tematyczną: intuicja Quesnaya, że tylko część działalności gospodarczej generuje nadwyżkę i umożliwia rozwój, zostaje rozwinięta u Say’a (wzrost produktu przy tym samym wysiłku pracy)⁵ i Fayola (wydajność jako efekt organizacji przedsiębiorstwa)⁶. Aftalion porządkuje samo pojęcie produktywności, Fourastié nadaje mu wymiar makrospołeczny, Massé⁷ i Allais⁸ analizują efektywność wykorzystania kapitału i zasobów⁹, zaś Boulat pokazuje, jak pojęcie i pomiar produktywności

⁵ J.-B. Say, *Traité d’économie politique*, wyd. 1803; por. wyd. elektroniczne Institut Coppet / UQÀM, 2006

⁶ H. Fayol, *Administration industrielle et générale*, Dunod, Paris 1917 (wyd. krytyczne: IHPM, 2016)

⁷ P. Massé, *Le choix des investissements : critères et méthodes*, Dunod, Paris 1959

⁸ M. Allais, *Économie et intérêt*, Imprimerie Nationale, Paris 1947

zostały zinstytucjonalizowane we Francji. Razem tworzą one spójną, choć zróżnicowaną koncepcję od nadwyżki w rolnictwie po złożone wskaźniki efektywności systemów gospodarczych – na tle której można umiejscowić zarówno analizy Fourastiégo, jak i współczesne dyskusje nad wydajnością.

2.2. Albert Aftalion i problem definicji produktywności

Albert Aftalion w artykule *Les trois notions de la productivité et les revenus* (1911) proponuje jedno z pierwszych systematycznych ujęć pojęcia „produktywności” w ekonomii neoklasycznej, próbując jednocześnie powiązać je z teorią dochodów (płac, renty i zysku z kapitału).¹⁰ Jego analiza pokazuje, że pod jedną nazwą *productivité* kryją się co najmniej trzy różne, choć powiązane ze sobą znaczenia, a każde z nich w innym stopniu nadaje się do opisu „wydajności” w sensie technicznym i w innym stopniu wiąże się z dochodem.

Znaczenie *productivité* u Aftaliona:

1. **Productivité globale** – produktywność globalna

Punktem wyjścia analizy wczesnej szkoły francuskiej jest koncepcja „produktywności globalnej”, rozumianej jako łączny wynik procesu produkcji wytworzony dzięki współdziałaniu wszystkich czynników — pracy, ziemi i kapitału — w określonym czasie. W tej perspektywie chodzi o ogólną ilość dóbr powstałych w wyniku funkcjonowania całego systemu produkcyjnego. Jest to znaczenie najbliższe inżynierskiemu, potocznemu rozumieniu wydajności jako relacji „produkty do zasobów” i stanowi kontekst wyjściowy dla dalszych analiz Aftaliona.

2. **Productivité physique spéciale (imputation en nature)** – fizyczna produktywność jednostki czynnika

Drugi poziom to tytułowy problem „imputacji w naturze”: jaka część produktu materialnego jest „imputowalna” określonej jednostce czynnika produkcji (jednemu robotnikowi, jednemu hektarowi ziemi, jednej maszynie). Autor korzysta tutaj z koncepcji **produktywności krańcowej**:

- rozpatruje **przyrost produktu** wynikający z dołączenia „ostatniej” jednostki czynnika przy niezminionej ilości pozostałych czynników;
- ta dodatkowa ilość dóbr jest **produktywnością fizyczną tej jednostki** (*productivité physique marginale*).

W licznych tabelach (np. relacja liczby robotników do plonu z 1 ha) pokazuje on, że produktywność krańcowa maleje wraz ze wzrostem liczby jednostek danego czynnika – co odpowiada **prawu malejących przychodów**.¹¹

Productivité économique ou en valeur (imputation en valeur) – produktywność w wartości

Trzecie znaczenie *productivité* wiąże się już bezpośrednio z dochodem pieniężnym. Aftalion przechodzi od wielkości fizycznych do wartości pieniężnych i definiuje **produktywność w wartości (productivité en valeur)** jako wartość produktu, którą można przypisać krańcowej jednostce czynnika.

Na tym poziomie *productivité* staje się kategorią łączącą pomiędzy **wydajnością a dochodem**: Badacz akcentuje, iż **wynagrodzenie czynników „dąży” do zrównania się z ich produktywnością marginalną w wartości** (dla pracy – z płacą, dla ziemi – z rentą gruntową, dla kapitału – ze stopą procentową).

Productivité a „wydajność” – propozycja roboczego rozróżnienia

Na tle powyższych rozważań francuskiego teoretyka wydajności, można zaproponować w niniejszym artykule następujące **rozróżnienie terminologiczne** między francuskim *productivité* a polskimi terminami „wydajność” i „produktywność”:

¹⁰ A. Aftalion, „Les trois notions de la productivité et les revenus”, „Revue d'économie politique” 1911, s. 145–184

¹¹ *Ibidem*, str. 165-169

1. „**Wydajność**” – pojęcie szersze, odnoszone do:
– *productivité globale* (ogólna wydajność systemu),
– *productivité physique spéciale* (wydajność fizyczna pojedynczej jednostki czynnika, mierzona w jednostkach naturalnych).

W tym sensie „wydajność” opisuje **relację ilościową** między nakładami a ilością produktów, niezależnie od formy wartości.

2. „**Produktywność**” – pojęcie węższe, stosowane w tych fragmentach, w których Aftalion przechodzi do szacowania wartości dodanej:

– *productivité économique/en valeur* → „produktywność (krańcowa) w ujęciu wartościowym”,

– kategoria wiążąca **wartość produktu marginalnego z poziomem dochodu** danego czynnika.

Przyjmuje się więc, że:

– w perspektywie techniczno-fizycznej zdolności produkcyjnej (np. liczba sztuk na robotnika, plon z hektara) stosuje się przede wszystkim termin „wydajność”

– gdy analizowana jest relacja między wielkością produkcji a generowanym dochodem pieniężnym (płace, renty, odsetki), należy się posługiwać się pojęciem ‘produktywności krańcowej’ danego czynnika.

Kluczowe zależności wg. Aftaliona

Poniżej zaprezentowano kluczowe zależności formalne wskazywane przez uczonego, które będą podstawą dalszych analiz wydajności:

1. Produktywność w wartości

Jeśli fizyczna produktywność marginalna danej jednostki czynnika wynosi m , a cena jednostkowa wynosi p , to produktywność w wartości wynosi: ¹²

$$P_V = m \cdot p$$

gdzie:

P_V – produktywność w wartości danego czynnika (np. jednego robotnika, jednego hektara ziemi, jednej maszyny),

m – produktywność fizyczna marginalna (ile *dodatkowych* jednostek dobra w naturze daje ostatnia jednostka czynnika),

p – cena jednostkowa produktu (w pieniądzu).

Produktywność w wartości to ilość dodatkowej produkcji (m) pomnożona przez cenę jednostkową produktu (p).

W praktyce oznacza to, że wartościowa produktywność czynnika rośnie wtedy, gdy rośnie jego fizyczna produktywność lub cena wytwarzanego dobra.

2. **Związek dwukierunkowy:** produktywność marginalna kapitału – stopa procentowa.

Autor wielokrotnie podkreśla, że zależność ta ma charakter nieliniowy i niejednokierunkowy. Z jednej strony produktywność marginalna kapitału oddziałuje na poziom stopy procentowej, z drugiej zaś — określona stopa procentowa wymusza taki sposób wykorzystania zasobu kapitału, aby jego produktywność krańcowa dostosowała się do warunków rynku. Ma to istotne konsekwencje metodologiczne: produktywność występuje tu zarówno jako przyczyna, jak i jako skutek procesów gospodarczych.

A. Aftalion przekonuje, że za pojęciem *productivité* kryją się trzy różne poziomy analizy: globalna wydajność systemu, fizyczna produktywność marginalna jednostek czynników oraz produktywność w wartości, służąca wyjaśnieniu dochodów. W polskiej terminologii zasadne jest posługiwanie się określeniem „wydajności” w odniesieniu do

¹² *Ibidem*, str. 170

poziomu globalnego i fizycznego, a o „produktywności (krańcowej) w ujęciu wartościowym” tam, gdzie chodzi o powiązanie z dochodem pieniężnym. Zarysowane przez autora prawidłowości – szczególnie formuła P_V oraz idea wyrównania dochodu z produktywnością marginalną – łączą techniczne spojrzenie na wydajność z teorią podziału dochodu. Dla dalszej części artykułu (skierowanej na koncepcję m.in. Fourastié’ema) Aftalion dostarcza więc ważnej ramy pojęciowej: pozwala jasno odróżnić, w ujęcie wydajności jako czysto fizycznej zdolności produkcyjnej, a produktywność jako kategorię bezpośrednio związaną z dochodami i miarami dobrobytu.

3. Jean Fourastié: wydajność jako miara postępu

3.1. Historyczne i intelektualne źródła myśli o produktywności

Jean Fourastié (1907–1990) był jednym z kluczowych francuskich ekonomistów XX wieku. Łączył teorię z praktyką gospodarczą, a jego ambicją było zastosowanie ekonomii do realnych problemów społecznych. Zyskał rozgłos jako popularyzator wiedzy i twórca pojęcia „Trente Glorieuses” – okresu trzydziestu lat szybkiego wzrostu produktywności i siły nabywczej we Francji (1945–1975).¹³

Produktywność była w jego ujęciu rozumiana przede wszystkim jako wyraz postępu cywilizacyjnego, a nie tylko techniczny wskaźnik przemysłowy. Po 1945 roku odegrał ważną rolę w modernizacji gospodarki francuskiej, inspirując się amerykańskim programem New Deal i adaptując metody analizy produktywności do warunków europejskich¹⁴. Kluczowym punktem odniesienia dla jego analizy było doświadczenie gospodarki Stanów Zjednoczonych, szczególnie okresu programu *New Deal*, kiedy rozpoczęto systematyczny pomiar produktywności oraz powstał National Research Project, prowadzący szeroko zakrojone badania nad wydajnością pracy w przemyśle¹⁵. W Stanach Zjednoczonych po raz pierwszy wykazano, że wzrost produktywności — odpowiednio zrozumiany i zarządzany — może stać się strategią rozwoju narodowego, a nie jedynie mechanizmem przemysłowym.

Model ten, w jego ocenie, mógł zostać przeniesiony na grunt europejski — ponieważ trwały postęp cywilizacyjny nie jest możliwy bez regularnego wzrostu produktywności. Społeczeństwa, które potrafią ją mierzyć i poddawać analizie, są zarazem zdolne do wywoływania długookresowego rozwoju społecznego. W tym ujęciu produktywność przestaje być pojęciem technicznym, a staje się fundamentalnym kryterium postępu cywilizacyjnego XX wieku.

3.2. Definicje productivité

Reprezentant francuskiej myśli zwraca uwagę na problem definicyjny wpisany w badania nad produktywnością. W przypisie do jednego z rozdziałów zaznacza, że ekonomiści anglosascy stosują termin „productivity” w sposób zbyt ogólny, obejmujący dwie różne rzeczywistości, co utrudnia precyzyjne ujęcie zjawiska i prowadzi do metodologicznych nieporozumień. Píše: „*Ekonomiści anglosascy używają najczęściej pojęcia ‘productivity’. Termin ten obejmuje dwie dość różne rzeczywistości i być może dlatego nie udało się im wydzielić z dostateczną precyzją niektórych aspektów problemu wydajności.*”¹⁶

Fourastié uznaje, że jeśli produktywność¹⁷ ma być naukową miarą postępu, musi być pojęciem mierzalnym, empirycznym i zdolnym do porównania w czasie oraz w przestrzeni (między krajami i sektorami). Stąd konieczność rozróżnienia dwóch kategorii.

Tabela 2 Porównanie wydajności i produktywności

¹³ Ch. Rébillard, *Jean Fourastié (1907–1990). Prophète des Trente Glorieuses*, s. 106–107

¹⁴ R. Boulat, *Jean Fourastié, un expert en productivité. La modernisation de la France (années trente – années cinquante)*, Besançon, PU de Franche-Comté, 2008

¹⁵ J. Fourastié, *Productivité et richesse des nations*, Paris, Gallimard, 2005, s. 81

¹⁶ J. Fourastié, *Productivité et richesse des nations*, Paris, Éditions Gallimard, 2005, s. 356

¹⁷ J. Fourastié, *La productivité*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), 1952, s.7

Pojęcie	Francuskie określenie	Charakter	Zakres
Wydajność	<i>rendement</i>	techniczny, operacyjny	jednostka, zawód, zadanie
Produktywność	<i>productivité</i>	ekonomiczno-społeczny	sektor, gospodarka, cywilizacja

Źródło: opracowane własne na podstawie J. Fourastié, *Productivité et richesse des nations*, Paris, Éditions Gallimard, 2005 oraz J. Fourastié, *La productivité*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), 1952,

Wydajność (*rendement*) oznacza zdolność do szybszego i sprawniejszego wykonywania pracy. Jest to pojęcie operacyjne, dotyczące pojedynczego procesu pracy; poprawa wydajności nie musi jeszcze przekładać się na postęp cywilizacyjny. Produktywność (*productivité*) dotyczy natomiast wyników gospodarki jako całości. W jego ujęciu produktywność oznacza zdolność społeczeństwa do zwiększania produkcji lub zakresu usług przy tym samym nakładzie pracy bądź nawet przy mniejszym. Dlatego produktywność może być traktowana jako „motor postępu technicznego i społecznego”, a jej pomiar wymaga analizy danych historycznych, cen realnych, struktury zatrudnienia oraz zmian jakości życia.

Jean Fourastié konsekwentnie dowodzi, że postęp nie może być jedynie ideą, deklaracją ani intuicją – musi mieć charakter mierzalny. Z tego powodu produktywność staje się według niego kluczowym narzędziem analizy rozwoju gospodarczego i społecznego. Jak podkreśla: „*La productivité est une mesure du progrès technique*”¹⁸.

Wydajność jest miarą postępu technicznego.

Tym samym produktywność jawi się nie tylko jako wskaźnik ekonomiczny, lecz przede wszystkim jako miara zdolności społeczeństwa do przekształcania innowacji technicznych w konkretną poprawę warunków życia. W tym ujęciu postęp nie może opierać się na deklaracjach — musi być uchwytany w danych. Analiza rozwoju wymaga więc pomiaru, statystyki i porównań międzyokresowych; bez nich badanie postępu nie może mieć charakteru naukowego.

Produktywność pozwala określić, czy zasoby pracy i techniki zostały wykorzystane efektywnie, oraz czy postęp techniczny został przekształcony w dobrobyt, wzrost siły nabywczej i rozwój usług. Z tego powodu Fourastié proponuje, aby produktywność stała się główną kategorią badania rozwoju cywilizacyjnego w XX wieku.

Aby dokładniej ująć sposób, w jaki francuski ekonomista rozróżnia wydajność (*rendement*) od produktywności (*productivité*), należy przyjrzeć się różnym formom wydajności, które mogą występować w procesie pracy. W literaturze przedmiotu można wyodrębnić cztery zasadnicze kategorie: fizyczną, ekonomiczną, organizacyjną oraz społeczną. Każda z nich odnosi się do innego poziomu analizy oraz pełni odmienną funkcję – od poprawy technicznej sprawności działania aż po możliwość przejścia do pełnej produktywności, rozumianej jako miara postępu technicznego i cywilizacyjnego. Zestawienie prezentuje poniższa tabela 3.

Tabela 3 Kategorie wydajności

Kategoria	Co mierzy?	Poziom analizy	Cel / znaczenie
Wydajność fizyczna	Szybkość wykonywania pracy	Techniczny, jednostkowy	Sprawność działania człowieka lub maszyny
Wydajność	Relacja efektów do	Relacja efektów do	Maksymalizacja

¹⁸ J. Fourastié, *La productivité*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), 1952, s.11

ekonomiczna	kosztów	kosztów	zysków / ograniczanie nakładów
Wydajność organizacyjna	Uporządkowanie procesu pracy	Zarządzanie, przedsiębiorstwo	Optymalizacja podziału zadań, ergonomia
Wydajność społeczna	Efekty pracy w relacji do warunków życia	Makroekonomiczny / społeczny	Przejście od wydajności do produktywności

Źródło: opracowano na podstawie Jean Fourastié, *Productivité et richesse des nations*, Paris, Éditions Gallimard, 2005, s. 351–358 oraz Jean Fourastié, *La productivité*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), s. 7-11.

Z przedstawionego zestawienia wynika, że wydajność może przyjmować różne wymiary – od technicznego, poprzez ekonomiczny i organizacyjny, aż po społeczny. Wydajność fizyczna oraz ekonomiczna pozwalają usprawnić proces pracy, natomiast wydajność organizacyjna warunkuje jej lepszą strukturę i dystrybucję. Jednak dopiero wydajność społeczna, odnosząca rezultaty pracy do warunków życia, staje się pomostem prowadzącym do produktywności w sensie pełnym – czyli do zdolności społeczeństwa do przekształcania postępu technicznego w realną poprawę jakości życia. W tym sensie produktywność nie stanowi jedynie rozszerzenia wydajności, lecz jej przekroczenie i uspołecznienie, co stanowi podstawę dalszych analiz w dalszej części tekstu.

3.3. Wydajność pracy, kapitału i gospodarki jako całości

Jean Fourastié w *Productivité et richesse des nations* podkreśla, że wydajność pracy (*rendement du travail*) jest kategorią wielopoziomową — jej sens i konsekwencje zmieniają się w zależności od tego, czy analizowane jest działanie jednostki, funkcjonowanie przedsiębiorstwa, czy też struktura całej gospodarki.

Wydajność pracy na poziomie jednostki

W ujęciu tego francuskiego ekonomisty wydajność na poziomie jednostkowym oznacza relację produkcji do nakładu pracy w jednostce czasu. W swoich pracach badacz przyjmuje definicję o charakterze czysto technicznym, ile dana osoba jest w stanie wytworzyć w ciągu jednej godziny, dnia lub roku¹⁹. W tym ujęciu kluczowe są czynniki psychologiczne i kulturowe — poziom wykształcenia, kompetencji technicznych, motywacji oraz mentalność wobec pracy. Autor wskazuje, że **postawy zawodowe i umiejętność interesowania się wykonywaną pracą mają realny wpływ na poziom wydajności**²⁰.

Wydajność pracy na poziomie przedsiębiorstwa

W ujęciu przedsiębiorstwa wydajność przestaje być wyłącznie cechą indywidualną, a staje się kategorią organizacyjną. Obejmuje:

- racjonalne rozmieszczenie stanowisk pracy,
- optymalny podział funkcji,
- liczbę pracowników adekwatną do liczby maszyn, urządzeń i powierzchni produkcyjnej,
- stopień wdrożenia postępu technicznego,
- zaawansowanie nauk administracyjnych i metod zarządzania.

Przedsiębiorstwo jest systemem, w którym wydajność jednostki przekłada się na efektywność całego procesu produkcji, ale tylko wtedy, gdy organizacja umożliwia maksymalne wykorzystanie pracy i kapitału.

Wydajność w skali gospodarki

¹⁹ J. Fourastié, *Productivité et richesse des nations*, Éditions Gallimard, Paris 2005, s. 275

²⁰ *Ibidem*, s. 279

W skali makroekonomicznej wydajność pracy stanowi fundament rozwoju cywilizacyjnego. Fourastié wykazuje, że:

- **wzrost wydajności jest jedynym trwałym źródłem wzrostu poziomu życia,**
- poprawa wydajności w sektorze pierwotnym prowadzi do transferu siły roboczej do przemysłu, a następnie usług,
- struktura konsumpcji oraz ceny dóbr zmieniają się proporcjonalnie do postępu technicznego w poszczególnych sektorach.²¹

Wydajność pracy w ujęciu makroekonomicznym jest głównym motorem rozwoju gospodarczego i wzrostu poziomu życia. Jej wzrost w sektorze pierwotnym umożliwia przesuwanie siły roboczej do przemysłu i usług, co zmienia strukturę gospodarki. Postęp techniczny wpływa także na ceny i wzorce konsumpcji – dobra produkowane wydajniej stają się tańsze, kształtując nowe zachowania społeczne.

Produktywność kapitału i jej związek z inwestycjami

Francuski ekonomista wskazuje, że kapitał należy rozumieć jako element konieczny do wdrażania postępu technicznego – nie cel sam w sobie, lecz narzędzie umożliwiające jego realizację. Produktywność kapitału wyraża się tym, **na ile inwestycje rzeczowe i finansowe zwiększają produktywność pracy i obniżają koszty jednostkowe.**

Kapitał jako czynnik ucieleśniający postęp techniczny

Autor wskazuje wprost, że „**Nie ma postępu technicznego bez inwestycji; nie ma inwestycji bez oszczędności.**”²²

Produktywność kapitału przejawia się w:

- redukcji kosztów pracy dzięki mechanizacji,
- zwiększeniu produkcji przy tej samej liczbie pracowników,
- obniżaniu cen dóbr wytwarzanych dzięki maszynom.

W analizie ekonomicznej pojawia się wyraźne założenie: inwestycja ma sens, kiedy zastosowana technologia realnie generuje oszczędność – dopiero wtedy staje się czynnikiem postępu, a nie jedynie wydatkiem. Wyższa produktywność kapitału:

- redukuje zapotrzebowanie na pracę w sektorach pierwotnych i przemysłowych,
- uwalnia siłę roboczą do usług,
- reorganizuje całą strukturę gospodarki

W tym sensie produktywność kapitału jest siłą napędową transformacji strukturalnej.

Wydajność pracy i produktywność kapitału są w ujęciu Fourastiégo kategoriami nierozłącznymi. Wydajność jednostkowa zależy od kompetencji i mentalności pracownika, wydajność przedsiębiorstwa — od organizacji i mechanizacji, a wydajność gospodarki — od poziomu postępu technicznego i mobilności siły roboczej. Z kolei produktywność kapitału stanowi materialny warunek postępu technicznego, inwestycji i obniżki kosztów, które umożliwiają rosnącą siłę nabywczą społeczeństwa.

4. Wydajność jako miernik postępu

Po rozróżnieniu wydajności (*rendement*) i produktywności (*productivité*) na dwóch poziomach analizy pracy — technicznym oraz społeczno-ekonomicznym — konieczne staje się przejście od ujęcia jakościowego do pomiaru ilościowego. Wydajność nabiera znaczenia naukowego dopiero w momencie, gdy zostaje wyrażona w postaci **wskaźników liczbowych**, które umożliwiają porównania między sektorami gospodarki oraz śledzenie zmian w czasie.

W ujęciu pracy wydajność stanowi punkt wyjścia do dalszych studiów nad produktywnością. Jej pomiar pozwala stwierdzić, w jakim stopniu jednostkowy czynnik produkcji (człowiek, maszyna, hektar ziemi) przyczynia się do wytworzenia określonej ilości produktu. W ten sposób wydajność przestaje być pojęciem teoretycznym i staje się **narzędziem diagnozy postępu technicznego, organizacyjnego i ekonomicznego.**

²¹ *Ibidem*, s. 439-441

²² *Ibidem*, s.376

Przyjmuje się najczęściej następującą relację ilościową:

$$\text{Wydajność} = \frac{\text{Produkcja}}{\text{Nakłady pracy}}$$

Wzór ten stanowi ogólną formułę wyjściową i umożliwia zastosowanie pojęcia wydajności w różnych dziedzinach — od produkcji przemysłowej po usługi. Zasadniczym założeniem jest ujęcie wydajności jako **relacji efektów do nakładów**, co prowadzi do szeregu formuł stosowanych w praktyce badawczej.

4.2. Wydajność a poziom życia i zmiany społeczne

W literaturze francuskiej powojennego okresu wydajność jest traktowana jako kategoria interdyscyplinarna, łącząca ekonomię, socjologię pracy i historię gospodarczą. Nie pełni ona wyłącznie funkcji wskaźnika technicznej sprawności produkcji, lecz staje się narzędziem analizy kierunku przemian społecznych. Badacze tacy jak Courthéoux, Aftalion czy Vincent²³ wskazują, że pomiar wydajności pozwala prześledzić, w jaki sposób przemiany technologiczne przekładają się na warunki życia i sposób funkcjonowania społeczeństwa.

Wzrost wydajności pracy zyskuje znaczenie dopiero wtedy, gdy prowadzi do realnych zmian w poziomie życia – rozumianym jako dostęp do dóbr, stabilność ekonomiczna gospodarstw domowych oraz struktura czasu życia zawodowego. Ocenia się go nie poprzez tempo pracy, lecz poprzez możliwości, jakie ta praca generuje. W miarę zwiększania efektywności produkcyjnej następuje stopniowe obniżanie realnych cen dóbr podstawowych, co prowadzi do ich upowszechnienia i demokratyzacji konsumpcji. Dobra dawniej traktowane jako luksusowe stają się częścią standardu życia, a struktura konsumpcji przesuwana się od produktów niezbędnych ku usługom, edukacji i kulturze. W konsekwencji wydajność staje się narzędziem dystrybucji dobrobytu oraz jednym z czynników umożliwiających rozwój społecznej mobilności.

Jednym z najistotniejszych przejawów wpływu wydajności na strukturę społeczną jest skracanie czasu pracy. Wzrost efektywności nie musi oznaczać zwiększenia obciążenia pracą – przeciwnie, może prowadzić do ograniczenia czasu pracy przy jednoczesnym wzroście produkcji. W takim ujęciu czas wolny przestaje być kategorią marginalną; staje się jednym z głównych mierników jakości życia. Francuskie analizy porównawcze wskazują, że transformacji ulega nie tylko zakres pracy, lecz także jej funkcja – od konieczności biologicznego utrzymania przechodzi ona stopniowo ku pracy twórczej, organizacyjnej i społecznej.

Wydajność należy zatem rozumieć nie tylko jako miernik sprawności technicznej, lecz jako wskaźnik jakości rozwoju cywilizacyjnego. Zmiany w poziomie wydajności pozwalają analizować długookresowe przemiany struktury gospodarki, przejście od sektora rolniczego i przemysłowego do sektora usług oraz przeobrażanie modeli życia codziennego. Miarą postępu nie jest zatem jedynie wzrost produkcji, lecz to, w jakim stopniu postęp techniczny przekształca się w poprawę jakości życia społecznego.

Podsumowanie

Analiza historyczno-doktrynalna pokazuje, że pojęcie wydajności ewoluowało od fizjokratycznego rozumienia nadwyżki jako jedynej źródła bogactwa po złożone, wielowymiarowe ujęcie XXI-wiecznej ekonomii i nauk o zarządzaniu. Fizjokraci, wskazując na produkt netto rolnictwa, stworzyli pierwszą koncepcję hierarchii sektorów według ich zdolności do generowania wzrostu. Aftalion rozwinął te intuicje, rozróżniając trzy poziomy *productivité* — globalny, fizyczny i wartościowy — oraz łącząc je z teorią dochodów. Fourastié natomiast nadał kategorii wydajności wymiar cywilizacyjny: uznał ją za miernik

²³ André Vincent, ekonomista związany z francuskim Institut de Conjoncture, prowadził analizy koniunkturalne oraz pierwsze studia nad efektywnością przemysłu. Jego prace — inspirowane m.in. metodami amerykańskimi — były jednym z elementów, które ukształtowały późniejsze koncepcje produktywności w ujęciu Fourastiégo.

postępu technicznego i społecznego, kluczowy dla zrozumienia zmian strukturalnych, wzrostu poziomu życia oraz przejścia od gospodarek rolniczych do usługowych. Wspólnym mianownikiem wszystkich analiz jest przekonanie, że wydajność — odpowiednio mierzona — staje się narzędziem oceny długookresowego rozwoju gospodarczego i społecznego, a produktywność kapitału i pracy stanowi fundament transformacji nowoczesnych gospodarek.

Bibliografia

1. Aftalion, A. (1911). *Les trois notions de la productivité et les revenus*. Revue d'économie politique.
2. Allais, M. (1947). *Économie et intérêt*. Paris: Imprimerie Nationale.
3. Boulat, R. (2008). *Jean Fourastié, un expert en productivité. La modernisation de la France (années trente – années cinquante)*. Besançon: Presses universitaires de Franche-Comté.
4. Courthéoux, J.-P. (1966). *La répartition des activités économiques. Critique expérimentale de la théorie des trois secteurs d'après l'économie française*. Paris: Centre de Recherche d'Urbanisme.
5. Fayol, H. (1917). *Administration industrielle et générale*. Paris: Dunod.
6. Fourastié, J. (1952). *La productivité*. Paris: Presses Universitaires de France (PUF).
7. Fourastié, J. (2005). *Productivité et richesse des nations*. Paris: Gallimard.
8. Grandmy, R. (1973). *La Physiocratie. Théorie générale du développement économique*. Paris: Mouton.
9. J.-B. Say. (2006). *Traité d'économie politique*. Coppet: Institut Coppet.
10. Massé, P. (1959). *Le choix des investissements : critères et méthodes*,. Paris: Dunod.
11. Ponte, A. (1953). *Approvisionnements et gestion des stocks dans l'industrie américaine. Rapport présenté au Président du Comité National de la Productivité par la Mission Française de Productivité*. Paris.
12. Rébillard, C. (2019). *Jean Fourastié (1907-1990). Prophète des Trente Glorieuses*. Sciences Humaines 2019/HS5 Les Essentiels.

УДК 658

Бандура О.Р.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІЗ ВИТРАТ НА ЯКІСТЬ У СИСТЕМІ УПРАВЛІНСЬКОГО ОБЛІКУ

Bandura O.R.

ANALYSIS OF QUALITY COSTS IN THE MANAGEMENT ACCOUNTING SYSTEM

У сучасних умовах конкуренції якість продукції та послуг є ключовим чинником успіху підприємства. Забезпечення високої якості потребує не лише технічного контролю, а й ефективного управління витратами, пов'язаними з якістю. Управлінський облік відіграє важливу роль у цьому процесі, оскільки дозволяє ідентифікувати, класифікувати та аналізувати витрати на якість, що сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень.

У межах бухгалтерського обліку важливе місце займає управлінський облік витрат, основною метою якого є достовірне відображення господарських процесів, а також формування інформації для уповноважених осіб, що використовується при виконанні управлінських функцій — таких як контроль, аналіз, регулювання, планування та прогнозування. Показники управлінського обліку, які формуються

незалежно від фінансового обліку, сприяють збереженню комерційної конфіденційності щодо рівня витрат виробництва та рентабельності окремих видів продукції.

Рівень автономності управлінського обліку може варіюватися залежно від розподілу обов'язків між працівниками бухгалтерії. Відповідно до специфіки діяльності підприємства, управлінський облік витрат може здійснюватися як у межах інтегрованої системи, так і за окремим, автономним підходом. У будь-якому випадку, належна організація та впровадження цього напрямку обліку забезпечує управлінський персонал повноцінною інформацією, необхідною для оптимізації виробничих процесів і підвищення ефективності діяльності підприємства.[1]

На якість продукції впливає комплекс факторів, які діють як окремо, так і у взаємозв'язку на різних етапах життєвого циклу виробу. Їх умовно поділяють на чотири групи: технічні, організаційні, економічні та суб'єктивні.

Технічні фактори охоплюють конструктивні рішення, технологію виготовлення, рівень автоматизації, засоби контролю та обслуговування. Використання сучасних технологій і високий рівень проектування сприяють стабільності виробничого процесу та підвищенню якості. Водночас помилки у виборі технології або порушення процесу можуть негативно вплинути на кінцевий результат.

Організаційні фактори включають розподіл праці, ритмічність виробництва, методи контролю, транспортування та зберігання. Недостатня увага до організації процесів часто призводить до втрати якості, навіть якщо виріб технічно виконаний правильно.

Економічні фактори — це ціна, собівартість, форми оплати праці, витрати на обслуговування. Вони мають аналітичну та стимулюючу функцію. Наприклад, правильно сформована ціна може мотивувати виробника до підвищення якості, а форма зарплати — впливати на старанність або продуктивність працівників.

Суб'єктивні фактори пов'язані з людським чинником: професійною підготовкою, мотивацією, фізіологічними особливостями. Вони особливо важливі на етапах експлуатації та обслуговування продукції. Хоча якість визнається соціально значущою метою, її вплив на рентабельність часто недооцінюється.[3]

Створення системи управління якістю є стратегічним вибором підприємства, який спрямований на постійне підвищення її ефективності та забезпечення сталого розвитку. Основні переваги включають: здатність виробляти продукцію, що відповідає вимогам споживачів, нормативним та законодавчим актам; створення умов для зростання рівня задоволеності клієнтів; врахування ризиків і можливостей, що впливають із цілей та специфіки діяльності підприємства; а також можливість підтвердження відповідності встановленим вимогам до системи управління якістю.

Основні елементи системи управління якістю, зокрема: загальне управління, забезпечення якості, політику у сфері якості, планування та вдосконалення продукції. Виходячи з цього, витрати на якість охоплюють: витрати на маркетингові дослідження, забезпечення якості при розробці та модернізації продукції, витрати на ресурси та обладнання, удосконалення виробничих процесів, контроль якості на етапах виробництва, пакування, зберігання та реалізації, а також перевірку якості на всіх етапах діяльності. Вони також охоплюють витрати, спрямовані на покращення характеристик продукції або на запобігання їх погіршенню. До цієї категорії належать витрати на оцінювання якості, заходи щодо запобігання дефектам, забезпечення відповідності стандартам, контроль якості, модернізацію технічних процесів, а також витрати, пов'язані з функціонуванням системи управління якістю. Виробничі витрати на якість — це витрати підприємства, метою яких є досягнення та підтримання необхідного рівня якості продукції. Вони поділяються на дві основні групи:

– витрати на відповідність — включають витрати на профілактичні заходи та оцінку якості. Сюди належать витрати на розробку, впровадження та підтримку системи управління якістю, що дозволяє знизити ризик постачання продукції, яка не відповідає очікуванням споживача;

– витрати на невідповідність — охоплюють витрати на усунення дефектів, виявлених до передачі продукції споживачеві (внутрішній брак), а також витрати на доведення продукції до належного рівня якості: переробка, доопрацювання, перевірка виправлень, втрати від зниження ціни на неякісну продукцію. Крім того, до цієї групи належать витрати на усунення дефектів, виявлених після реалізації (зовнішній брак): гарантійний ремонт, заміна виробів, що вийшли з ладу, з'ясування причин несправностей тощо.

Невиробничі витрати на забезпечення якості – це витрати, пов'язані з підтвердженням якості продукції та пред'явленням споживачеві об'єктивних доказів цієї якості. Вони включають конкретні і додаткові засоби по забезпеченню якості, заходи, процедури, дані, демонстраційні випробування та окремі й додаткові оцінки, проведені незалежними органами. [2]

Отже, успіх підприємства в конкурентних умовах залежить від якості продукції, і ключову роль у її досягненні та сталому підвищенні відіграє управлінський облік, який, ідентифікуючи та аналізуючи витрати на якість (запобігання, оцінка та брак), надає необхідну інформацію для обґрунтованих рішень щодо оптимізації процесів

Література

1. Жиліна Ю. ФОРМУВАННЯ ОБЛІКОВО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ ПІДПРИЄМСТВА. *Бухгалтерський облік, аналіз та аудит*. 2022, 2 (85)

2. Медвідь Л. Г., Міценко Н. Г., Черкасова С. В. КЛАСИФІКАЦІЯ ВИТРАТ НА ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ ОБЛІКУ ТА КОНТРОЛЮ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА. *Herald of Lviv University of Trade and Economics Economic sciences*. 2022. № 66. С. 10–21. URL: <https://doi.org/> (дата звернення: 21.10.2025).

3. Ющишина Л. О. Менеджмент ресурсів та витрат: курс лекцій. Луцьк: Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2022. 103 с. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/> (дата звернення 21.10.2025)

УДК 330

С. Баник

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІЗ УПРАВЛІНСЬКОГО ОБЛІКУ У ПРОЦЕСІ ЦІНОУТВОРЕННЯ

Banyk S.B

«MANAGEMENT ACCOUNTING IN THE PRICING PROCESS»

Управлінський облік відіграє ключову роль у процесі ціноутворення, забезпечуючи керівництво підприємства релевантною інформацією для прийняття обґрунтованих рішень. Ціноутворення — це не лише встановлення вартості товару чи послуги, а стратегічний інструмент, що впливає на прибутковість, конкурентоспроможність і позиціонування компанії на ринку. Управлінський облік дозволяє враховувати як внутрішні фактори (структуру витрат, бажаний рівень

прибутку, виробничі потужності), так і зовнішні (ринкові умови, поведінку конкурентів, споживчі очікування).

Основою для формування ціни є дані про витрати. Управлінський облік забезпечує точне калькулювання собівартості продукції, розподіл прямих і непрямих витрат, аналіз змінних і постійних витрат. Це дозволяє застосовувати різні методи ціноутворення: витратний (cost-based), цільовий (target costing), конкурентний (competition-based) та на основі цінності для споживача (value-based). Наприклад, при витратному методі ціна формується шляхом додавання бажаної націнки до собівартості, а при цільовому — навпаки, від ринкової ціни віднімається допустима собівартість, що вимагає оптимізації витрат.

Управлінський облік також дозволяє виділяти релевантні витрати — ті, що змінюються залежно від конкретного управлінського рішення. Це особливо важливо при запуску нових продуктів, зміні асортименту або виході на нові ринки. Наприклад, при розрахунку ціни для спеціального замовлення слід враховувати лише змінні витрати, уникаючи включення постійних витрат, які не змінюються внаслідок цього рішення.

Ще одним важливим інструментом управлінського обліку є аналіз беззбитковості (CVP-аналіз), який дозволяє визначити точку беззбитковості та оцінити вплив ціни на прибуток.

Формула точки беззбитковості виглядає так:

$$\text{точка беззбитковості} = \frac{\text{постійні витрати}}{\text{ціна за одиницю} - \text{змінні витрати за одиницю}}.$$

Цей аналіз допомагає встановити мінімальну ціну, яка забезпечить покриття витрат і досягнення бажаного рівня прибутку.

Управлінський облік у процесі ціноутворення також виконує роль комунікаційного мосту між фінансовими службами, маркетингом, виробництвом та керівництвом підприємства. Він забезпечує єдину інформаційну базу для узгодження цінових рішень із загальною стратегією компанії. Наприклад, при впровадженні нової продукції управлінський облік дозволяє оцінити фінансові наслідки різних варіантів ціни, враховуючи очікуваний обсяг продажів, витрати на маркетинг, логістику та обслуговування клієнтів.

Важливою функцією управлінського обліку є також моніторинг ефективності цінової політики. За допомогою аналізу фактичних показників — обсягу реалізації, валового прибутку, рентабельності — підприємство може оцінити, наскільки обрана ціна відповідає ринковим умовам і внутрішнім цілям. У разі виявлення відхилень управлінський облік надає інструменти для коригування: перегляд структури витрат, оптимізація виробничих процесів, зміна цінової стратегії або навіть реструктуризація асортименту.

У контексті динамічного бізнес-середовища управлінський облік дозволяє оперативно реагувати на зовнішні виклики — інфляцію, зміну податкового законодавства, коливання валютних курсів, дії конкурентів. Наприклад, при різкому зростанні вартості сировини управлінський облік допомагає швидко переоцінити собівартість продукції, змодельовати нові ціни та оцінити їх вплив на попит і прибутковість.

Сучасні цифрові рішення, інтегровані з управлінським обліком, дозволяють автоматизувати процеси ціноутворення, зменшити ризики людських помилок і підвищити точність розрахунків. Використання аналітики великих даних, навчання та прогнозних моделей відкриває нові можливості для адаптивного ціноутворення, яке враховує поведінку споживачів, сезонні коливання, географічні особливості та інші фактори.

Система управлінського обліку відіграє важливу роль у стратегічному плануванні та прогнозуванні, що є критично важливим для довгострокового ціноутворення. Завдяки бюджетуванню, аналізу відхилень і фінансовому моделюванню підприємство може оцінити вплив різних цінових стратегій на майбутні фінансові результати. Наприклад, сценарне моделювання дозволяє порівняти наслідки зниження ціни для стимулювання попиту з альтернативним варіантом — збереженням ціни при оптимізації витрат.

Цінова політика може бути гнучко адаптована до кожного етапу життєвого циклу продукту. На стартовій фазі ціна встановлюється нижчою для залучення клієнтів, у період зростання — коригується відповідно до конкурентного середовища, на етапі зрілості — оптимізується для максимізації прибутку, а в період спаду — застосовуються знижки, акції або ребрендинг.

У контексті глобалізації управлінський облік враховує валютні ризики, митні витрати, локальні податкові режими та інші фактори, що впливають на кінцеву ціну продукції при виході на міжнародні ринки.

Таким чином, управлінський облік у ціноутворенні — це багатовимірна система, яка поєднує фінансову точність, аналітичну глибину та стратегічне бачення. Його ефективне використання дозволяє підприємству не лише виживати в конкурентному середовищі, а й формувати стійкі переваги, орієнтовані на прибутковість, інноваційність і довгостроковий розвиток.

Управлінський облік є фундаментальним елементом ефективної системи ціноутворення на підприємстві. Його функції виходять далеко за межі технічного обліку витрат — це інструмент стратегічного управління, що забезпечує прозорість, обґрунтованість і гнучкість цінових рішень. Завдяки управлінському обліку підприємство отримує можливість точно визначати собівартість продукції, аналізувати структуру витрат, моделювати сценарії ціноутворення та адаптуватися до змін ринкового середовища.

Застосування таких методів, як витратний, цільовий, конкурентний та на основі цінності для споживача, дозволяє формувати цінову політику, що відповідає стратегічним цілям бізнесу. Аналіз беззбитковості, релевантні витрати, бюджетування та фінансове моделювання — усе це є складовими управлінського обліку, які сприяють прийняттю обґрунтованих управлінських рішень.

У сучасних умовах цифровізації управлінський облік інтегрується з ERP-системами та аналітичними платформами, що забезпечує оперативний доступ до даних, підвищує точність розрахунків і дозволяє швидко реагувати на зовнішні виклики. Це відкриває нові можливості для адаптивного ціноутворення, орієнтованого на споживача, ринок і прибутковість.

Отже, управлінський облік у процесі ціноутворення — це не просто облікова функція, а потужний інструмент стратегічного управління, який забезпечує фінансову стабільність, конкурентні переваги та сталий розвиток підприємства.

Література

1. Крамаренко С. В. Ціноутворення в умовах ринкової економіки: навчальний посібник. — Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2023. 284 с.
2. Ільчук М. В. Управлінський облік як інструмент стратегічного управління підприємством / М. В. Ільчук // Економіка та держава. 2023. № 4. С. 45–49.
3. Шевців Л. Ю. Управлінський облік: навчальний посібник. — Львів: Растр-7, 2022. 642 с.

РОЛЬ ВІЛЬНИХ ФІНАНСІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ (НА ПРИКЛАДІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

D.M. Berezovskiy, A.V. Bohai

THE ROLE OF FREE FINANCE IN ENSURING THE ENVIRONMENTAL SECURITY OF THE REGION (A CASE STUDY OF TERNOPIL REGION)

Екологічна безпека регіону передбачає захист навколишнього середовища та населення від негативного впливу і екологічних ризиків. У сучасних умовах розв'язання екологічних проблем значною мірою залежить від фінансових ресурсів, що можуть бути спрямовані на природоохоронні заходи. Вільні фінанси в системі регіонального управління – це кошти території, які не прив'язані до обов'язкових витрат і можуть використовуватися за рішенням місцевої влади. Сюди входять як залишки бюджетних коштів, що не використалися, так і додаткові доходи громад чи регіону. Завдяки наявності вільних фінансів, місцева влада може оперативно реагувати на екологічні виклики, підтримувати розвиток “зеленої” інфраструктури та сприяти сталому розвитку.

У регіональній практиці до вільних фінансів належать кошти, які не мають жорстко визначеного призначення. Як правило, це залишки загального або спеціального фонду місцевих бюджетів на завершення звітного періоду або економія, яка виникла в процесі виконання запланованих витрат. В умовах фінансової децентралізації громади та обласні адміністрації отримують власні надходження (зокрема податкові платежі, доходи від майна), частину яких вони можуть витратити на пріоритетні завдання. Наявність таких ресурсів додає гнучкості бюджетному плануванню: наприклад, кошти можуть бути спрямовані на екологічні проекти за рішенням місцевих органів влади без необхідності тривалого погодження з центральними установами.

Використання вільних фінансів у сфері охорони довкілля дозволяє забезпечити фінансову підтримку різноманітних екологічних ініціатив:

- оновлення інженерної інфраструктури. Це включає будівництво або модернізацію очисних споруд для стічних вод і питної води, каналізаційні мережі населених пунктів. Наприклад, громада може використати додаткове фінансування на реконструкцію систем водопостачання села чи створення очисної станції в райцентрі – що сприятиме збереженню якості водних ресурсів.

- управління відходами. Кошти можуть інвестуватися в створення або оновлення сміттесортувальної та переробної інфраструктури, будівництво екологічно безпечних полігонів для відходів. Також можуть фінансуватися програми зі збору шкідливих відходів (електроніка, батарейки), що допоможе зменшити забруднення довкілля.

- охорона природних ресурсів. Частина коштів може бути використана на збереження і розвиток природоохоронних територій, таких як заповідники чи національні парки (закупівля обладнання для моніторингу, створення освітніх центрів). Окрім того, це може включати заходи з висадки дерев, відновлення деградованих земель і покращення біорізноманіття.

- моніторинг та екологічні програ. Фінансування може спрямовуватися на встановлення систем моніторингу стану повітря чи вод, підтримку дослідницьких робіт

або громадських ініціатив. Програми з екологічної освіти (семінари, екологічні тренінги) також є важливим напрямом використання коштів.

- енергоефективність та "зелена" енергетика. Вільні кошти можуть сприяти термомодернізації бюджетних установ (шкіл, лікарень), переходу на альтернативне паливо чи встановленню сонячних електростанцій у громадах. Це не лише знижує рівень викидів і залежність від традиційної енергетики, а й забезпечує економію видатків на енергоресурси у довгостроковій перспективі.

Кооперація з міжнародними програмами та інвесторами є надзвичайно важливою, оскільки вільні кошти часто використовуються для співфінансування грантових проєктів, таких як програма Interreg чи проєкти ЄС і ПРООН. Завдяки цьому область або громади, маючи частину власного бюджету, можуть залучати донорські кошти на масштабні інфраструктурні екологічні ініціативи, що значно підвищує ефективність заходів щодо охорони довкілля.

Прикладом успішної реалізації таких підходів є Тернопільська область. На її території вже реалізовано різноманітні екологічні проєкти. Зокрема, ТОВ «Тернопільська ОВА» звітує про залучення приблизно 5,5 млн євро для регіону у рамках програми транскордонного співробітництва «Польща – Україна». Ці кошти спрямовані на проєкти з покращення водовідведення, збереження природи та підтримку біорізноманіття. Окрім того, обласний і місцеві бюджети додають власні ресурси до грантових ініціатив, тим самим розширюючи їхній масштаб.

На умовному прикладі громади Теребовлянського району можна побачити напрям використання таких «вільних фінансів». Зекономивши кошти у бюджеті, громада може інвестувати їх у будівництво сучасної очисної станції для школи та дитячого садка або висадження захисної лісосмуги вздовж дороги для зменшення пилу та шуму. У той же час Тернопільська міська рада за підтримки свого бюджету реалізує проєкт «Екомапа Тернополя» — інтерактивний додаток, що допомагає мешканцям знаходити пункти збору вторинної сировини, таких як скло, пластик і папір, сприяючи зменшенню обсягу відходів на сміттєзвалищах. Такі ініціативи фінансуються за рахунок місцевого екологічного фонду та спеціальних програм.

Тернопільська область має унікальні природні об'єкти, серед яких Національний природний парк «Дністровський каньйон», регіональні ландшафтні парки та заказники. Для збереження цих територій регіон може направляти частину вільних фінансів на розвиток екологічних маршрутів, створення навчальних центрів та впровадження протипожежних заходів. Наприклад, реконструкція гідротехнічних споруд на річці Серет (зміцнення дамб) чи капітальний ремонт водозаборів у Кременецькому районі можуть забезпечити довготривалу безпеку громад і покращити якість води.

Вільні фінанси області виступають ефективним інструментом каталізації екологічних ініціатив та надають бюджету гнучкість у реалізації пріоритетних завдань. Їхнє спрямування на охорону довкілля дозволяє запроваджувати інноваційні рішення та будувати необхідну інфраструктуру для сталого розвитку регіону. Використання надлишкових коштів на екологічні потреби сприяє вирішенню локальних проблем, таких як чистіша вода чи покращена якість повітря, а також підвищує загальну безпеку мешканців області. Здорове довкілля допомагає мінімізувати ризики стихійних лих і запобігати соціальним конфліктам. Для Тернопільської області це означає модернізацію інженерних мереж, підтримку природоохоронних заходів і впровадження «зелених» технологій, що підсилює конкурентоспроможність регіону та його економічну стійкість. Таким чином виділення вільних фінансів на екологічні ініціативи стає ключовим чинником забезпечення сталого розвитку та зміцнення регіональної безпеки.

Література

1. Химич І.Г., Тимошик Н.С. Фінансовий інтелект: виклик чи необхідність. *Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Концептуальні шляхи розвитку науки та освіти»* (Львів, 29-30 січня 2024 р.). Львів: Львівський науковий форум, 2024. С. 22-23. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44243>

2. Мангушев Д. В., Будріс Т. І., Калініченко В. В. Релокація бізнесу в Україні. *Економіка та управління підприємствами*. 2023. Вип. 75. С.119–124.

УДК 336

І. Бідованець

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ БАР'ЄРИ РОЗВИТКУ ОСОБИСТОГО СТРАХУВАННЯ ЖИТТЯ В УКРАЇНІ

Bidovanets Iryna

ECONOMIC AND SOCIO-PSYCHOLOGICAL BARRIERS TO THE DEVELOPMENT OF PERSONAL LIFE INSURANCE IN UKRAINE

Ринок страхування життя виконує критично важливу функцію у розвинутих економіках: акумулює довгострокові заощадження населення, забезпечує фінансову захищеність сімей та формує інвестиційний капітал для економічного зростання. Натомість в Україні станом на 2024 рік страхування життя займає лише 10% загального страхового ринку [1]. Така ситуація створює структурні проблеми для української економіки: дефіцит довгострокового капіталу, низький рівень фінансової захищеності населення та обмежений інвестиційний потенціал небанківського фінансового сектору.

Війна загострила проблему: попри загальне зростання страхового ринку, страхування життя демонструє набагато повільніші темпи розвитку порівняно з обов'язковим автострахуванням. Дослідження показують пряму кореляцію між рівнем економічного розвитку та рівнем страхування життя. Проте в Україні навіть з урахуванням низького рівня доходів, показники страхування життя є аномально низькими, що свідчить про системні інституційні та культурологічні бар'єри.

Можна виділити комплекс факторів стримування: низький рівень фінансової грамотності, недовіру до страхових компаній, економічну нестабільність, недосконалу законодавчу базу та високі адміністративні витрати. Дослідження страхової культури показує, що більшість населення України вбачає необхідність у страхуванні власного життя лише в крайньому разі, коли цього вимагає ситуація (наприклад, при отриманні кредиту). Це кардинально відрізняється від західної моделі, де страхування є базовим елементом особистого фінансового планування.

На нашу думку, можна виокремити наступні економічні бар'єри розвитку страхування життя:

- критично низький рівень доходів та купівельної спроможності, адже середня зарплата в Україні становить близько 500 євро, що в 4-6 разів нижче за європейські стандарти і тільки зі зростанням добробуту люди мають можливість більшу частину доходу заощаджувати, в тому числі у формі life-полісів;
- високий рівень інфляції та нестабільність національної валюти, зокрема, інфляція в Україні у 2022 році досягла 26,6%. Це робить проблемним здійснення довгострокових накопичувальних програм страхування життя. Викликане інфляцією зниження реальної вартості страхової суми відштовхує потенційних страхувальників;

- слабкий розвиток фондового ринку та обмежені інвестиційні можливості. Нерозвиненість фондового ринку обмежує можливості диверсифікації та ефективного управління резервами life-страховиків.

Вагомим чинником стримування розвитку страхування життя в Україні залишаються соціально-психологічні бар'єри. Тривалий досвід фінансових криз, банкрутств фінансових установ та втрати заощаджень сформував у суспільстві стійку недовіру до довгострокових фінансових інструментів. У масовій свідомості домінує установка на збереження коштів у готівковій формі або інвестування в матеріальні активи, тоді як страхування життя сприймається як другорядний або ризикований фінансовий продукт. Додатковим стримувальним чинником є низький рівень фінансової грамотності населення, відсутність системних уявлень про механізми захисту доходів, накопичення капіталу та управління ризиками. Значний вплив продовжує зберігати й радянська модель соціального забезпечення, у межах якої відповідальність за фінансову безпеку людини покладалася переважно на державу, а не на індивідуальні інструменти страхового захисту.

Недостатній розвиток страхування життя має довгострокові негативні макроекономічні наслідки. Передусім це обмежує формування внутрішнього довгострокового інвестиційного ресурсу, який у розвинених економіках є одним із ключових джерел фінансування інфраструктурних проєктів, житлового будівництва та корпоративного сектору. Водночас низьке поширення страхових механізмів знижує рівень фінансової безпеки домогосподарств, посилюючи їхню вразливість до соціальних ризиків, пов'язаних із втратою працездатності або годувальника. Окрему загрозу становить додатковий тиск на солідарну пенсійну систему, яка в умовах демографічних змін і обмежених бюджетних ресурсів не здатна самотійно гарантувати достатній рівень соціального захисту в майбутньому.

Подолання виявлених диспропорцій потребує комплексної державної політики, спрямованої як на підвищення довіри до страхових інститутів, так і на стимулювання попиту на довгострокові страхові продукти. Важливу роль відіграє системний розвиток фінансової освіти, який має формувати культуру відповідального фінансового планування ще на етапі шкільної та університетської підготовки. Не менш значущими є податкові та інституційні стимули, що заохочують роботодавців і працівників до використання страхування життя як елемента соціального пакета та особистої фінансової стратегії. Ключовою умовою зростання довіри залишається посилення державних гарантій захисту страхувальників і підвищення прозорості діяльності страхових компаній.

Окремого значення набувають цифровізація страхових послуг і розвиток доступних гібридних продуктів, які поєднують елементи накопичення, страхового захисту та пенсійного забезпечення. Це дозволяє адаптувати страхові інструменти до потреб молоді та осіб із середніми доходами. У післявоєнний період розвиток страхування життя може також стати складовою стратегії економічного відновлення, перетворившись на додатковий внутрішній фінансовий ресурс для інвестицій в інфраструктуру та соціальну сферу. Саме поєднання інституційних реформ, цифрових рішень і підвищення фінансової культури здатне забезпечити стійкий розвиток цього сегмента фінансового ринку.

Ключовим висновком є те, що розвиток страхування життя – це не тільки питання фінансового сектору, але й елемент національної стратегії економічної безпеки та соціальної стабільності. Без формування потужного life-сектору Україна не зможе забезпечити довгострокове фінансування відбудови та гідний рівень життя майбутніх поколінь пенсіонерів.

Література

1. Основні тенденції страхового ринку у 2024 році. <https://uainsur.com/>. 04.04.2025. URL: <https://uainsur.com/osnovni-tendentsii-strakhovoho-rynku-u-2024-rotsi/> (дата звернення: 26.11.2025).

УДК 159.9(09)(075.8)

В. Т. Бойчук — ст. гр. БП-31

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

Науковий керівник: професор Я. В. Стоцький

РОЗШИРЕНИЙ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ІСТОРІЇ ПСИХОЛОГІЇ З ІНШИМИ НАУКАМИ

V. T. Boichuk

Supervisor: Professor Y. V. Stotsky

EXPANDED RELATIONSHIP OF THE HISTORY OF PSYCHOLOGY WITH OTHER SCIENCES

«Історія психології у системі наук позиціонується як складне інтегроване знання що розвивається у нерозривному зв'язку із суспільними та природничими науками. Дотичність історії психології до інших галузей пізнання обумовлена передусім генезою формування психологічних ідей у вимірах наукових досліджень» [2].

Психічні процеси тісно пов'язані з фізіологією, що визначає вплив психофізіології на загальний стан здоров'я людського організму. Найдавнішими представниками є лікар і філософ Алкмеон (антична епоха, VI-V ст. до н. е.) — засновник принципу нервізму. «Він першим пов'язав психіку з роботою головного мозку і нервовою системою в цілому» [3, с. 36]. Що згодом розробив давньогрецький лікар Гіппократ (460-370 рр. до н. е.), який виділив 4 типи темпераменту.

«Гюстав Теодор Фехнер (1801-1887 рр.) — поет, вчений, філософ створив нову самостійну область знань - психофізику. У роботі „Елементи психофізики" (1860 р.) сформулював основне завдання психофізики: створив точну теорію співвідношення між фізичними та психічними явищами, а також між душею та тілом. Метою Фехнера було вивчення відчуттів» [3, с. 138].

А Педагогічна психологія формувалась з середини XIX ст. Основоположниками є: «Микола Пирогов (1810 - 1881), Костянтин Ушинський (1824 - 1871), останній обґрунтував необхідність педагогічної психології як науки, визначив її предметний зміст («Людина як предмет виховання. Дослід педагогічної антропології»), і Петра Каптерєва (1849 - 1922), який у 1877 році опублікував працю «Педагогічна психологія», присвячену психологічному аналізу освітнього процесу» [6, с. 23].

Натомість «Юридична психологія — галузь психологічних вчень, яка вивчає закономірності і механізми психічної діяльності людей у сфері регульованих правом відносин. Під впливом успіхів експериментальної психології наприкінці XIX — початку XX ст. були проведені перші лабораторні дослідження в галузі юридичної психології. Основні зусилля були спрямовані на вивчення психології показань свідків і допиту (А. Провіні, Г. Гросс, К. Марбе, В. Штерн та ін.), «діагностики причетності» до злочину (К. Юнг), судової і слідчої роботи, психологічних основ професійного добору і навчання юристів (Г. Мюнстерберг)» [1, с. 30].

В орбіту історії психології входить й зоопсихологія, яка «Вивчає формування психічних процесів у тварин в онтогенезі і у процесі еволюції. Зародження наукової зоопсихології наприкінці XVIII — початку XIX ст. пов'язано з іменами Ж. Л. Бюффона і Ж. Б. Ламарка, а пізніше — Ч. Дарвіна. Основоположниками наукового вивчення психічної активності тварин були К. Ф. Рульє і В. А. Вагнер, які поклали в XIX—XX ст. початок матеріалістичному еволюційному напрямкові» [1, с. 31-32].

«Слово "Психолінгвістика" вперше вжив американський психолог Н. Пронка в великій статті під назвою "Мова і психолінгвістика". Датою народження психолінгвістики як самостійної науки вважається 1953 рік, коли в США Комітетом з лінгвістики і психології Дослідницької ради з соціальних наук в Університеті Індіана був організований між університетський семінар, роботою якого керували психологи: Ч. Осгуд, Дж. Керролл та літературознавець, лінгвіст і етнограф Т. Сібеок» [4].

Також у сферу досліджень історії психології належить й Політична психологія, яка виникла у 60-ті роки XX століття. Причиною цього став пошук нових методів ефективного управління. Вона базується на ідеях та концепціях Дж. Локка, А. Сміта, Т. Петерсона, Т. Гоббса, Г. Спенсеа. «Дослідження проблем співвідношення особи і влади, місця людини в політиці знаходимо у працях Платона, Арістотеля, Сенеки, Гегеля та інших мислителів минулого» [5].

Отже, історія психології має тісний взаємозв'язок з природничими, соціальними та гуманітарними науками. Завдяки цьому відбулось формування психології, як окремої науки, яка надалі активно продовжує свій розвиток, спираючись на здобутки філософії, медицини, педагогіки, права, лінгвістики та інших галузей знань.

Міждисциплінарна співпраця сприяє широкому та детальному поясненню психічних явищ. Це свідчить про те, що психологія має широкі перспективи, вагому наукову значимість для людини та суспільства.

Література

1. Бочелюк В. Й. Юридична психологія. Навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2010. 336 с. URL: <https://surl.li/dsmwyz> (дата звернення: 07.11.2025).
2. Відповіді на питання до екзамену з історії психології. URL: <https://surl.li/bvzrqf> (дата звернення: 07.11.2025).
3. Гриньова Н. В. Історія психології : курс лекцій : навч. посіб. Умань: Візаві, 2012. 209 с. URL: <https://surl.li/xgehtd> (дата звернення: 07.11.2025).
4. Історія виникнення психолінгвістики. URL: <https://surli.cc/mzkvel> (дата звернення: 07.11.2025).
5. Політична психологія як наука: причини виникнення та значення. URL: <https://surli.cc/aeiubu> (дата звернення: 07.11.2025).
6. Токарева Н. М. Основи педагогічної психології: навч.-метод. посіб. Кривий Ріг, 2013. 223 с. URL: <https://surl.li/tmwiai> (дата звернення: 07.11.2025).

УДК 159.9/004

Бойчук. Д. – ст.:гр. БПЗІ

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

Науковий керівник: професор Стоцький. Я. В.

ПСИХОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Boichuk.D.

Supervisor: Professor Stotsky Y. V.

PSYCHOLOGICAL CONSEQUENCES OF NEW TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION

Психологія технологій являє собою міждисциплінарну галузь, що досліджує вплив цифрових інструментів та мережових комунікацій на когнітивні, емоційні та соціальні функції людини [1, с. 15]. Основною передумовою є те, що технології є не лише інструментом, а й середовищем, що модифікує психіку. Дослідження фокусується на виявленні механізмів цифрової трансформації самосвідомості та виникненні нових форм психологічної напруги.

Інтеграція сучасних технологій ініціює фундаментальні зміни у методології інформаційної обробки та динаміці уваги, результатом чого є феномен кліпового мислення [3, с. 88].

Фрагментація уваги та зниження глибини мислення: постійні зовнішні тригери (сповіщення, вібрації, оновлення контенту) призводять до звички поверхневого, множинного сканування інформації замість глибокого, концентрованого аналізу [4, с. 192]. Це знижує продуктивність та веде до тривалого зосередження та критичного осмислення текстів.

* Когнітивне перевантаження (інфотоксикація): надмірний, нерегульований потік даних (біг-дата) перевищує обмежені ресурси робочої пам'яті, викликаючи постійний стан інформаційної тривоги і знижуючи якість прийняття рішень [2, с. 45]. Це відчувається як постійна втома мозку.

Ефект Google (Цифрова амнезія): Звичка покладатися на пошукові системи та хмарні сховища для зберігання інформації зменшує необхідність запам'ятовувати фактичні дані. Психологічно пам'ять трансформується: акцент зміщується на запам'ятовування шляху до інформації (де вона зберігається), а не самої інформації.

Ілюзія постійної багатозадачності: спроба одночасно виконувати кілька когнітивно складних завдань, наприклад, писати лист і спілкуватися в чаті насправді є швидким, неефективним перемиканням уваги [4, с. 195]. Це призводить до зростання когнітивного контролю та емоційного виснаження.

Цифрове середовище генерує нові форми поведінкових залежностей та емоційних станів, пов'язаних із соціальною взаємодією та очікуваннями [5, с. 210].

Цифрочатзалежність (номофобія): компульсивне використання гаджетів, що викликає абстинентний синдром (тривога, паніка, дратівливість) при їх відсутності. Номофобія (страх залишитися без мобільного телефону) є однією з найпоширеніших форм поведінкових залежностей у молоді [5, с. 215].

FOMO (Fear of Missing Out): Це глибока, постійна тривога, викликана нав'язливим відчуттям, що інші переживають щось важливе чи цікаве без тебе [6, с. 75]. Психологічний механізм посилюється через постійне соціальне порівняння з ідеалізованими та відфільтрованими образами життя в соцмережах, що критично знижує самооцінку та задоволеність власним життям.

Технострес та фрустрація: хронічний стрес, викликаний необхідністю постійної адаптації до нових технологій, програмних оновлень, а також страхом перед втратою даних чи технічними збоями [7, с. 114]. Цей стрес особливо відчутний для працівників, чия продуктивність залежить від постійної технологічної готовності.

Зміна емоційного репертуару: соціальні мережі сприяють швидкому обміну спрощеними, схематичними емоціями (емодзі, лайки) [7, с. 125]. Це може призводити

до поверхневості емоційного досвіду та труднощів у вербалізації складних почуттів під час реального, «живого» спілкування.

Технології впливають на структуру соціальних зв'язків, самоідентифікацію та суспільну динаміку [8, с. 301].

Конфлікт цифрової ідентичності: створення ідеалізованого, відредагованого «Я» в мережі призводить до зростаючого розриву між онлайн-образом та реальним «Я» [8, с. 305]. Цей дисонанс викликає відчуття відчуженості та порожнечі, а також посилює нарцисичні тенденції розвитку.

Парадокс соціальної ізоляції: попри постійний мережевий зв'язок, інтенсивне використання технологій може призводити до соціальної ізоляції у реальному світі [6, с. 80]. Віртуальні зв'язки часто є менш глибокими та менш емоційно підтримуючими, ніж реальні.

Феномен «Луна-Камери» та поляризація: алгоритми соціальних мереж та пошукових систем створюють персоналізовані інформаційні бульбашки, які посилюють існуючі переконання та упередження користувача [8, с. 315]. Це призводить до поляризації суспільної думки, зниження здатності до компромісу та зростання агресивності у публічних дискусіях.

Література

1. Каменська М. С. Психологія технологій: вплив Інтернету на свідомість. Підруч. Київ: Освіта, 2023. 256 с.
2. Новик О. П. Когнітивне перевантаження: діагностика та методи корекції Навч. посіб. Львів: Світ, 2022. 180.с
3. Павленко І. В. Епоха уваги: зміна патернів мислення в цифровому середовищі. Монографія. Харків: Право, 2021. 320.с
4. Степаненко Л. Р. Багатозадачність та мозок: неврологічні основи продуктивності Київ: Академія, 2020. 250.с
5. Ткаченко В. Б. Феномен цифрової залежності: клінічні та соціальні аспекти Підруч. Одеса: Маяк, 2019 310 с
6. Хоменко С. Д. Соціальне порівняння та FOMO: психологічні механізми тривоги у мережах. Львів: Магнолія, 2022. 200.с
7. Чорний І. М. Психологія стресу: вплив інновацій на емоційний стан. Київ: Юрінком Інтер, 2023. 280.с
8. Шевченко Г. А. Ідентичність у мережі: конструювання та конфліктність онлайн-образу. Монографія. Харків: Право, 2021. 400.с

УДК 336.76:355.4

О. С. Брошко, Н.С. Тимошик

ФІНАНСОВІ МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОЇ ЕКОНОМІКИ

O.S.Broshko, N.S. Tymoshyk

FINANCIAL MECHANISMS FOR ENSURING THE RESILIENCE AND MODERNIZATION OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE UNDER THE CONDITIONS OF A WAR ECONOMY

В умовах сучасних викликів безпеки та військової агресії забезпечення ефективного фінансування Збройних Сил України є критично важливим завданням державної політики. Воєнна економіка висуває специфічні вимоги до мобілізації та розподілу ресурсів: нестабільність доходів, високі витрати на оборону та потреба у модернізації озброєння та техніки. Традиційне бюджетне фінансування не завжди здатне оперативно реагувати на змінні потреби армії, що робить необхідним впровадження інноваційних фінансових механізмів.

1. Державне фінансування. Державний бюджет залишається основним джерелом ресурсів для ЗСУ. Проте обмеження бюджету та економічна нестабільність зменшують гнучкість фінансування. Найбільші проблеми: затримки у виділенні коштів, недостатнє покриття витрат на модернізацію техніки та обмежена можливість швидко реагувати на критичні потреби підрозділів.

2. Міжнародна допомога та донорські програми. Міжнародна допомога суттєво підвищує можливості армії щодо придбання сучасного озброєння та матеріально-технічного забезпечення. Донорські програми дозволяють оперативно залучати ресурси для вирішення нагальних потреб. Ефективність цього фінансування залежить від координації між державними органами та міжнародними партнерами.

3. Позабюджетні інструменти. До них належать військові облігації, краудфандинг та приватні інвестиції. Випуск військових облігацій забезпечує додаткові фінансові ресурси, а краудфандингові кампанії підвищують рівень громадської участі та соціальної відповідальності. Використання таких інструментів дозволяє мобілізувати кошти швидко та ефективно, одночасно знижуючи залежність від державного бюджету.

4. Інтеграція джерел фінансування. Дослідження показало, що ефективне фінансування ЗСУ можливе лише за умови комбінованого використання бюджетних та позабюджетних джерел. Оптимальна модель передбачає:

- державне фінансування поточних та стратегічних потреб;
- міжнародну допомогу для модернізації техніки та покриття критичних потреб;
- інноваційні фінансові інструменти для мобілізації додаткових коштів та залучення суспільства.

Комплексний підхід до фінансування ЗСУ забезпечує баланс між стабільністю та гнучкістю ресурсів. Досвід країн, які проходили через військові конфлікти, показує, що інтеграція різних джерел фінансування дозволяє зменшити ризики, пов'язані з нестабільністю бюджетних надходжень, та підвищити ефективність витрачання ресурсів.

Особливу роль відіграють фінансові інновації: вони не лише збільшують обсяг ресурсів, але й створюють механізми залучення громадськості та бізнесу до підтримки армії. Це підвищує соціальну підтримку та зміцнює фінансову основу обороноздатності держави.

Отже впровадження інноваційних фінансових механізмів повинно включати:

1. Стійке фінансування ЗСУ у воєнний час можливе лише за умов інтегрованого використання державного бюджету, міжнародної допомоги та фінансових інновацій.

2. Міжнародна допомога та донорські програми є ключовими для модернізації техніки та забезпечення критичних потреб армії.

3. Використання позабюджетних інструментів, таких як військові облігації та краудфандинг, підвищує ефективність мобілізації ресурсів та сприяє залученню суспільства.

4. Розробка стратегічних фінансових планів для ЗСУ має базуватися на комплексному підході, що поєднує традиційні та інноваційні механізми фінансування.

Запропонована модель фінансування забезпечує стійкість, гнучкість та ефективність використання ресурсів для модернізації та розвитку Збройних Сил України, що є критично важливим для забезпечення національної безпеки в умовах воєнної економіки.

Література

1. Тимошик Н.С. Загальний стан та пріоритетні напрями розвитку фінансового ринку в умовах війни. *Modern science: challenges of today*: Collective monograph. Bratislava, Slovakia, 2023. pp. 89 – 124. URL: <https://surl.li/ycffja>

2. Ткачова Н. П., Масалаб О. В. Дослідження особливостей воєнної економіки. *Економічна аналітика: сучасні реалії та прогностичні можливості* : матеріали тез 2-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 24 січня 2025. Київ. С. 188-190. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/87636>

УДК 336

А.Вацко, Н.С. Тимошик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕТИЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ СТРАХУВАННЯ ВОЄННИХ РИЗИКІВ

A.Vatsko, N.S.Tymoshyk

ETHICAL AND LEGAL ASPECTS OF WAR RISK INSURANCE

У сучасному світі, де військові конфлікти, агресія та нестабільність дедалі частіше впливають на життя людей, питання страхування воєнних ризиків набуває особливої актуальності. Збройні дії завдають колосальних матеріальних збитків, руйнують інфраструктуру, підприємства, домівки та забирають життя тисяч людей. У таких умовах держава та суспільство стикаються з необхідністю пошуку фінансових механізмів, які допоможуть мінімізувати наслідки війни. Одним із таких механізмів є страхування воєнних ризиків — складний, але вкрай важливий інструмент підтримки економічної та соціальної стабільності. Воно поєднує у собі економічні, правові та етичні аспекти, що визначають межі відповідальності страхових компаній і моральні принципи захисту постраждалих.

Страхування воєнних ризиків — це особливий вид страхування, який спрямований на відшкодування збитків, завданих війною, бойовими діями, військовими операціями, повстаннями чи терористичними актами. Його сутність полягає в тому, щоб компенсувати втрати власників майна, бізнесу або життя, якщо ці втрати безпосередньо пов'язані з воєнними подіями. Проте реалізація такого виду страхування є надзвичайно складною через високий рівень ризику, непередбачуваність обставин і значні фінансові витрати. [4]

Більшість страхових компаній традиційно виключають воєнні ризики зі своїх полісів, адже такі події носять масовий характер і можуть одночасно спричинити величезні збитки для великої кількості клієнтів. У таких випадках навіть найстійкіші страхові фонди не здатні покрити всі втрати. Саме тому держава та міжнародні

організації часто беруть на себе частину відповідальності, створюючи спеціальні фонди або програми підтримки. [2]

З етичної точки зору страхування воєнних ризиків викликає багато дискусій. Головна моральна дилема полягає у тому, чи є правильним отримання прибутку від страхування подій, пов'язаних із війною, адже це означає заробіток на людських стражданнях. Проте з іншого боку, відмова від страхування таких ризиків також є проблемною, оскільки залишає без захисту людей, які втратили все через бойові дії. Таким чином, етична сторона полягає у пошуку балансу між комерційною вигодою та суспільним добром, між прибутковістю і гуманністю. [5]

Важливу роль відіграє й моральна відповідальність держави. Вона має створити умови, за яких страхування воєнних ризиків стане доступним та ефективним, особливо для військовослужбовців, волонтерів і цивільних, які перебувають у зоні бойових дій. Етичний підхід передбачає, що головна мета таких програм — не прибуток, а соціальний захист і підтримка громадян.

З правової точки зору страхування воєнних ризиків є складним об'єктом правового регулювання. Стандартне цивільне та страхове законодавство, як правило, не враховує особливостей бойових дій, тому необхідно створювати спеціальні нормативно-правові акти. У світі існують різні моделі регулювання: у деяких країнах страхування воєнних ризиків здійснюється за участю держави, яка виступає гарантом відшкодування, в інших — створюються міжнародні страхові фонди або програми спільного фінансування. [3]

В Україні питання страхування воєнних ризиків стало особливо актуальним після початку повномасштабної війни. Нині держава лише формує правову базу для впровадження таких механізмів. Обговорюється створення спеціальних державних програм страхування житла, транспорту, бізнесу та життя громадян, які постраждали від воєнних дій. Крім того, активно залучаються міжнародні організації та партнери, які допомагають розробляти ефективні схеми фінансування та страхового покриття. [1]

Розвиток страхування воєнних ризиків має не лише економічне, а й соціальне значення. Воно формує у громадян відчуття впевненості та стабільності навіть у складних обставинах, сприяє відновленню бізнесу та економіки, стимулює інвестиції та допомагає державі підтримувати соціальний порядок.

Отже, страхування воєнних ризиків — це не просто фінансовий інструмент, а важливий елемент соціальної відповідальності та гуманізму в умовах воєнного часу. Воно поєднує етичні й правові аспекти, які потребують глибокого осмислення й узгодження між державою, страховими компаніями та суспільством. Етична складова вимагає чесності, прозорості та орієнтації на допомогу людям, а правова — створення чітких норм, що забезпечать надійний захист застрахованих.

Розвиток системи страхування воєнних ризиків в Україні є необхідним кроком для побудови стабільної, справедливої та соціально відповідальної держави. У майбутньому це стане не лише запорукою економічного відновлення, а й важливим проявом турботи про кожного громадянина, який постраждав від наслідків війни.

Література

1. Атаєва, О. А., Ніколашин, А. О., & Тимошик, Н. С. (2024). Стратегічне управління ризиками на під-приємстві: аналіз та зменшення негативних впливів. *Ефективна економіка*, 2. <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.2.52>
2. Закон України «Про внесення змін до Закону України „Про фінансові механізми стимулювання експортної діяльності“ щодо страхування інвестицій в

Україні від воєнних ризиків» від 22 листопада 2023 р. URL: <https://www.pwc.com/ua/uk/publications/tax-and-legal-alert/2023/war-risks-insurance-law.html>

3. Приймак І. І., Тимків Н. А.. «Страховання інвестицій від воєнних ризиків: сутність, необхідність та перспективи розвитку в Україні». *Економіка та суспільство*. Випуск 59/2024. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-18>

4. Страховання воєнних ризиків – що можна застрахувати і за скільки. РБК-Україна. URL: <https://www.rbc.ua/rus/news/strahuvannya-vid-voennih-rizikiv-hto-tse-1732579754.html>

УДК 159.9

В.В. Вишньовський, к.психол.н., доцент; С.П. Довгалиук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЛЬ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ У ПРОЦЕСІ РЕСОЦІАЛІЗАЦІЇ ВETERANІВ БОЙОВИХ ДІЙ

V.V. Vyshnovskiy Ph.D, Assoc. Prof.; S.P. Dovhaliuk

THE ROLE OF PSYCHOLOGICAL SUPPORT IN THE PROCESS OF RESOCIALIZATION OF COMBAT VETERANS

Актуальність проблеми ресоціалізації ветеранів бойових дій з кожним роком лише зростає. Повернення до мирного життя для багатьох із них виявляється складнішим випробуванням, ніж служба в зоні бойових дій. Бойовий досвід, втрати побратимів, постійне перебування в екстремальних умовах залишають глибокі психічні травми, що часто виражаються у посттравматичному стресовому розладі (ПТСР), депресивних станах, тривожності, соціальній відчуженості та проблемах з адаптацією. Українські та зарубіжні науковці, серед яких О. Кокун [1], Т. Титаренко [4], М. Савчин [2], Л. Смеречинська [3], Ю. Чайка [7], В. Litz [8], довели, що професійна психологічна підтримка стає не просто бажаною, а життєво необхідною складовою успішного повернення ветерана до мирного життя.

Ресоціалізація ветеранів є багаторівневим і тривалим процесом, що включає психологічну, соціальну та професійну адаптацію. На психологічному рівні це передбачає подолання наслідків травматичного досвіду, стабілізацію емоційного стану та формування нової цивільної ідентичності. Як зазначає М. Савчин [2], ключовим аспектом є відновлення смислів життєдіяльності після травматичного досвіду. Соціальний рівень включає відновлення родинних зв'язків, побудову нових соціальних контактів та інтеграцію в місцеву громаду. Професійна складова передбачає працевлаштування, отримання нової спеціальності або повернення до попередньої професійної діяльності. Серед ключових проблем, що ускладнюють процес ресоціалізації, слід виділити: комплекс симптомів ПТСР (нав'язливі спогади, безсоння, гіперзбудження), емоційну притупленість, складнощі в емоційному спілкуванні, відчуття втрати сенсу життя, соціальну ізоляцію та кризу ідентичності. Усі ці фактори потребують кваліфікованого психологічного втручання.

Психологічна підтримка ветеранів має бути комплексною та багаторівневою. Першочергове завдання полягає в створенні безпечного простору для відреагування травматичного досвіду. Не менш важливим є навчання ветеранів навичкам саморегуляції та управління симптомами ПТСР. О. Хоменко [5] у своїх роботах детально описує методи розвитку стресостійкості, які є особливо актуальними для

ветеранів. Ключову роль відіграє формування адаптивних стратегій подолання стресу та розвиток стресостійкості. Особливе місце займає робота з кризою ідентичності та відновленням смислів життєдіяльності. Т. Титаренко [4] у дослідженнях життєстійкості показує важливість смисложиттєвих орієнтацій у подоланні наслідків травми. Важливо допомогти ветерану відновити соціальні зв'язки та комунікативні навички, які часто значно погіршуються після повернення з війни. Психологічна підтримка має охоплювати не лише самого ветерана, але й його родину, яка також потребує допомоги в адаптації до нових умов. Сучасна психологічна практика пропонує широкий спектр ефективних методів роботи з ветеранами. Серед них особливої уваги заслуговують когнітивно-поведінкова терапія, яка довела свою ефективність у корекції симптомів ПТСР за дослідженнями Brett Litz [8] та інших фахівців. Десенсибілізація та переробка руху очей (EMDR) є спеціалізованим методом роботи з травматичними спогадами, розробленим Francine Shapiro. Терапія прийняття та відповідальності (АСТ) допомагає у формуванні психологічної гнучкості. Групова психотерапія та робота в терапевтичних групах надають можливість соціальної підтримки та обміну досвідом. Український дослідник Ю. Чайка [6] розробив оригінальні підходи до групової роботи з ветеранами. Тренінги соціальних навичок та комунікації допомагають у подоланні ізоляції. Сімейна терапія сприяє відновленню родинних відносин. Важливе значення мають також методи арт-терапії, тваринно-асистованої терапії та інші креативні підходи.

Ефективність психологічної підтримки має ґрунтуватись на багаторівневій системі допомоги яка має включати кризову інтервенцію для ветеранів у гострих станах, довготривалу психотерапевтичну підтримку та супровід у процесі соціальної інтеграції. Створення спеціалізованих центрів реабілітації з командою фахівців (психологи, психотерапевти, соціальні працівники) дозволяє забезпечити комплексний підхід. Розвиток мережі громадських організацій та ветеранських об'єднань створює додаткові можливості для взаємодопомоги та соціальної підтримки. Інтеграція психологічної допомоги в загальну систему охорони здоров'я та соціальних служб забезпечує її доступність для різних категорій ветеранів. Важливим є створення національної стратегії психологічної реабілітації ветеранів.

Незважаючи на очевидну важливість психологічної підтримки, існує низка серйозних проблем у цій сфері. До них належать недостатня кількість кваліфікованих фахівців, які мають досвід роботи з бойовою травмою, фрагментарність та неефективність існуючих програм допомоги, соціальна стигматизація звернення за психологічною допомогою, недостатнє фінансування відповідних служб. Серед перспектив розвитку можна виділити необхідність впровадження єдиних стандартів надання психологічної допомоги, розвиток системи підготовки та підвищення кваліфікації фахівців, створення суцільної мережі реабілітаційних центрів, активізацію наукових досліджень у цій галузі, а також розвиток програм онлайн-консультування для забезпечення доступності допомоги. Досвід Rachel Dekel [7] у дослідженні ефективності різних моделей реабілітації може бути корисним для України.

Висновки. Психологічна підтримка є вирішальним чинником успішної ресоціалізації ветеранів бойових дій. Вона має бути комплексною, багаторівневою та тривалою, починаючи з моменту повернення з зони бойових дій і продовжуючись на всіх етапах адаптації до мирного життя. Ефективність цієї підтримки залежить від правильного поєднання різних методів психологічного втручання, створення цілісної організаційної системи та подолання існуючих соціальних бар'єрів.

Література

1. Кокун О. Психологія професійної стійкості. Київ: НаУКМА, 2012. 200 с.

2. Савчин М.В. Психологія розвитку зрілої особистості: стійкість, сенси, адаптація. Івано-Франківськ: ПНУ, 2019. 254 с.
3. Смеречинська Л. Формування життєстійкості в умовах професійного розвитку. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2020. 192 с.
4. Титаренко Т. Життєстійкість особистості: сучасні концепції. Київ: Либідь, 2018. 76 с.
5. Хоменко О. Розвиток стресостійкості сучасних фахівців. Київ: Академвидав, 2020. 180 с.
6. Чайка Ю.Ю. Психологічна допомога ветеранам АТО/ООС: теорія і практика. Київ: 2021. 215 с.
7. Dekel R., Hankin I. The Effectiveness of Psychotherapeutic Interventions for War Veterans with PTSD. Psychology Today, 2019.
8. Litz B.T. et al. Adaptive Disclosure: A New Treatment for Military Trauma, Loss, and Moral Injury. N.Y.: Guilford Press, 2016.

УДК 159.9

В.В. Вишньовський, к.психол.н., доцент; М.Т. Заброцька

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРИЧИНИ ТА ПРОЯВИ СТРЕСУ Й ВИГОРАННЯ У ПРАЦІВНИКІВ СФЕРИ ОБСЛУГОВУВАННЯ

V.V. Vyshnovskyi Ph.D, Assoc. Prof.; M.T. Zabrotska

CAUSES AND MANIFESTATIONS OF STRESS AND BURNOUT IN SERVICE WORKERS

Сфера обслуговування є однією з найбільш динамічних та психологічно напружених сфер професійної діяльності, оскільки її головним елементом виступає безпосередня взаємодія людини з людиною. Саме інтенсивний контакт із клієнтами, який передбачає високу емоційну залученість, соціальну відповідальність та необхідність постійного дотримання вимог організації, формує специфічні ризики для психологічного здоров'я працівників. У цих умовах стрес стає не епізодичним, а системним явищем, яке інтегрується у повсякденний ритм професійної діяльності та, поступово накопичуючись, трансформується у синдром емоційного вигорання. Вивчення причин і механізмів цього процесу дозволяє глибше осмислити природу психологічного виснаження та окреслити важливі напрями профілактики [3].

Організаційні та психологічні чинники стресу й вигорання мають у сфері обслуговування особливо комплексний характер, оскільки поєднують вимоги зовнішнього середовища, корпоративні стандарти, динаміку міжособистісних стосунків та індивідуальні особливості працівника. З одного боку, сервісна діяльність передбачає виконання чітко визначених сценаріїв емоційної поведінки: привітність, доброзичливість, емпатія, витриманість у конфліктних ситуаціях, здатність швидко й коректно реагувати на запити клієнтів. З іншого боку, будь-які природні емоції працівника – втома, роздратування, страх, невпевненість – мають бути приховані, адже суперечать вимогам професійної ролі. Саме тому явище емоційної праці, визначене А. Гохманом як свідоме регулювання зовнішніх проявів емоцій задля досягнення професійного ефекту, є центральним у формуванні хронічного психоемоційного напруження. Постійне розходження між внутрішніми переживаннями та необхідністю демонструвати «емоційний оптимізм» породжує когнітивний дисонанс, що поступово призводить до виснаження [5].

Особливо важливим чинником є багаторольовість професійної діяльності у сфері обслуговування. Працівник одночасно виконує ролі комунікатора, представника організації, посередника, психолога, конфліктолога й інколи навіть медіатора між різними сторонами взаємодії. Рольова амбівалентність породжує внутрішні суперечності, оскільки вимоги ролей не завжди узгоджуються з реальними емоційними ресурсами людини. Так, необхідність стримувати власні емоції та задовольняти очікування клієнтів часто сприймається як тиск, що призводить до підвищеної тривожності. Людина починає сумніватися у власній компетентності, відчуває страх критики та невдачі. Тривога знижує якість прийняття рішень, ускладнює комунікацію, спричиняє гіперпильність і створює замкнене коло, у якому психологічні ресурси витрачаються швидше, ніж встигають відновлюватися [1].

Важливу роль у формуванні вигорання відіграє рівень емпатійності працівника. Емпатія, необхідна для підтримки якісної взаємодії, може мати як позитивний, так і негативний вплив. За умов надмірного емоційного залучення розвивається синдром співчутливого виснаження – стан, коли постійне співпереживання клієнтам перевищує можливості психологічного відновлення. Поступово емпатія втрачає свою природність і трансформується в емоційну байдужість або дистанційованість, що є своєрідною захисною реакцією. На цьому етапі працівник починає уникати контактів, демонструючи зниження залученості та втрату інтересу до професійної діяльності.

Потужним предиктором вигорання є низька самооцінка, що посилює залежність від зовнішньої оцінки та робить працівника вразливим до негативних реакцій клієнтів або керівництва. Негативні когнітивні установки, такі як катастрофізація труднощів, фіксація на помилках чи скептичне ставлення до власних можливостей, також сприяють розвитку фрустрації та відчуття безнадійності. Працівники, які сприймають професійні виклики як загрозу, а не як стимул до зростання, частіше потрапляють у стан виснаження. На відміну від них, психологічно гнучкі фахівці здатні адаптувати свою поведінку до нових ситуацій та продуктивніше долати складні обставини [2].

Коли професійна діяльність займає надмірну частину часу і не залишає ресурсу для відпочинку чи задоволення власних потреб, людина поступово втрачає відчуття цілісності. Надмірне зосередження на роботі сприяє ототожненню себе лише з професійною роллю, тому будь-яка невдача сприймається як удар по власній ідентичності. Це посилює вразливість до стресу, спричиняє емоційну втомленість і провокує появу апатії.

Процес розвитку вигорання має поступовий характер. На початковому етапі людина намагається компенсувати втому підвищеною активністю та мобілізацією сил. Проте з часом компенсаторні механізми слабшають, виникає відчуття виснаження, що супроводжується стійким емоційним напруженням. Коли ресурси вичерпуються, формується фаза емоційного відсторонення та деперсоналізації: працівник починає ставитися до клієнтів як до об'єктів, уникає глибокої взаємодії, демонструє байдужість та зниження професійної ефективності. Наприкінці цього процесу формується редукція професійних досягнень, коли людина більше не бачить сенсу у своїй діяльності та відчуває втрату особистого внеску в результат роботи [4].

Таким чином, стрес та емоційне вигорання у сфері обслуговування є багатофакторним феноменом, який визначається поєднанням організаційних, психологічних та особистісних чинників. Вони створюють складну систему взаємодії, у межах якої працівник намагається зберегти внутрішню рівновагу, виконуючи водночас високі вимоги професійного середовища. Усвідомлення цих чинників є фундаментом для розробки ефективних програм профілактики та підтримки психологічного благополуччя працівників, які щоденно здійснюють соціально важливу функцію забезпечення якості

сервісу. Підтримка їхнього психічного здоров'я є не лише умовою особистісного розвитку, а й ключовою передумовою підвищення ефективності організації загалом.

Література

1. Булатевич, Н. М. До проблеми психічного вигорання. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Сер. : Соціологія. Психологія. Педагогіка. 2002. Вип. 12–13. С. 121–124.
2. Гіліцина, Л. Стратегії поведінки під час стресу. *Управління освітою*. 2012. №4. С. 2–6.
3. Горащук, В. П. Професійне вигорання як форма дезадаптації особистості у трудовій діяльності. *Психологія і суспільство*. 2016. № 3. С. 56–62.
4. Корнієнко, І. В. Психологічні особливості професійного вигорання у працівників сфери послуг. *Психологічні перспективи*. 2018. № 32. С. 114–121.
5. Лазуренко, О. О. Психологія професійного здоров'я фахівця: до проблеми профілактики емоційного вигорання та формування емоційної компетентності лікаря. *Fundamental and Applied Researches in Practice of Leading Scientific Schools*. 2016. № 1 (13). Р. 140–154

УДК 159.9

В.В. Вишньовський, к.психол.н., доцент; О.В. Кіт

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПСИХОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНОГО ВИГОРАННЯ У МИТНИХ БРОКЕРІВ МІЖНАРОДНИХ КОМПАНІЙ

V.V. Vyshnovskyi Ph.D, Assoc. Prof.; O.V. Kit

PSYCHOLOGICAL FACTORS OF THE OCCUPATIONAL BURNOUT IN CUSTOMS BROKERS OF INTERNATIONAL COMPANIES

Професійна діяльність митних брокерів у міжнародних компаніях характеризується високим рівнем психоемоційного навантаження, що робить їх особливо вразливими до розвитку синдрому професійного вигорання. Специфіка професії поєднує необхідність роботи в умовах жорстких дедлайнів, постійних змін митного законодавства, високої матеріальної відповідальності та необхідності взаємодії з численними контрагентами. Дослідження, проведені такими вченими, як К. Маслач [4], В. Бойко [1] та С. Горіної [2], показують, що професійне вигорання є не індивідуальною слабкістю, а соціально-психологічним явищем, зумовленим специфікою професійного середовища. Актуальність даної проблеми зумовлена тим, що емоційне виснаження митних брокерів безпосередньо впливає на економічну безпеку компаній, швидкість митного очищення та логістичні ланцюги постачання.

Ключовим чинником, що формує передумови для вигорання, є організаційне середовище. Митні брокери працюють в умовах тривалої правової невизначеності та перманентних змін нормативно-правової бази, що вимагає від них постійного навчання та адаптації, ведучи до інформаційного перевантаження. Як зазначає А. Леонтьєв [1], саме хронічний стрес, викликаний невизначеністю, є одним з найруйнівніших для психіки. Іншим критичним аспектом є конфлікт між надвисокою відповідальністю (помилка коштує компанії великих фінансових втрат і репутаційних ризиків) та обмеженими повноваженнями, оскільки брокер часто залежить від рішень митних органів. Це породжує відчуття безсилля та синдром «емоційної гіпервідповідальності».

Ненормований робочий день, обумовлений різними часовими поясами клієнтів і партнерів, порушує work-life balance, систематично виснажуючи психічні ресурси фахівця.

Певні особистісні якості, що спочатку є професійно важливими, можуть стати внутрішніми чинниками ризику вигорання. До них належить надмірно розвинена відповідальність та перфекціонізм. Бажання ідеально виконати всі завдання в умовах часового дефіциту та зовнішніх обмежень веде до фрустрації та самоз'їдання. Дослідження Л. Смеречинської [2] вказують на пряму зв'язок між перфекціонізмом і емоційним виснаженням. Низька толерантність до невизначеності робить фахівця вразливим у середовищі, де зміни є єдиною постійною величиною. Ригідність мислення, корисна для дотримання інструкцій, заважає швидкої адаптації до нових умов, викликаючи тривогу та опір. Крім того, схильність до самопожертви та ігнорування власних потреб на користь задач компанії швидко вичерпує емоційні резерви, ведучи до стану, який Т. Титаренко [3] визначає як «емоційне виснаження».

Важливу роль у генезі професійного вигорання відіграють аспекти комунікації. Митні брокери є «буферною ланкою» між клієнтами, логістами, постачальниками та державними органами, що змушує їх постійно перебувати в епіцентрі конфліктів інтересів. Необхідність гасити ці конфлікти та залишатися емоційно стриманим вимагає значного самоконтролю, що веде до синдрому «емоційної роботи» – необхідності відображати не ті емоції, що відчуються насправді. Як показав В. Шинкарев [6], це один з ключових шляхів до емоційного виснаження. Відчуття соціальної несправедливості, наприклад, при порівнянні власного високого рівня стресу з недостатнім, на їхню думку, матеріальним або моральним винагородженням, є потужним провокатором цинізму – другої фази вигорання. Відсутність підтримки з боку безпосереднього керівництва та колег посилює відчуття ізоляції та безпорадності.

Психологічне вигорання митного брокера має негативні наслідки як на індивідуальному, так і на організаційному рівні. На індивідуальному рівні спостерігається різке зниження концентрації уваги, що веде до помилок у митному декларуванні, фінансових санкцій для компанії та втрати репутації. Емоційна втома та цинізм породжують байдужість до результатів праці, формалізм і спротив інноваціям. Як зазначає І. Дзьоба [3], у стані вигорання співробітник втрачає здатність до навчання та засвоєння нової інформації, що є критичним у професії, що постійно змінюється. На рівні компанії це виливається у зниження ефективності митно-логістичних операцій, високі операційні ризики, плінність кадрів та витрати на їх заміну і адаптацію. Таким чином, вигорання ключових фахівців безпосередньо загрожує операційній діяльності міжнародної компанії.

Профілактика професійного вигорання митних брокерів має бути комплексною, поєднуючи організаційні та індивідуальні заходи. На організаційному рівні необхідно створення прозорої системи комунікації та управління, що мінімізує невизначеність. Впровадження системи наставництва та регулярних супервізій, подібно до тієї, що пропонує О. Хоменко [6], дозволить розподілити відповідальність і надати психологічну підтримку. Критично важливим є забезпечення можливостей для професійного розвитку та кар'єрного росту, що відновлює сенс діяльності. На індивідуальному рівні необхідно навчання фахівців технікам управління стресом, емоційної саморегуляції та тайм-менеджменту, базові принципи яких описані Н. Чепелевою [2]. Формування навичок психологічної гнучкості (resilience), згідно з концепцією М. Савчина [5], допоможе фахівцям адаптуватися до змін без шкоди для психічного здоров'я.

Висновки. Психологічні чинники виникнення професійного вигорання у митних брокерів міжнародних компаній мають системний характер і є наслідком взаємодії стресового організаційного середовища та певних особистісних якостей. Ключовими

детермінантами виступають правова невизначеність, висока відповідальність, роль «буфера» в конфліктах, необхідність емоційної роботи, а також перфекціонізм і ригідність самих фахівців. Запобігання цьому явищу вимагає від керівництва компаній усвідомлення економічних збитків від вигорання ключових співробітників та впровадження програми системної профілактики, спрямованої як на оптимізацію процесів, так і на розвиток психологічної стійкості персоналу. Інвестування в психологічне благополуччя митних брокерів є не витратою, а стратегічною інвестицією в стабільність і ефективність бізнесу в умовах глобалізації.

Література

1. Бойко В.В. Синдром «емоційного вигорання» в професійному спілкуванні. Харків: Гуманітарний центр, 2019. 284 с.
2. Горіна С.В. Психологічні детермінанти професійного вигорання працівників соціономічних професій. Одеса: Видавничий дім, 2022. 196 с.
3. Дзьоба І.В. Професійне вигорання та його вплив на ефективність праці. Київ: КНТ, 2021. 192 с.
4. Маслач К., Джексон С. Професійне вигорання: останні розробки в теорії та дослідженнях. Київ: Основа, 2021. 320 с.
5. Савчин М.В. Психологічна стійкість у професійному середовищі. Івано-Франківськ: ПНУ, 2023. 210 с.
6. Хоменко О.С. Психологічна профілактика професійного вигорання. Вінниця: ТОВ «Ніланд-ЛТД», 2023. 224 с.

УДК 159.9

В.В. Вишньовський, к.психол.н., доцент; В.В. Липницький

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕМОЦІЙНЕ ВИГОРАННЯ ЯК ПРЕДИКТОР ПРОФЕСІЙНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ СПІВРОБІТНИКІВ ПОЛІЦІЇ

V.V. Vyshnovskyi Ph.D, Assoc. Prof.; V.V. Lipnytskyi

EMOTIONAL BURNOUT AS A PREDICTOR OF PROFESSIONAL DEFORMATION OF POLICE OFFICERS

Професійна діяльність співробітників поліції належить до категорії екстремальних видів праці, що характеризуються високим рівнем стресогенності, відповідальності та емоційної напруги. Щоденний контакт із небезпекою, необхідність приймати швидкі рішення, взаємодія з агресивно налаштованими або вразливими групами населення, а також постійний контроль і суспільні очікування створюють сукупність чинників, які сприяють перевантаженню психіки. У таких умовах емоційне вигорання формується як одна з найчастіших реакцій на тривалий стрес і може переростати у професійну деформацію, що негативно впливає не лише на особистість поліцейського, а й на якість виконання службових обов'язків і взаємодію з громадою.

Емоційне вигорання у співробітників поліції розглядають як багатовимірний феномен, що включає емоційне виснаження, деперсоналізацію та відчуття зниження професійної ефективності. Цю структуру детально описала К. Маслач у межах концепції Maslach Burnout Inventory, яка й сьогодні є однією з найпоширеніших у світових дослідженнях професійного вигорання. Вона підкреслювала, що постійне перебування у стресових умовах та надмірне емоційне залучення поступово

виснажують особистісні ресурси фахівця. Дослідження Дж. Пайнса, Г. Фройденбергера та Р. Лазаруса також вказують на те, що хронічний стрес без належного відновлення призводить до формування деструктивних змін у професійній поведінці [1; 3; 4; 5].

В українському науковому просторі проблематику емоційного виснаження у сфері діяльності підвищеної небезпеки вивчали О. Кокун, Т. Титаренко, О. Хоменко, Л. Смеречинська, Н. Чепелєва, які акцентували на зв'язку між стресостійкістю, емоційною саморегуляцією та збереженням психологічного благополуччя фахівців. Так, дослідження О. Кокун засвідчують, що надмірне психоемоційне навантаження без достатніх навичок психологічної компенсації призводить до поступової втрати професійної гнучкості та розвитку внутрішньої спустошеності. Т. Титаренко підкреслює, що в умовах хронічного стресу особистість втрачає здатність адаптуватися, що прямо впливає на формування деформацій у професійній поведінці [3; 4; 5].

Професійна деформація співробітників поліції проявляється у зміні ставлення до роботи, клієнтів, норм професійної етики та власної ролі у системі службових відносин. Найчастіше такі зміни мають форму надмірної підозрілості, емоційної холодності, цинізму, жорсткості, зниження емпатії, формалізму у виконанні професійних завдань. Як зазначають українські дослідники О. Донченко, З. Кісіль, Г. Костюк, подібні трансформації не є раптовими – вони формуються поступово, як наслідок виснаження психологічних ресурсів, втрати мотивації та розвитку емоційної нечутливості до страждань або переживань інших людей [2].

Емоційне вигорання виступає одним із ключових предикторів професійної деформації, оскільки знижує здатність поліцейського до саморегуляції, гальмує розвиток адекватних копінг-стратегій, провокує емоційне відчуження від суспільства та професійної групи. За даними К. Коннора та Дж. Девідсона, психологічна резильєнтність може слугувати захисним механізмом, однак її недостатній розвиток значно підвищує ймовірність формування професійного вигорання. В українських реаліях, де правоохоронці працюють у контексті складної соціально-політичної ситуації, ризик виснаження зростає у декілька разів [2; 4].

Особливу увагу привертають результати досліджень М. Савчина та Л. Смеречинської, які підкреслюють, що ефективне функціонування правоохоронця у кризових ситуаціях залежить від рівня сформованості емоційної та стресової стійкості. Натомість емоційне виснаження призводить до автоматизації поведінки, втрати гуманістичного підходу, формування професійного цинізму та зниження рівня професійної етики. Така деформація стає небезпечною не лише для самого поліцейського, але й для громадської безпеки, оскільки впливає на якість взаємодії правоохоронних органів із населенням та знижує рівень довіри до інституції загалом [3].

Перехід від емоційного вигорання до професійної деформації відбувається за чіткою психологічною логікою. Спочатку хронічний стрес призводить до критичного виснаження емоційних ресурсів, коли співробітник втрачає здатність до співпереживання та емпатії. Наступним етапом активуються механізми психологічного захисту – формується той самий цинізм і відстороненість, які спочатку виконують адаптивну функцію, дозволяючи економити психічні сили.

Поступово цей захисний цинізм переростає у стійку особистісну рису, трансформуючись у авторитаризм, підозрілість і агресію. На завершальному етапі емоційно виснажена людина втрачає здатність до критичної самооцінки та професійної рефлексії, що робить деформацію стійкою і майже незворотною. Особливої уваги заслуговує той факт, що організаційні фактори – такі як ненормований графік, бюрократія, відчуття соціальної несправедливості – значно прискорюють цей деструктивний процес.

З огляду на це зростає актуальність розроблення систем профілактики емоційного вигорання та програм психологічної підтримки співробітників поліції. Науковці, серед яких Т. Карабін, О. Хоменко, М. Савчин, наголошують на необхідності впровадження тренінгів емоційної саморегуляції, розвитку стресостійкості, психологічної освіти, супервізії та професійного консультування. Ефективними також вважаються когнітивно-поведінкові техніки, методики майндфулнес, програми підтримки ментального здоров'я, а також групові форми роботи, спрямовані на збереження професійної ідентичності та попередження деструктивних змін у професійній поведінці [1; 5].

Висновок. Емоційне вигорання є не лише поширеним явищем серед співробітників поліції, але й одним із ключових факторів, що спричиняють розвиток професійної деформації. Усвідомлення значення цього феномену, своєчасна діагностика та впровадження системних заходів психологічної підтримки є необхідними умовами для підтримання високої професійної ефективності, збереження психологічного благополуччя правоохоронців та зміцнення довіри громадян до правоохоронної системи.

Література

1. Карабін Т. О. Резильєнтність як фактор професійного розвитку особистості: монографія. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. С. 88–137.
2. Костюк Г. С., Максименко С. Д. Розвиток особистості в умовах професійного становлення. Київ: Освіта, 2016. С. 47–95.
3. Смеречинська Л. Формування життєстійкості в умовах професійного розвитку. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2020. С. 63–110.
4. Титаренко Т. М. Життєстійкість особистості: теоретичні засади і практичні моделі. Київ: Либідь, 2018. С. 101–145.
5. Хоменко О. В. Розвиток стресостійкості та адаптивних можливостей фахівців. Київ: Академвидав, 2020. С. 57–118.

УДК 159.9

В.В. Вишньовський, к.психол.н., доцент; В.В. Мельник
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ ЯК КОМПОНЕНТ SOFT SKILLS СУЧАСНОГО МЕНЕДЖЕРА-КОНСУЛЬТАНТА

V.V. Vyshnovskyi Ph.D, Assoc. Prof.; V.V. Melnyk

RESILIENCE AS A COMPONENT OF SOFT SKILLS OF A MODERN MANAGER-CONSULTANT

У реаліях воєнного стану питання розвитку резильєнтності набуває особливої ваги. Сучасна ситуація в Україні характеризується високим рівнем нестабільності та непередбачуваності у багатьох сферах суспільного життя, що зумовлено складними соціально-політичними обставинами. Такі умови істотно ускладнюють підтримання фізичного й психологічного здоров'я населення та його загального благополуччя. У сучасних умовах високої конкуренції, динамічних змін ринку та зростання невизначеності професійна діяльність менеджера-консультанта потребує розвитку широкого спектра психологічних компетентностей. Однією з ключових серед них є резильєнтність – здатність не лише витримувати дію стресових чинників, а й ефективно адаптуватися, зберігати продуктивність та професійний тонус у ситуаціях підвищеного тиску. У структурі soft skills ця якість стає визначальною, оскільки визначає стійкість до професійних труднощів, здатність до відновлення, стратегічну гнучкість і конструктивне реагування у взаємодії з клієнтами.

Наукове вивчення резильєнтності має міждисциплінарний характер. У психології поняття було сформоване в працях Н. Гармезі, Е. Вернер, які вперше описали феномен «psychological resilience» як здатність людини успішно долати життєві труднощі. Подальші дослідження М. Раттера, К. Рейха та Б. Сігеля підкреслили роль резильєнтності як динамічного процесу адаптації та подолання труднощів, що включає когнітивні, емоційні та поведінкові механізми [1].

У сучасній науковій літературі резильєнтність трактується як:

- властивість (індивідуальна риса, пов'язана з емоційною стабільністю);
- процес (динамічна система адаптації);
- результат (успішне подолання труднощів і повернення до продуктивного функціонування).

У контексті професійної діяльності її операціоналізували М. Шнайдер, К. Коннор і Дж. Девідсон, які створили одну з найвідоміших методик – шкалу CD-RISC [1]. В Україні вивчення стресостійкості, психологічної адаптивності та гнучкості представлено працями Т. Титаренко, О. Кокун, О. Хоменко, Л. Смеречинської, Н. Чепелевої. Українські дослідники підкреслюють роль смислової сфери, саморегуляції та адаптивного потенціалу особистості як ключових складових стійкості до стресу та професійних навантажень [2; 4; 5; 6; 7].

У професійній сфері менеджера-консультанта резильєнтність проявляється у кількох ключових блоках.

1. Емоційна стійкість – здатність підтримувати конструктивний емоційний стан, зберігати самоконтроль у конфліктних чи напружених ситуаціях із клієнтами.

2. Когнітивна гнучкість – уміння швидко переорієнтовувати мислення, адаптувати стратегії, творчо вирішувати проблеми.

3. Поведінкова адаптивність – здатність обирати оптимальні моделі поведінки залежно від потреб клієнта, ситуації на ринку чи внутрішніх змін у компанії.

4. Мотиваційна стійкість – внутрішня спрямованість на результат, уміння відновлювати робочий тонус після невдач або високих навантажень.

Дослідження soft skills у менеджменті (Д. Гоулман, Р. Бояціс, М. Віткін, Л. Спенсер) свідчать, що більшість компетентностей, які визначають успішність консультанта, мають психологічну природу та значною мірою корелюють із рівнем особистісної резильєнтності. Такі навички, як емоційний інтелект, комунікативна компетентність, саморегуляція, лідерство, навички переговорів та критичне мислення,

проявляються значно ефективніше в осіб із високим рівнем адаптивності та здатності до відновлення [1].

Особливе значення резильєнтність має для фахівців, що працюють у сфері продажів і консалтингу. Високе навантаження, часті відмови, необхідність швидкого реагування на мінливі запити ринку та клієнтів, багатозадачність, непередбачувані ситуації та необхідність щоденної взаємодії з великою кількістю людей створюють середовище підвищеного стресу. Тому менеджер-консультант із високим рівнем резильєнтності демонструє:

- стабільність результатів у довгостроковій перспективі;
- гнучкість продажних стратегій;
- здатність підтримувати позитивну взаємодію з клієнтом навіть у конфліктних ситуаціях;
- високу залученість і проактивність;
- готовність навчатися, самовдосконалюватися й адаптуватися до нових умов.

Окремі дослідження (К. Коннор, Дж. Девідсон; В. Fredrickson; S. Maddi) показують, що розвиток резильєнтності є можливим і піддається тренуванню. Ефективними підходами є тренінги стресостійкості, програми розвитку емоційної компетентності, когнітивно-поведінкові інтервенції, вправи майндфулнес, техніки саморегуляції та рефлексивний коучинг. Для менеджерів-консультантів особливо корисними є практики когнітивної переоцінки, відпрацювання гнучких стратегій взаємодії з клієнтами та техніки швидкого відновлення [5; 6; 7].

Резильєнтність як компонент soft skills набуває стратегічної ваги в діяльності сучасного менеджера-консультанта. Вона визначає професійну ефективність не лише в умовах криз, а й у повсякденній роботі, впливаючи на комунікацію, прийняття рішень, мотивацію та якість клієнтського сервісу. Розвиток резильєнтності має стати пріоритетним напрямом корпоративної підготовки фахівців сфери продажів та консалтингу, оскільки підвищує не лише індивідуальну результативність, а й конкурентоспроможність організації загалом.

Література

1. Карабін Т.О. Резильєнтність як фактор професійного розвитку особистості: монографія. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. 280 с.
2. Кокун О. Психологія професійної стійкості. Київ: НаУКМА, 2012. 200 с.
3. Лазос Г.П. Психологічні особливості розвитку гнучкості поведінки у професійній діяльності менеджера. Київ, 2019. 168 с.
4. Смеречинська Л. Формування життєстійкості в умовах професійного розвитку. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2020. 192 с.
5. Титаренко Т. Життєстійкість особистості: сучасні концепції. Київ: Либідь, 2018. 76 с.
6. Хоменко О. Розвиток стресостійкості сучасних фахівців. Київ: Академвидав, 2020. 180 с.
7. Чепелева Н.В. Психологічна адаптація особистості в умовах професійної діяльності. Київ: Інститут психології ім. Г. С. Костюка, 2017. 220 с.

УДК 159.9

В.В. Вишньовський, к.психол.н., доцент; В.П. Салайджак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕДІАРЕЛІГІЙНІСТЬ ЯК СТРАТЕГІЯ АДАПТАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО СТРЕСУ ВІЙНИ

Феномен медіарелігійності, що активізувався в українському суспільстві після початку повномасштабної війни, постає як одна з найвиразніших форм адаптації особистості до умов хронічного стресу. Війна створила середовище постійної загрози, невизначеності та психологічної нестабільності, що провокує сильні емоційні коливання, тривогу, депресивні стани та втрату відчуття контролю над власним життям. У таких обставинах особистість закономірно шукає нові ресурси, здатні стабілізувати її психоемоційний стан і повернути відчуття внутрішньої опори. Одним із таких ресурсів стає релігійність, але трансформована медіареальністю, що надає їй цифрових форм і нового змістового забарвлення. За визначенням Хайді Кемпбелл, медіарелігійність охоплює весь спектр явищ, у яких традиційні релігійні практики та символи інтегруються в мережевий простір і переживаються через медіа. В умовах війни ця інтеграція стає не просто культурним трендом, а життєво необхідною стратегією виживання [2].

Хронічний стрес війни має свої специфічні характеристики, які суттєво відрізняють його від звичайних повсякденних стресорів. Він триває невизначено довго, постійно підживлюється новими загрозами, травматичними повідомленнями, втратами та руйнуваннями. Як зазначає С. Гобфолл, у тривалих кризових ситуаціях людина переживає системну втрату ресурсів, що охоплює емоційний, мотиваційний, когнітивний і соціальний рівні. У таких умовах пошук духовних орієнтирів і можливостей для психологічного відновлення не є лише традиційним проявом релігійності, а стає способом відновлення базових відчуттів безпеки та смислу. Медіапростір, на відміну від фізичного простору, доступний завжди й усюди: під час повітряних тривог, у підвалах, у тимчасових укриттях, у ситуаціях вимушеного переселення. Тому саме медіа забезпечують людині безперервний доступ до джерел духовної стабілізації, які раніше могли бути досяжними лише в межах храму чи релігійної громади [5].

Одним із ключових ефектів медіарелігійності стає емоційна регуляція. Молитва, духовні піснеспіви, проповіді та відеофрагменти богослужінь у цифровому форматі допомагають знижувати інтенсивність негативних емоцій, створюють відчуття внутрішнього заспокоєння та захищеності. Стримінг богослужінь, перегляд проповідей чи записів молитов стають тим емоційним «якорем», який утримує людину від дезорганізації, повертає їй можливість сконцентруватися на стабільних духовних орієнтирах і не втратити психологічну рівновагу [3]. Війна руйнує ключові схеми, на яких будувалося сприйняття світу: упевненість у завтрашньому дні, відчуття справедливості, віра в контрольованість життєвих подій. Медіарелігійні повідомлення – цитати зі Святого Письма, відеопрповіді, духовні подкасти – пропонують готові інтерпретаційні схеми, які дозволяють по-іншому розглядати страждання, втрату та загрозу. Через це навіть у найтемніших ситуаціях війни у людини з'являється можливість бачити не лише руйнування, а й шлях до відновлення, що є центральним компонентом психічної резиліентності.

Окремо варто підкреслити роль онлайн-релігійних спільнот, які забезпечують людині соціальну підтримку та відчуття приналежності. За спостереженнями О. Артемової, такі спільноти у соцмережах у часи соціальної кризи виконують функцію нової форми релігійного середовища – не інституційного, але постійно активного і доступного. Учасники таких груп діляться молитвами, свідченнями особистого досвіду, підтримують одне одного у важкі моменти, пропонують духовні поради. Це створює ефект «ми-ідентичності», яка, за сучасними дослідженнями стійкості, суттєво зменшує відчуття самотності та підсилює віру в можливість подолання кризи [1].

Крім того, важливою складовою медіарелігійності є формування ресурсу надії. У ситуації війни надія стає не абстрактною моральною категорією, а практичним психологічним механізмом, що дозволяє людині зберігати активність, долати виснаження та продовжувати життєві дії. У цифровому просторі надія транслюється через обітниця Божої допомоги, символічні образи перемоги добра над злом, історії особистих чудес та свідчення духовної підтримки. Вони формують стійку установку, що навіть найважча ситуація не є остаточною. Важливим інструментом адаптації через медіарелігійність стає також ритуальність. У цифровому форматі ритуали набувають нових форм: перегляд недільної служби у прямому ефірі, щоденна онлайн-молитва, встановлення на телефоні ікон, прослуховування духовної музики перед сном або під час тривоги. Такі дії стають особистим ритуальним простором, який людина може відтворювати навіть у ситуації вимушеної евакуації чи під обстрілами, що значно знижує рівень дезорганізації та тривоги.

У сучасному цифровому середовищі сформувався великий спектр інструментів, які підтримують медіарелігійність: онлайн-трансляції богослужінь на YouTube та Facebook, релігійні Telegram-канали, мобільні додатки з молитвословами, духовні подкасти, короткі мотиваційні відео в Instagram та TikTok, віртуальні молитовні групи. Як зазначає Х. Кемпбелл, цифрове релігійне середовище стає гнучким, персоналізованим і здатним підлаштовуватися під потреби користувача, що робить його особливо релевантним у кризові часи. Саме тому для багатьох українців медіарелігійність стала не просто новою духовною практикою, а невід'ємним компонентом повсякденного психологічного виживання [4].

Попри значний адаптивний потенціал медіарелігійності, існують і певні ризики, які необхідно враховувати. Серед них – поверхневість релігійного досвіду, можливість потрапляння під вплив маніпулятивного або радикального контенту, ризик формування залежності від медіа як єдиного джерела духовної стабільності. Однак за умов критичного мислення та відповідального ставлення до джерел інформації ці ризики можна мінімізувати, зберігаючи позитивні ефекти медіарелігійності.

Таким чином, медіарелігійність в умовах війни постає як одна з найефективніших стратегій психологічної адаптації, що охоплює емоційний, когнітивний, соціальний та екзистенційний виміри. Вона зменшує інтенсивність хронічного стресу, підтримує цілісність особистості, зміцнює відчуття спільності, формує ресурс надії та забезпечує ритуальну стабільність. У цьому контексті медіарелігійність може розглядатися не просто як прояв цифрової культури, а як важливий психосоціальний механізм, що допомагає людині зберегти внутрішню рівновагу та життєву активність у ситуації тривалого воєнного випробування.

Література

1. Артемова О. Медіарелігійність у добу цифрових трансформацій: соціокультурні виміри. *Український соціологічний журнал*, 2022. С. 210–218.
2. Горелов О.П. Цифрова сакральність: релігія в медіапросторі. Харків: Вид-во ХНУ, 2022. 212 с.
3. Зімовець І.В. Медіарелігійність як феномен сучасної духовної культури. Київ: Наукова думка, 2023. 245 с.
4. Коваль С.М. Психологія релігійної поведінки в цифрову епоху. Київ: КНТ, 2023. 192 с.
5. Ковальчук Т.В. Символи опору: релігійність та патріотизм в умовах війни. Львів: Світ, 2023. 215 с.

LVIV CROISSANT ЯК ПРИКЛАД МАЛОГО БІЗНЕСУ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

A.M.Vorobets; V.S.Pavlyna; Ph.D. in Economics, Associate Professor L.B. Artemenko
LVIV CROISSANT AS AN EXAMPLE OF SMALL BUSINESS: PROBLEMS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

У динамічному ритмі сучасних міст населення дедалі частіше звертає увагу на локальні заклади, що забезпечують якісний продукт та сервіс. Високий рівень обслуговування та інноваційний підхід до клієнтів стають ключовими факторами успіху. Саме на задоволенні цих потреб ґрунтується успіх мережі «Lviv Croissants» — підприємства, що розпочиналося як локальна ініціатива і перетворилося на показовий приклад сучасного малого бізнесу в Україні, створюючи споживачам простір комфорту. Свіжоспечені круасани, що стали символом бренду, — не лише продукт харчування, а своєрідний культурний код, який поєднує європейські стандарти якості та українську підприємницьку енергію. Аромат випічки, швидкий ритм обслуговування та продумана атмосфера закладу формують своєрідну «міську сцену», де економічна активність і повсякденні практики споживачів переплітаються, створюючи динамічний і інтерактивний досвід малого бізнесу. Кожна деталь закладу — від оформлення інтер'єру до подачі свіжоспечених круасанів — створює відчуття комфорту та впізнаваності бренду для відвідувачів, які стають учасниками міського ритму, де швидкі зустрічі, короткі робочі паузи та неспішні розмови переплітаються з ароматом випічки.

Але чи може якісний продукт і приємна атмосфера компенсувати обмежені ресурси та ринкові ризики? Ефективність малого бізнесу визначається тим, наскільки вдало він поєднує свої сильні сторони з адаптацією до зовнішніх викликів. Водночас саме здатність трансформувати ці переваги у механізми подолання обмежень і ризиків створює основу для конкурентоспроможності та забезпечує стійкий і довгостроковий розвиток підприємства.

Основними труднощами, з якими стикається «Lviv Croissant», є проблеми, притаманні більшості малих підприємств в Україні. Як і інші місцеві бізнеси — «Львівська майстерня шоколаду», «Криївка», «Пузата Хата» чи «Мураками» — компанія змушена ретельно планувати витрати на сировину, оренду приміщень та оплату праці, підтримуючи стабільність ключових бізнес-процесів. Ключовим викликом для підприємства є логістичне забезпечення. Стабільні поставки борошна, цукру, шоколаду та інших інгредієнтів мають критичне значення для безперервності виробничого процесу. Будь-які цінові коливання чи перебої в постачанні безпосередньо позначаються на якості продукції, кількості відвідувачів та фінансових результатах. Крім того, підприємство функціонує в умовах зростаючої конкуренції на ринку харчових послуг. Швидка експансія сегмента кондитерських і кав'ярень, а також стрімке підвищення споживчих очікувань формують необхідність постійного оновлення бізнес-моделі. У таких умовах фірма має не лише підтримувати стабільно високий рівень якості продукції та сервісу, а й активно інвестувати в маркетингові інструменти, розвиток бренду та елементи емоційної айдентики, що дозволяє зберігати лояльність наявних клієнтів і залучати нову аудиторію. Незважаючи на проблемні ситуації, кав'ярня «Lviv Croissant» демонструє значний потенціал для розвитку. За

даними проведеного SWOT-аналізу, ключові конкурентні переваги підприємства включають:

- високу якість продукції;
- унікальну концепцію закладу;
- вигідне розташування у центрі міста та на жвавих вулицях;
- власну обсмажувальню кави;
- досвідчений і кваліфікований персонал [1].

В контексті висвітлення питання варто відмітити, що вплив воєнного стану призвів до суттєвої трансформації споживчої поведінки українських домогосподарств, що проявляється у змінах способів взаємодії зі споживачами, зокрема у перегляді пріоритетів клієнтів та модифікації моделей їхньої поведінки. Потреба в комфорті, довіра до брендів та цифровізація формують нові патерни споживання, що значно відрізняються від довоєнних. Не менш важливим є створення та підтримка позитивного іміджу. Репутація відображає задоволеність клієнтів, рівень їхньої лояльності та сприйняття бренду на ринку. Для її оцінки застосовують опитування споживачів та аналіз відгуків у соціальних мережах. Крім того, маркетингові інструменти, такі як: онлайн-замовлення через QR-коди, бонусні програми в мобільному додатку, акції для підписників у соціальних мережах, сприяють зміцненню довіри клієнтів і підвищенню конкурентоспроможності компанії. Важливою складовою впровадженої структури управління бізнесу є франчайзингова система, яка дозволяє новим підприємцям відкривати кав'ярні під брендом «Lviv Croissants», сплачуючи за право користування торговою маркою та отримуючи готову бізнес-модель.

Одночасно, перехід до реалізації цілей щодо нарощуванн обсягів спонукав мережу обрати для себе шлях міжнародної експансії попри низку об'єктивних викликів і засвідчив, що українські бренди можуть успішно працювати в різних країнах, зберігаючи власну ідентичність, стандарти якості та любов до свіжої випічки. Вихід на зовнішні ринки: 1) стимулює вдосконалення продуктів, логістичних процесів і маркетингових стратегій, що забезпечує стійкість та адаптивність бізнесу до нових економічних реалій; 2) сприяє підвищенню престижності бізнесу та доступу до інноваційних технологій; 3) знижує ризики залежності від одного ринку або продукту, що сприяє оптимізації бізнес-процесів [2].

Бренд вийшов на європейський ринок у вересні 2022 року. Перший заклад відкрився у прикордонному польському місті Згожеlecь. Сьогодні – це не просто українська мережа, а бренд, впізнаваний в багатьох країнах світу: загальна кількість закладів налічує 200+ точок в Україні, Польщі, Словаччині, Чехії, Франції, Південній Кореї та США. За результатами 2024 року, №1 у рейтингу Forbes за кількістю закладів в Україні [3]. Мережа зберігає хіти, які представляють бренд, але додає локальні смаки, оскільки просування бренду без врахування культурних особливостей іншої країни неможливе. Наприклад, у Польщі працюють варіанти з місцевими ковбасками, у Франції — акценти на класичних сирних поєднаннях, у Словаччині популярні варіації з беконом. У листопаді 2025 року посилення позицій відбулося шляхом відкриття аналогічного магазину у м. Осло (Норвегія), що потребувало перебудови логістики та погодження пакування відповідно до суворих «зелених» стандартів, інвестиції у проєкт перевищили €200 тис.[4]. Вихід на міжнародні ринки відкриває додаткові можливості для диверсифікації доходів та підвищення впізнаваності бренду, хоча передбачає фінансові та організаційні виклики. Найскладнішими процесами виявилися юридичні та регуляторні моменти, які враховували правила роботи кожної країни з харчовими продуктами, маркування, сертифікації обладнання.

Підводячи підсумки, відзначимо, що діяльність мережі «Lviv Croissants» демонструє ефективність малого бізнесу в Україні. Своєчасне масштабування,

продумана маркетингово-комунікаційна стратегія, принципово нова бізнес-модель, що пройшла випробування і часом, і кризовими ситуаціями, допомогла бренду популяризувати українське, розширити гастрономічний світогляд і переконатися, що круасан може бути не лише випічкою до сніданку, а й повноцінною стравою зі свіжими овочами, м'ясом, рибою та іншими інгредієнтами. Цей шлях - приклад того, як франчайзинг може стати потужним інструментом для глобального успіху, поєднуючи локальні традиції з інноваціями. Бренд наочно демонструє, що з продуманою стратегією та командою фахівців можна подолати будь-які динамічні виклики й вийти на світову арену.

Література

1. Стецюк А. Ю. Малі підприємства та їх роль у ринкових умовах господарювання. 2023. Київ. С. 20–29. URL: <https://surl.li/vrugit>
2. Як Lviv Croissants створили нову гастрономічну культуру URL: <https://surl.li/vkfnsu>
3. Бодняк О. Мережа «Львівські круасани» відкриває пекарню в норвезькому Осло URL: <https://zaxid.net/news/https://zaxid.net/news/>
4. Трач Ю. В. «Essence and Peculiarities of Technogenic Civilization». URL: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/VisnikPK/article/view/8802>

УДК 339.1

А. М. Воробець; к.е.н., доцент Л.Б. Артеменко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

БЛАКИТНИЙ ОКЕАН — СТРАТЕГІЯ МИСЛЕННЯ БЕЗ ОБМЕЖЕННЯ

A. M. Vorobets; Ph.D, Assoc. Prof., L.B. Artemenko

BLUE OCEAN — A STRATEGY OF THINKING WITHOUT LIMITS

У сучасних умовах розвитку бізнесу компанії або плывуть у червоних водах боротьби, що робить ринкову ситуацію перенасиченою та ускладнює виживання, або досліджують безмежні блакитні простори, де цінність створюється не лише самим продуктом, а й тим, як його презентують, просувають і доставляють до споживача, враховуючи глобальні виклики та вимоги сталого розвитку. Блакитний океан — це концепція, що дозволяє створювати нові ринки та попит, змінюючи саму природу конкуренції та відкриваючи горизонти для інновацій, стратегічного лідерства і безпечного розвитку. Коли традиційна конкуренція досягає своїх меж, виникає новий простір - блакитний океан, який, за концепцією Кіма та Моборн, виступає середовищем для розробки принципово нових продуктів і реалізації стратегій блакитного океану, спрямованих на створення нового ринку та формування стратегічного лідерства [1]. Компанія не змагається за вже існуючого споживача, а створює новий попит, пропонуючи напрями, які раніше не розглядалися, та приваблюючи клієнтів інноваційним підходом і унікальною цінністю. Кожна ідея стає поштовхом до подальшого зростання, а невідоме перетворюється на простір стратегічних можливостей і формування нових стандартів ринку. Стратегії блакитного океану передбачають свіжий погляд на ринок і створення інноваційної цінності, здатної перетворювати наявні обмеження у можливості розвитку. Компанія не вступає в боротьбу з конкурентами, а формує власний ринковий простір, завдяки інноваційним продуктам та рішенням, що відповідають прихованим потребам споживачів.

Яскравими прикладами реалізації стратегій блакитного океану є компанії Dyson. До її появи ринок пирососів був типовим "червоним океаном", де конкуренція точилася навколо потужності та ціни. Проте, Джеймс Дайсон створив пиросос без мішка на основі циклонної технології, який не втрачав потужність всмоктування та мав сучасний дизайн, формував новий попит, зміщував фокус споживачів на інноваційність, ефективність та естетичну цінність, закладаючи нові стандарти ринку. Подібним чином, бренд Zara змінив уявлення про швидку моду, впровадивши модель оперативного виробництва та розподілу товарів, що дозволяє швидко реагувати на зміни споживчих уподобань і модні тренди. Поєднуючи сучасний дизайн, доступну ціну та швидке оновлення асортименту, Zara формує власну нішу, де конкуренція зосереджена не лише на ціні, а й на здатності пропонувати актуальні та бажані продукти в максимально короткий термін. Starbucks сформував унікальний споживчий досвід, поєднавши продукт із комфортною атмосферою, що сприяє роботі та соціальній взаємодії. Red Bull змінив сприйняття енергетичних напоїв, асоціювавши їх із екстремальними видами спорту та яскравими емоційними переживаннями, що дозволило створити новий ринковий сегмент. Spotify трансформував музичну індустрію, забезпечивши користувачів доступом до мільйонів композицій, персоналізованих рекомендацій та інтерактивних плейлистів, задовольняючи потреби, які раніше залишалися неусвідомленими. Ці приклади демонструють, що стратегія блакитного океану передбачає не лише технологічні інновації, а й комплексний підхід до створення цінності для споживача та формування нових ринкових стандартів.

Одним із яскравих прикладів застосування стратегії блакитного океану в Україні є компанія *Drone.ua*, яка створила новий ринок, використовуючи дрони для професійних цілей, таких як сільське господарство, геодезія, охорона. Замість звичайного продажу техніки, компанія пропонує комплексні рішення, включаючи навчання, технічну підтримку та оренду дронів, що дозволило їй стати лідером на ринку безпілотних технологій в Україні.

Досвід провідних компаній свідчить, що стратегія блакитного океану спонукає мислити без обмежень і створювати для клієнтів унікальну цінність. Конкуренція відходить на другий план: центральним завданням є ідентифікація нових можливостей,

спрямованих на задоволення потреб клієнтів ще до їх усвідомлення. Інноваційна цінність може реалізовуватися через впровадження новаторського дизайну, підвищення зручності, оперативності обслуговування, забезпечення високої якості продукції або створення раніше відсутніх емоційних і функціональних переваг. Успіх реалізації стратегії можливий лише за умови, якщо компанія відмовляється від традиційних схем і застосовує нестандартне мислення. Це передбачає руйнування усталених рамок, впровадження новаторських рішень та прийняття ризиків, на які не наважуються інші учасники ринку. Такі сміливі кроки формують «блакитні океани», відкриваючи простір для стратегічного зростання та встановлення нових ринкових стандартів [2].

Сьогодні, в умовах нестабільного середовища, стратегія блакитного океану стає особливо актуальною, оскільки вона дозволяє компаніям знаходити нові можливості та уникати прямої конкуренції. Як зазначає професор Чан Кім, «нестабільне середовище — це найкращий час і можливість вчитися, творити і змінювати своє майбутнє», і Україна має шанс перейти від «червоного» океану до «блакитного», зосередивши зусилля на ринках, де немає конкурентів, але є великий потенціал для розвитку. Водночас Репіч А.Т. підкреслює, що «питання створення блакитних океанів не є таким актуальним для ринків України, як для Заходу, оскільки жорсткої конкуренції в нашій країні немає» [3].

У підсумку можна констатувати, що суть блакитного океану полягає не у створенні чогось абсолютно нового лише для того, щоб обійти конкурентів, а в здатності бачити нові можливості у вже існуючих речах і перетворювати їх на унікальну цінність, відкриваючи власний простір для розвитку та інновацій. В умовах воєнного стану можливості для формування блакитних океанів не зникають — навпаки, набувають нового змісту. Сучасні виклики стимулюють бізнеси шукати нестандартні рішення, здатні одночасно задовольняти актуальні потреби та створювати нову цінність. Так, підприємства харчової промисловості розробляють продукти тривалого зберігання та спеціальні раціони для військових підрозділів; компанії легкої промисловості впроваджують інноваційні технології для виробництва тактичного одягу з підвищеними показниками захисту й комфорту; освітні платформи формують онлайн-курси, спрямовані на підготовку громадян до дій у кризових та надзвичайних ситуаціях.

Література

1. Сотніченко Е., Демченко Т. СТРАТЕГІЯ БЛАКИТНОГО ОКЕАНУ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНСЬКИХ КОМПАНІЯХ. Наукові барви — 2022: зб. тез доп. учасників декади студ. науки у межах 89-ї наук. студ. конф. «Інноваційні ідеї та проекти для економічного відродження України», 17-27 травня 2022 р. / М-во освіти і науки України, Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана. Київ : КНЕУ, 2022. 17–27 трав. 2022. С. 67–69. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ccfb0ebb-bf12-48af-9b58-b0e1eb307626/content>
2. Гнедіна К. СТРАТЕГІЯ БЛАКИТНОГО ОКЕАНУ: СТВОРЕННЯ РИНКІВ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ БІЗНЕС-СЕРЕДОВИЩА. І Міжнародна науково-практична конференція «ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІЗНЕСУ, ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ І ТУРИЗМУ»: зб. тез. Чернігів, 9 квіт. 2020. С. 21–24. URL: <https://ir.stu.cn.ua/communities/4d60bfba-ab44-4542-985f-f2a11e8bcf7d>

3. Безугла Л. С., Пілова К. П., Макуха Ю. М. СТРАТЕГІЯ БЛАКИТНОГО ОКЕАНУ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ВЕКТОР РОЗВИТКУ БІЗНЕС-СТРУКТУР. *Вісник Хмельницького національного університету: Економічні науки* 2020, № 4, Том 3, С. 95–99. URL: <https://journals.khnu.km.ua/vestnik/?p=7428>

УДК 338.13

Б. Гловацький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

Bohdan Glowatsky

COMPREHENSIVE MARKETING PLANNING SYSTEM FOR ENTERPRISES

Сучасне маркетингове планування має функціонувати як комплексна система, що включає підсистеми стратегічного планування та планування маркетингу.

Стратегічне планування визначає довгострокові цілі розвитку підприємства та напрями їх досягнення; поточне (тактичне) конкретизує заходи для реалізації стратегічних завдань у середньостроковій перспективі; оперативно-календарне забезпечує щоденну координацію діяльності підприємства та контроль за виконанням запланованих дій.

Період виникнення стратегічного планування як науки відноситься до I–III століть до н. е. і пов'язується з розвитком військової думки у Стародавній Греції та Стародавньому Римі. Засновником стратегічного планування як системи дій, спрямованих на досягнення визначеної мети, вважають Олександра Македонського. Первісно стратегічне планування сформувалося у межах **військової науки**, де воно застосовувалося для розроблення ефективних стратегій ведення бойових дій та управління великими арміями [1, с. 12].

Стратегічне планування орієнтується на довгострокову перспективу розвитку підприємства та охоплює комплекс ідей і заходів, спрямованих на забезпечення його сталого зростання протягом 5–10 років. Основною метою стратегічного планування є визначення оптимального напрямку та темпів розвитку підприємства через вибір ефективної стратегії, що дозволяє максимізувати вартість капіталу та забезпечити досягнення розрахункового прибутку у визначений період.

Стратегічне планування спрямовується на забезпечення відповідності між довгостроковими цілями фірми та її маркетинговими можливостями [2, с. 85]. Зазвичай воно ґрунтується на наявності у компанії кількох напрямів маркетингової діяльності, серед яких основним завданням є виділення найбільш перспективних і привабливих для прискореного розвитку.

Підходи до розроблення маркетингових стратегій:

- Адаптивна стратегія — передбачає швидке реагування на зміни, постійне оновлення продуктового асортименту та комунікаційних каналів.
- Інноваційна стратегія — орієнтується на створення нових продуктів і технологій, здатних задовольнити нові потреби ринку.
- Антикризова стратегія — спрямована на стабілізацію позицій підприємства в період ринкових коливань через оптимізацію витрат і концентрацію на ключових сегментах.

Планування маркетингу передбачає розробку детальних планів, спрямованих на реалізацію стратегічного плану компанії. Такі плани готуються для кожного

стратегічного господарського підрозділу (СГП) фірми з урахуванням конкретних продуктів і ринків [1, с. 128].

Планування маркетингу включає тактичне та оперативне планування [2, с. 87]. Тактичне планування являє собою етап реалізації нових можливостей підприємства та виступає логічним продовженням стратегічного планування. Воно передбачає послідовне втілення стратегічних ідей, розроблення конкретних заходів для досягнення визначених цілей і деталізацію стратегічних напрямів розвитку. Виконання тактичних планів супроводжується певним рівнем ризику, оскільки вони здебільшого орієнтовані на вирішення внутрішніх проблем підприємства та оптимізацію його поточної діяльності.

Основна відмінність тактичного планування від стратегічного полягає у відмінності цілей та засобів їх досягнення. Тактичне планування орієнтоване на коротко - та середньострокову перспективу, забезпечуючи реалізацію стратегічних рішень через конкретні дії. Результатом цього процесу є формування економіко-соціального плану розвитку підприємства, який визначає основні напрями його діяльності на найближчий період. Крім того, тактичне планування відіграє важливу роль у забезпеченні узгодженості та взаємодії між окремими підрозділами підприємства.

Слід зазначити, що тактичне планування досягло свого найбільшого розвитку як науковий напрям у період підйому металургійної та гірничодобувної промисловості. Основним центром промислової діяльності XIV–XVI століть була Німеччина. Наукові праці цього періоду містили ключові концепції тактичного планування, зокрема розрахункові формули обсягу виробництва, витрат на виготовлення продукції, трудомісткості, чисельності персоналу та оплати праці [1, с. 13].

Оперативне планування охоплює такі основні напрями діяльності:

- здійснення оперативної підготовки виробництва, що передбачає своєчасне забезпечення робочих місць необхідними матеріалами, інструментами та ресурсами для виконання виробничого плану;
- визначення тривалості та послідовності виконання окремих операцій;
- постійний облік, контроль і аналіз перебігу виробничого процесу з метою своєчасного виявлення відхилень і коригування діяльності підприємства.

Зазначений підхід до маркетингового планування поєднує рішення як **стратегічних**, так і **тактичних завдань**. У більшості випадків усі плани, які розробляють менеджери з маркетингу, інтегрують структури стратегічного та маркетингового планів, формуючи **єдиний комплексний план**, що забезпечує координацію дій підприємства на всіх рівнях.

Функції підготовки, обґрунтування та реалізації рішень у системі управління є невід’ємними складовими процесу планування діяльності підприємства загалом.

У цьому контексті планування маркетингу слід розглядати як процес або процедуру розробки маркетингового плану та вибору маркетингових стратегій, спрямованих на зростання обсягів продажу продукції або максимізацію прибутку підприємства. Планування маркетингу також можна розглядати як обґрунтування майбутньої поведінки підприємства, що забезпечує ефективне виробництво, розподіл і реалізацію продукції.

Тому у сучасних умовах господарювання маркетингове планування набуває особливої актуальності, оскільки підприємства змушені функціонувати в середовищі, яке характеризується високим рівнем невизначеності, динамічними змінами споживчих уподобань, технологічними інноваціями та загостренням конкурентної боротьби. Таке середовище визначається як турбулентне, тобто таке, де швидкість і

непередбачуваність змін перевищують здатність підприємства оперативно адаптуватися до них.

Література

1. Іванова К., Овечкіна О., Солоха Д., Морєва В., Белякова В., Балакай О. Планування маркетингу. Навч. посібник. К.: Центр навчал. літератури, 2019. 352с.
2. Семенюк С. Маркетингове планування діяльності підприємств. *Галицький економічний вісник*. 2010. № 1(26). С. 84-92.

УДК 336.143:502.131.1

В. В. Греськів, Н.С. Тимошик

БЮДЖЕТНІ ІНСТРУМЕНТИ ПІДТРИМКИ ПРОЄКТІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ

V. V. Hreskiv, N.S. Tymoshyk

BUDGETARY INSTRUMENTS FOR SUPPORTING SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROJECTS IN TERRITORIAL COMMUNITIES

Ефективний регіональний розвиток неможливо забезпечити у разі спрямування місцевого бюджету лише на поодинокі будівельні об'єкти, не інтегровані у стратегічні плани розвитку території. Фінансування інфраструктури без оцінки її реального впливу на соціально-економічні показники призводить до нераціонального використання бюджетних ресурсів. Наприклад, повне освоєння коштів на спорудження транспортного об'єкта, який фактично не генерує транспортних потоків, не забезпечує позитивного ефекту для регіону. Ключовим індикатором результативності має бути не факт витрачання бюджетних коштів, а досягнення вимірюваних результатів: скорочення часу логістичних операцій, зростання пасажиропотоку, підвищення енергоефективності чи екологічної безпеки тощо.

У сучасних умовах фінансування проєктів сталого розвитку повинно здійснюватися з урахуванням відповідності стратегічним документам різних рівнів.

Важливим напрямом є підтримка проєктів об'єднаних територіальних громад, включно з проєктами міжмуніципального співробітництва. Механізми співфінансування громад сприяють мобілізації локальних ресурсів, удосконаленню інфраструктури та підвищенню інституційної спроможності місцевого самоврядування.

Концептуальну основу формування таких підходів визначає Державна стратегія регіонального розвитку на період до 2020 року (затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 № 385). Документ заклав три стратегічні цілі, що формують логіку фінансування сталого розвитку:

Підвищення конкурентоспроможності регіонів.

Основний акцент — посилення ролі міст як драйверів розвитку, поширення ефектів міського зростання на навколишні території та ефективне використання внутрішніх ресурсів регіонів.

Територіальна соціально-економічна інтеграція та просторовий розвиток. Йдеться про зменшення диспропорцій, забезпечення безпечного життєвого середовища, розвиток міжрегіональної співпраці та підтримку територій зі складними умовами розвитку.

Ефективне державне управління у сфері регіонального розвитку.

Передбачено децентралізацію, модернізацію системи стратегічного планування, покращення координації між секторами політики та інституційне зміцнення регіональних структур.

Узгодженість місцевих бюджетних програм із вищезазначеними стратегічними цілями дозволяє забезпечити системність регіональної політики, орієнтацію на вимірювані результати та прозорість використання публічних коштів. Практика провідних регіонів України свідчить, що саме ті громади, які впроваджують програмно-цільовий підхід та застосовують індикатори результативності, досягають стійкішої динаміки розвитку.

Література

1. Стратегії розвитку Тернопільської області на 2021-2027 роки. URL: <https://surl.li/ytciif>
2. Тимошик, Н., Расшивалов, Д., Тарасенко, І. та Великих, К. (2025). Управління надзвичайними ситуаціями в управлінні ризиками: підходи до подолання фінансових викликів. Міжнародний журнал економічних наук , 15 (1), 1-13. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/50113>
3. Вовченко, О. (2023). ESG-стратегія як основа управління ризиками сталого розвитку в банках. Економіка та суспільство, (50). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-50-85>

УДК 657

Р.В. Данишук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЕТАПИ ОБРОБКИ Й ОПРИЛЮДНЕННЯ ФІНАНСОВОЇ ЗВІТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

R.V. Danyshchuk

ORGANIZATIONAL STAGES OF PROCESSING AND PUBLISHING FINANCIAL STATEMENTS OF AN ENTERPRISE

Процес обробки й оприлюднення фінансової звітності підприємства представляє собою низку послідовних етапів, спрямованих на формування достовірної, повної та своєчасної фінансової інформації. Цей процес починається з відображення господарських операцій у первинних документах, які є підставою для подальшого бухгалтерського обліку. Наступним кроком є аналіз, оцінка і визнання цих операцій у системі бухгалтерського обліку. Далі дані переносяться до Головної книги, що дозволяє структурувати інформацію за обліковими рахунками.

Після цього здійснюється закриття рахунків доходів і витрат та визначення фінансових результатів за звітний період. На основі цих даних складається оборотно-сальдовий баланс, який лягає в основу для формування основних форм фінансової звітності. Підприємство складає такі ключові звіти, як Баланс, Звіт про фінансові

результати, Звіт про рух грошових коштів, Звіт про власний капітал і Примітки до фінансової звітності [1]. НП(С)БО 25 «Фінансовий звіт суб'єкта малого підприємництва» визначає структуру та форми фінансового звіту для малого бізнесу, що включає Баланс (форма №1-м) і Звіт про фінансові результати (форма №2-м), а також правила заповнення їх показників [2]. Крім того, стандарт описує Спрощений фінансовий звіт у складі Балансу (форма №1-мс) і Звіту про фінансові результати (форма №2-мс) з інструкціями щодо їх оформлення.

Важливим етапом є проведення інвентаризації для перевірки фактичного наявного майна і зобов'язань, що підвищує достовірність фінансових даних. Потім здійснюється аудит або внутрішня перевірка звітності для підтвердження її відповідності законодавству і стандартам. Після затвердження фінансова звітність передається зовнішнім користувачам, включаючи інвесторів, кредиторів і контролюючі органи, а також оприлюднюється згідно з вимогами нормативних актів.

Процес обробки фінансової звітності підприємства включає кілька ключових етапів, які забезпечують правильний облік, оцінку та структурування господарських операцій (табл. 1). Правильне відображення операцій у первинних документах, їхня оцінка, внесення в Головну книгу та закриття облікових рахунків є підґрунтям для формування точного і повного оборотно-сальдового балансу. На базі цих даних створюються основні форми фінансової звітності, які далі проходять перевірку та затвердження.

Оприлюднення фінансової звітності завершальним чином реалізує процес формування звітності, оскільки забезпечує передачу перевіреної та затвердженої інформації зацікавленим сторонам (табл. 2). Важливими складовими цього етапу є проведення інвентаризації, аудит, офіційне затвердження та подальше розповсюдження звітності як серед акціонерів та інвесторів, так і серед контролюючих органів і громадськості.

Таблиця 1. Етапи обробки фінансової звітності підприємства

Етап	Опис
Відображення операцій	Фіксація господарських операцій у первинних документах
Аналіз та оцінка операцій	Перевірка, визнання та оцінка операцій у бухгалтерському обліку
Відображення в Головній книзі	Структурування інформації за обліковими рахунками
Закриття рахунків доходів і витрат	Визначення фінансових результатів за звітний період
Складання оборотно-сальдового балансу	Підготовка основи для формування фінансової звітності
Складання фінансової звітності	Формування Балансу, Звіту про фінансові результати, Звіту про рух грошових коштів та інших форм

Таблиця 2. Процес оприлюднення фінансової звітності підприємства

Етап	Опис
Проведення інвентаризації	Перевірка фактичної наявності активів і зобов'язань
Аудит або внутрішня перевірка	Підтвердження достовірності і відповідності звітності вимогам законодавства і стандартів
Затвердження звітності	Офіційне прийняття фінансової звітності керівництвом підприємства
Подання зовнішнім	Надання звітності інвесторам, кредиторам, державним

користувачам	органам та іншим зацікавленим сторонам
Оприлюднення звітності	Публікація звітних даних відповідно до вимог нормативних актів

Повний цикл обробки та оприлюднення фінансової звітності сприяє не лише дотриманню законодавчих вимог, але й підвищенню прозорості діяльності підприємства. Це створює умови для зміцнення довіри користувачів, підтримки інвестиційного клімату та сприяє сталому розвитку суб'єкта господарювання на ринку.

Процес обробки та оприлюднення фінансової звітності є складним та багатоступеневим завданням, яке потребує дотримання законодавчих норм і стандартів. Від правильності оформлення первинних документів до своєчасного оприлюднення звітності залежить довіра користувачів та успішність подальшої діяльності підприємства. Контроль на всіх етапах, зокрема інвентаризація та аудит, спрямовані на запобігання помилкам і шахрайству, що забезпечує об'єктивність і прозорість інформації. Завдяки цьому підприємство може задовольнити інформаційні потреби власників, інвесторів, кредиторів, контролюючих органів і громадськості, а також гарантувати свою репутацію та конкурентоспроможність на ринку.

Література

1. Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку 1 «Загальні вимоги до фінансової звітності»: затверджено наказом Міністерства фінансів України від 07.02.2013 р. № 73. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0336-13#Text> (дата звернення: 18.10.2025).
2. Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку 25 «Фінансовий звіт суб'єкта малого підприємництва»: затверджено наказом Міністерства фінансів України від 25.02.2000 р. № 39. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0161-00#Text> (дата звернення: 18.10.2025).

УДК 330.3:338.2

Н.Л.Дем'янчик, Н.С.Тимошик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЛЬ ІННОВАЦІЙ ТА ВИСОКИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФОРМУВАННІ СТАЛИХ МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ

N. L.Demianchyk, N.S. Tymoshyk

THE ROLE OF INNOVATIONS AND HIGH TECHNOLOGIES IN FORMING SUSTAINABLE MODELS OF ECONOMIC DEVELOPMENT

Сталий економічний розвиток нині є стратегічною метою для багатьох країн, включно з Україною, особливо в умовах глобальних екологічних викликів та технологічної трансформації. Інновації та високі технології виступають ключовими драйверами переходу до економіки, яка є одночасно ефективною, екологічно безпечною та соціально відповідальною.

Інноваційний розвиток (дослідження, технологічні прориви, нові продукти й процеси) сприяє підвищенню продуктивності, росту прибутковості підприємств та створенню нових секторів економіки. Високі технології (цифрові платформи, Інтернет речей, системи штучного інтелекту, “розумні” системи управління енергоспоживанням) дають змогу оптимізувати ресурси, мінімізувати витрати та викиди, а також адаптувати виробництво під сталий розвиток.

Однією з важливих ланок є енергоефективність та зелена енергетика. Завдяки технологіям відновлюваної енергії — сонячним панелям, вітроустановкам, системам акумулювання — можливо зменшити залежність від викопних джерел, знизити викиди CO₂ та створити більш екологічну інфраструктуру. Застосування “розумних” мереж (smart grid) і цифрових систем управління дозволяє підвищити ефективність енергоспоживання та зменшити втрати.

Цифровізація економіки є ще однією фундаментальною складовою сталого розвитку. Використання великих даних (Big Data), аналітики, IoT (Інтернет речей) й автоматизованих систем моніторингу на підприємствах дає змогу точно вимірювати викиди, споживання ресурсів, попереджати збої, а також коригувати процеси в реальному часі. Такі рішення підвищують прозорість управління, знижують витрати, покращують екологічні показники.

Інновації також підтримують модель циркулярної економіки, коли продукти проектується з урахуванням повторного використання, переробки та мінімізації відходів. Сучасні технології переробки, екодизайн, біорозкладані матеріали створюють замкнену систему, в якій ресурси використовуються ефективніше, а відходи перетворюються на нові ресурси.

Важливою також є роль високих технологій у транспорті — електромобілі, автономні транспортні системи, розумна логістика допомагають зменшити вуглецевий слід транспорту, знизити рівень забруднення міст та покращити транспортну інфраструктуру.

Ще один перспективний напрям — супутниковий моніторинг та геоінформаційні системи (ГІС), які дозволяють здійснювати науковий контроль за екосистемами, прогнозувати кліматичні ризики, ефективно розподіляти земельні та інші ресурси, а також планувати інвестиції у сталу інфраструктуру на національному рівні.

Таким чином, інновації та високі технології — це не просто модні слова, а фундаментальні інструменти для побудови сталої моделі економіки. Вони сприяють зростанню економіки, але водночас зменшують негативний вплив на довкілля, підвищують соціальну відповідальність бізнесу та держави. У майбутньому роль технологій у досягненні сталості лише зростатиме, адже технологічний прогрес є однією з найпотужніших рушійних сил глобального перетворення.

Література

1. Боковець, В., Давидюк, Л., & Григорук, І. “Інновації, економічна стійкість і сталий розвиток: теоретичні та практичні аспекти.” *Innovation and Sustainability*, № 4 (2024), 180–188.
2. Полякова, Ю. В., Шайда, О. Є. Стійкий розвиток економіки. *Сталий розвиток економіки*, № 4 (51), 2024.
3. Гринько, Т., Петриняк, У., & Андруша, В. Цифровізація бізнес-процесів: основні тенденції та покращення креативності персоналу.” *Сталий розвиток економіки*, № 2 (49), 2024.
4. Білоусько, Т. Ю., Білоусько, Р. С., & Химич, О. В. Оцінка впливу інноваційних технологій на ефективність ринкової конкуренції в Україні. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*, № 9 (2024).
5. Мазуркевич, І., Постова, В. Використання природних ресурсів і сталий розвиток: економічні, екологічні та соціальні аспекти в умовах глобальних викликів. *Наукові інновації та передові технології*, № 9 (37), 2024.
6. Тимошик, Н., Расшивалов, Д., Тарасенко, І. та Великих, К. (2025). Управління надзвичайними ситуаціями в управлінні ризиками: підходи до подолання

УДК 657

О.Р. Жуков

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СУТНІСТЬ І РОЛЬ ПОДАТКОВОЇ ЗВІТНОСТІ В ДІЯЛЬНОСТІ СУБ'ЄКТІВ МАЛОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА

O.R. Zhukov

THE ESSENCE AND ROLE OF TAX REPORTING IN THE ACTIVITIES OF SMALL BUSINESS ENTITIES

Податкова звітність є однією з ключових складових фінансової дисципліни суб'єктів малого підприємництва (СМП), що забезпечує законність, прозорість і контроль фінансової діяльності підприємств у взаємовідносинах із державою. У сучасних ринкових умовах України податкове законодавство часто змінюється, що акцентує увагу на важливості правильної організації податкової звітності в малому бізнесі.

Сутність податкової звітності суб'єктів малого підприємництва полягає у систематичному наданні державі повної і достовірної інформації про доходи, витрати і нараховані податкові зобов'язання. Податкова звітність у СМП відрізняється від звітності великих підприємств спрощеністю форм здебільшого у зв'язку з використанням спрощеної системи оподаткування.

Роль податкової звітності охоплює кілька напрямів: забезпечення законності діяльності, дотримання норм податкового законодавства; підтримка державного бюджету через контроль і збір податкових платежів; інформаційна підтримка управлінських рішень на рівні самого підприємства; формування довіри партнерів і кредиторів за рахунок прозорості фінансової звітності.

Законодавчі норми регламентують вимоги до податкової звітності у Податковому кодексі України (ПКУ), а також інших нормативних актах [1]. Важливим є контрольний строк подання звітності та відповідальність за порушення.

Економічне значення правильно організованої податкової звітності важко переоцінити, оскільки вона допомагає уникати фінансових ризиків, оптимізує податкове навантаження і сприяє стабільності бізнесу в умовах постійних змін законодавства (табл. 1).

Таблиця 1. Основні функції податкової звітності суб'єктів малого підприємництва

Функція	Опис
Контрольна	Забезпечує контроль за правильністю нарахування та сплати податків
Інформаційна	Сприяє формуванню об'єктивної картини фінансового стану суб'єктів малого підприємництва
Аналітична	Дає змогу аналізувати фінансові результати для прийняття управлінських рішень
Регуляторна	Виконує роль дотримання нормативних актів та стандартів податкового законодавства

Податкова звітність суб'єктів малого підприємництва – це систематичний комплекс документів, що фіксують результати їхньої господарської діяльності у вигляді звітів про доходи, витрати та податкові обов'язки. Її основною метою є забезпечення об'єктивної інформації для контролю за сплатою податків відповідно до чинного законодавства України. Вона є засобом комунікації між підприємцем і державними податковими органами, важливим елементом податкового контролю і базою для ухвалення управлінських рішень.

Основна функція податкової звітності – контрольна. Вона дає змогу податковим органам перевіряти правильність нарахування та сплати податків, своєчасність виконання зобов'язань, а підприємцям – легалізувати свою діяльність і уникати фінансових штрафів. Інформаційна функція передбачає формування достовірних даних про фінансове становище СМП, що є важливим для інвесторів, партнерів, кредиторів та інших зацікавлених сторін.

Аналітична функція дозволяє підприємцю, а також податковим органам оцінювати ефективність діяльності, виявляти тенденції у прибутковості, податковому навантаженні та можливі ризики. Регуляторна функція забезпечує відповідність звітності законодавчим нормам і сприяє стабільному функціонуванню податкової системи держави.

Особливістю податкової звітності суб'єктів малого підприємництва є її спрощена форма порівняно з великими підприємствами. СМП можуть користуватися спеціальними спрощеними формами, зокрема деклараціями платників єдиного податку, що знижує адміністративне навантаження і водночас зберігає повноту інформації для податкового контролю.

Звітність суб'єктів малого підприємництва має конкретні строки і порядок подання, регламентовані Податковим кодексом України [1]. Наприклад, декларації з єдиного податку подаються щокварталу, а річні звіти – до 40 календарних днів після закінчення звітного періоду. Невиконання цих вимог тягне за собою штрафні санкції, розміри яких визначені у пункті 120.1 ПКУ.

Проблеми, з якими можуть стикатися суб'єкти малого підприємництва при формуванні податкової звітності, включають: часті зміни податкового законодавства, що потребують регулярного оновлення знань; недостатній рівень кваліфікації відповідальних осіб; відсутність унікальних програмних рішень для автоматизації звітності; ризики накладення штрафів через формальні помилки чи несвоєчасність подання.

Для успішної організації податкової звітності СМП рекомендується: систематичне підвищення компетентності персоналу через навчання та консультації; впровадження автоматизованих бухгалтерських і звітних систем; організація внутрішнього контролю за звітністю; вчасне подання необхідних звітів відповідно до законодавчих вимог.

Економічне значення податкової звітності полягає в забезпеченні фінансової стабільності підприємств через оптимізацію податкових платежів, що виконується завдяки прозорій і правильно організованій звітності. Вона також є основою для довіри між суб'єктами господарської діяльності і державою, сприяючи розвитку малого бізнесу в Україні.

Податкова звітність у діяльності суб'єктів малого підприємництва є складовою частиною їхньої фінансової дисципліни та законодавчої відповідальності. Спрощені механізми формування і подання звітності дають можливість суб'єктам малого підприємництва ефективно виконувати податкові зобов'язання, знижуючи при цьому адміністративні труднощі.

Література

1. Податковий кодекс України від 02.12.2010 р. №2755-17. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#n2399> (дата звернення: 17.11.2025).

УДК 336

А. Змієвський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНВЕСТИЦІЇ ДОМОГОСПОДАРСТВ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ

Zmievskii Artur

HOUSEHOLD INVESTMENTS IN UKRAINE IN WAR CONDITIONS

У мирний період інвестиційна активність домогосподарств традиційно виступає одним із ключових драйверів економічного розвитку, забезпечуючи приплив капіталу у фінансову систему, формування внутрішніх заощаджень та підтримку сукупного попиту. Проте з початком повномасштабної війни роль населення на інвестиційному ринку зазнала суттєвої трансформації. Аналіз заощаджень домогосподарств в Україні та їхнього впливу на економіку свідчить про нестабільність цього механізму, особливо в умовах кризових ситуацій. Внесок доходів від активних заощаджень у ВВП, податкові та загальні бюджетні надходження залишається відносно невеликим, що демонструє недостатню ефективність залучення цих ресурсів до економіки [1].

Попри це, в умовах обмеженого доступу України до зовнішніх фінансових ринків саме внутрішні ресурси, зокрема заощадження населення, набули особливого значення для підтримки фінансової стабільності та фінансування державних потреб. Інвестиції домогосподарств трансформувалися з інструмента примноження капіталу в один із механізмів макрофінансової стійкості, передусім через участь громадян у фінансуванні державного боргу. Така зміна економічної ролі населення підвищила значущість довіри до фінансових інститутів та ефективності державної фінансової політики.

Водночас інвестиційна діяльність домогосподарств у воєнний період перебуває під тиском комплексу стримувальних чинників. Високий рівень фізичних ризиків істотно знижує привабливість інвестування в реальні активи, зокрема нерухомість і підприємницьку діяльність. Зниження реальних доходів значної частини населення обмежує можливості формування заощаджень і змушує домогосподарства використовувати накопичені ресурси для покриття поточних потреб. Інфляційні та девальваційні очікування підривають довіру до традиційних інструментів заощаджень, а регуляторні обмеження на рух капіталу додатково звужують інвестиційний вибір громадян. Посилюють цю ситуацію й поведінкові фактори, насамперед страх, невизначеність та схильність до зберігання коштів у неформальних формах.

За таких умов стимулювання інвестицій домогосподарств набуває стратегічного значення для держави. Важливу роль у цьому процесі відіграє розвиток надійних державних фінансових інструментів, які поєднують відносну безпеку та доступність для широких верств населення. Не менш принциповим є збереження довіри до банківської системи як базового інституту акумулювання заощаджень та фінансового посередництва. Паралельно з цим зростає значення фінансової грамотності, формування у громадян навичок диверсифікації ризиків і усвідомлення ролі інвестицій

не лише у збереженні власного добробуту, а й у підтримці економічної стійкості держави.

У середньостроковій перспективі активізація інвестиційного потенціалу домогосподарств неможлива без удосконалення державної політики управління фінансовими ризиками, розвитку цифрових фінансових сервісів та стимулювання довгострокових форм заощаджень. Війна істотно змінила пріоритети економічної поведінки населення, проте водночас вона актуалізувала потребу у внутрішніх інвестиціях як одному з небагатьох стабільних джерел фінансування держави. Саме поєднання інституційної підтримки з боку держави та раціональної, адаптивної поведінки громадян створює передумови для збереження інвестиційного потенціалу навіть в умовах тривалої воєнної нестабільності.

Вагомим обмеженням для активізації інвестиційної діяльності домогосподарств залишається низький рівень розвитку національного фондового ринку, який не виконує повною мірою функцію трансформації заощаджень у довгострокові інвестиції. Обмежений перелік надійних фінансових інструментів, недостатня ліквідність, слабкий захист прав інвесторів та дефіцит прозорої інформації стримують залучення населення до операцій з цінними паперами. У післявоєнний період одним із ключових напрямів економічної політики має стати інституційне відновлення фондового ринку через посилення регуляторного нагляду, розвиток інфраструктури біржової торгівлі, розширення пропозиції інструментів для роздрібних інвесторів і формування довіри до механізмів колективного інвестування. Саме фондовий ринок може стати містком між заощадженнями громадян і потребами економіки у капіталі для відбудови.

Узагальнюючи, слід зазначити, що інвестиційна діяльність домогосподарств в умовах війни трансформується з інструмента накопичення добробуту в елемент національної фінансової стійкості. Обмеженість ресурсів, підвищені ризики та висока невизначеність звужують інвестиційні можливості населення, проте не скасовують їх стратегічної ролі для держави. Формування ефективної моделі залучення внутрішніх заощаджень потребує поєднання стабільної макроекономічної політики, розвитку фінансових інститутів, модернізації фондового ринку та зростання фінансової культури населення. Саме така взаємодія створює передумови для відновлення інвестиційної активності громадян як у воєнний, так і в післявоєнний період.

Література

1. Славкова А., Шевалдіна В. Заощадження домогосподарств та їх вплив на економіку України. *Проблеми економіки*. 2025. 1 (63). С. 342–349.

УДК 657

В.Д. Ковальчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДИКА ОБЛІКУ ВИТРАТ НА ОПЛАТУ ПРАЦІ В УМОВАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ

V.D. Kovalchuk

**ORGANIZATION AND METHODOLOGY OF ACCOUNTING FOR LABOR
PAYMENT IN THE CONDITIONS OF AUTOMATION OF DATA PROCESSING**

В сучасних умовах розвитку цифрових технологій автоматизація бухгалтерського обліку стала важливою складовою ефективного управління фінансово-господарською діяльністю підприємств, установ та організацій. Особливе місце в обліковій системі займає облік витрат на оплату праці, оскільки заробітна плата є основним джерелом доходів працівників та однією з найбільших статей витрат. Впровадження автоматизованих інформаційних систем дає можливість значно спростити процес розрахунку заробітної плати, підвищити точність облікових даних і забезпечити своєчасне формування звітності.

Актуальність даної теми зумовлена зростанням ролі інформаційних технологій у всіх сферах економічної діяльності. Автоматизація бухгалтерського обліку дозволяє значно скоротити час на обробку первинних документів, мінімізувати кількість помилок, забезпечити оперативний доступ до фінансової інформації та підвищити рівень контролю за використанням фонду оплати праці.

Крім того, постійні зміни податкового та трудового законодавства вимагають від бухгалтерських служб швидкої адаптації до нових умов, що практично неможливо забезпечити без використання сучасних програмних продуктів. Тому дослідження організації та методики обліку витрат на оплату праці в умовах автоматизації є надзвичайно важливим та своєчасним.

Організація обліку витрат на оплату праці передбачає чітко налагоджену систему документування, нарахування, утримання податків та обов'язкових зборів, а також своєчасної виплати заробітної плати. У сучасних умовах ці процеси все частіше здійснюються із застосуванням автоматизованих інформаційних систем. Автоматизація обліку заробітної плати базується на використанні спеціалізованого програмного забезпечення, яке забезпечує ведення обліку персоналу, облік робочого часу, нарахування основної та додаткової заробітної плати, розрахунок податків і формування звітності. Важливою перевагою автоматизованих систем є можливість швидкого оновлення нормативно-довідкової інформації відповідно до змін у законодавстві.

Методика обліку витрат на оплату праці в умовах автоматизації ґрунтується на введенні первинних даних до електронної системи, їх автоматичній обробці та формуванні вихідної інформації у вигляді розрахункових відомостей, платіжних документів і звітів. Первинні документи можуть створюватися як у паперовій, так і в електронній формі, що значно спрощує документообіг.

Застосування автоматизованих систем дозволяє забезпечити високу точність розрахунків, оперативність обробки інформації та зменшити залежність результатів обліку від людського чинника. Це особливо важливо при великій кількості працівників. Крім того, автоматизація сприяє підвищенню рівня аналітичності обліку, оскільки дає змогу швидко формувати різноманітні зведення, аналізувати динаміку фонду оплати праці, структуру виплат і рівень середньої заробітної плати. На основі таких даних керівництво може приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо оптимізації витрат.

Незважаючи на численні переваги автоматизації, у процесі ведення обліку витрат на оплату праці виникає ряд проблем. Однією з основних є недостатній рівень технічного забезпечення підприємств, зокрема використання застарілої комп'ютерної техніки та програмного забезпечення.

Часто виникають труднощі, пов'язані з несвоєчасним оновленням програм відповідно до змін у законодавстві, що може призводити до помилок у нарахуванні заробітної плати та податкових зобов'язань. Також проблемою залишається обмежений рівень підготовки бухгалтерських кадрів у сфері інформаційних технологій.

Серйозною загрозою є ризик втрати або пошкодження облікових даних унаслідок технічних збоїв, вірусних атак або несанкціонованого доступу. Недостатній рівень кібербезпеки може спричинити значні фінансові та репутаційні втрати.

Для ефективного функціонування автоматизованої системи обліку витрат на оплату праці необхідне комплексне вирішення зазначених проблем. Насамперед слід забезпечити належне фінансування для оновлення комп'ютерної техніки та програмного забезпечення, а також використання ліцензійних продуктів.

Важливим напрямом є організація систематичного навчання бухгалтерських працівників з метою підвищення їх цифрової компетентності та адаптації до нових програмних рішень. Це дозволить зменшити кількість помилок та підвищити ефективність роботи.

Для захисту інформації необхідно впроваджувати сучасні засоби кібербезпеки, здійснювати регулярне резервне копіювання баз даних, використовувати хмарні сховища з високим рівнем захисту та обмежувати доступ до облікових даних.

Отже, організація та методика обліку витрат на оплату праці в умовах автоматизації обробки даних є важливим елементом ефективного управління фінансовими ресурсами. Використання сучасних інформаційних технологій забезпечує точність розрахунків, своєчасність виплат, підвищує рівень контролю та аналітичності облікових даних.

Разом з тим автоматизація потребує постійних інвестицій у технічне забезпечення, програмні продукти та підготовку персоналу. Лише за умови комплексного підходу до впровадження інформаційних технологій можна досягти високої ефективності обліку витрат на оплату праці та забезпечити стабільне функціонування облікової системи в цілому.

Література

- 1.Савченко В. Я. Автоматизація бухгалтерського обліку. Київ: Центр навчальної літератури, 2021.
- 2.Бутинець Ф. Ф. Бухгалтерський облік. – Житомир: ПП «Рута», 2020.
- 3.Кужельний М. В., Лінник В. Г. Теорія бухгалтерського обліку. – Київ: КНЕУ, 2019.

УДК 616-006-083

Т.М.Корінь, к.е.н. М.Ф.Зяйлик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ ЦЕНТРУ НАДАННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПОСЛУГ ОБОЛОНСЬКОЇ РАЙОННОЇ В МІСТІ КИЄВІ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ

T.M.Korin, Doctor of Philosophy Zyailyk M.F.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF HUMAN RESOURCE POLICY AT THE OBOLONSKYI DISTRICT ADMINISTRATIVE SERVICES CENTER IN THE CITY OF KYIV STATE ADMINISTRATION

Кадрова політика ЦНАП Оболонської районної державної адміністрації спрямована на забезпечення високоякісного обслуговування мешканців громади. У центрі працює 54 співробітники, які займаються прийомом громадян, реєстрацією звернень, видачею документів, організацією діловодства та інформаційною

підтримкою. Аналіз кадрової політики дозволяє виділити сильні та слабкі сторони, а також можливості для розвитку та потенційні загрози.

Основні сильні сторони кадрової політики ЦНАП Оболонського району можна описати так:

- Персонал центру добре підготовлений і має необхідний досвід у державному управлінні, праві та економіці, що дозволяє ефективно обслуговувати громадян.
- Працівники постійно вдосконалюють свої навички через тренінги, семінари та навчальні курси, що підтримує високий рівень компетентності.
- У колективі панує дружня атмосфера, співробітники допомагають один одному, що сприяє злагодженій роботі та взаємній підтримці.
- Використання сучасних ІТ-інструментів, таких як електронна черга, портал «Дія» та електронна пошта, робить обслуговування більш швидким і точним.
- Крім того, кадрова політика центру орієнтована на потреби громадян, що формує позитивний імідж установи та підвищує задоволеність мешканців.

На рис.1. розглянемо основні слабкі сторони. Низький рівень заробітної плати знижує мотивацію персоналу. Обмежені можливості кар'єрного зростання через невелику кількість керівних посад. Нерівномірне навантаження створює перевантаження працівників. Частина персоналу потребує розвитку цифрових навичок для роботи з новими електронними платформами. Обмежені ресурси для додаткового навчання та участі у спеціалізованих заходах.

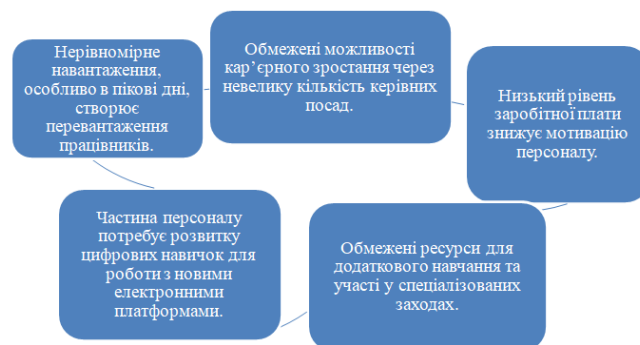


Рисунок 1. Слабкі сторони кадрової політики закладу

До речі, щоб підвищити ефективність кадрової політики, варто впровадити систему нематеріальної мотивації, наприклад, подяки, премії та визнання найкращих працівників. Необхідно розвивати цифрові навички персоналу через онлайн-курси та тренінги, а також оптимально розподіляти навантаження між підрозділами, щоб уникати перевантаження. Варто залучати молодих спеціалістів із сучасними ІТ-компетенціями і використовувати підтримку Київської міської державної адміністрації для розвитку кадрового потенціалу центру (див.табл.1).

Таблиця 1. SWOT-аналіз кадрової політики ЦНАП Оболонського району м. Києва

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Високий рівень кваліфікації персоналу	Низька заробітна плата, що знижує мотивацію
54 штатних працівники забезпечують стабільну роботу	Обмежені кар'єрні можливості через малу кількість керівних посад
Постійне підвищення кваліфікації	Нерівномірне навантаження між відділами
Використання сучасних ІТ-інструментів	Частина персоналу потребує розвитку цифрових навичок

Дружня атмосфера та згуртованість колективу	Обмежені ресурси для навчання
Орієнтація на потреби громадян	Високе емоційне навантаження через щоденне спілкування з відвідувачами
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
Впровадження системи мотивації на основі результатів роботи	Плинність кадрів через конкуренцію приватного сектору
Розвиток цифрових компетенцій	Можливе скорочення фінансування
Залучення молодих спеціалістів	Збільшення навантаження без додаткових кадрів
Дистанційне навчання та обмін досвідом	Застарівання обладнання або збої електронних систем
Підтримка КМДА для розвитку кадрового потенціалу	Зростання очікувань громадян без збільшення кадрових ресурсів

Хочемо підкреслити, що в умовах воєнного стану кадрова політика ЦНАП Оболонського району забезпечує професійне обслуговування громадян і створює комфортні умови для працівників. Водночас існують труднощі з матеріальною мотивацією, рівнем цифрових навичок у частини персоналу та обмеженими можливостями кар'єрного зростання. Впровадження системи стимулювання, підвищення цифрової компетентності та оптимізація розподілу навантаження допоможуть підвищити ефективність кадрової політики та покращити якість надання адміністративних послуг навіть у складних умовах.

Література

1. Алюшина Н.О., Організація роботи державних службовців в умовах воєнного стану 2021, Публічне управління та регіональний розвиток, 16 (2021), URL: <https://pard.mk.ua/index.php/journal/article/view/298/253>
2. Єдині вимоги (стандарт) до якості обслуговування відвідувачів центрів надання адміністративних послуг / О. Андрєєв, О. Каменчук, В. Семеніхін, Н. Шамрай. Київ: М-во екон. розвитку і торгівлі України, 2017. 40 с.

УДК 658

Д.О. Козаченко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ КАЛЬКУЛЮВАННЯ СОБІВАРТОСТІ ТА АНАЛІЗ ОБЛІКУ ВИТРАТ

Kozachenko D.O.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

«COSTING METHODS AND COST ACCOUNTING ANALYSIS»

Сучасні умови господарювання змушують керівництво підприємств шукати не лише шляхи збільшення доходів, а й способи скорочення витрат шляхом використання різних методів обліку витрат і калькулювання собівартості продукції. Ефективне управління виробництвом потребує професійного підходу та нових підходів до організації обліку й контролю за формуванням собівартості продукції (робіт, послуг), із урахуванням центрів витрат, ступеня готовності продукції, тривалості облікового періоду та часу формування витрат. Важливо також оцінювати вплив витрат на

впровадження інноваційних технологій, підвищення якості та розширення асортименту продукції. Від правильної організації обліку витрат залежить ефективність управління, обґрунтованість планових показників і оптимальність ціноутворення.

Більшість традиційних методів обліку зосереджуються лише на виробничому етапі, ігноруючи невиробничі витрати. Тому вибір методу обліку витрат є ключовим при формуванні облікової політики підприємства, адже саме від цього залежить оперативна оцінка доцільності витрат. Водночас чинне законодавство не містить чітких рекомендацій щодо їх застосування, а недосконалість наявних методів ускладнює прийняття управлінських рішень і досягнення стратегічних цілей підприємства.

Призначення калькуляції полягає у відображенні витрат (або виробничих витрат), які формують собівартість кінцевого продукту. Крім того, калькуляція критично важлива для бухгалтерського обліку як інструмент грошової оцінки об'єктів.

Застосування різних методів обліку та калькулювання дає змогу зібрати точну інформацію про фактичні витрати (вихідні дані) по кожному об'єкту, що є основою для обчислення собівартості. Конкретний метод розрахунку собівартості обирається, виходячи з особливостей виробничої організації, технологічного процесу та виду продукції.

Обчислення собівартості та облік витрат функціонально злиті. Незважаючи на незмінну загальну суму витрат, зміна способу калькуляції може суттєво змінити оцінку собівартості окремих видів продукції. Це означає, що методи калькулювання обираються виключно з огляду на те, яка інформація необхідна керівництву для прийняття ключових рішень (від щоденних до довгострокових). Підприємства зобов'язані фіксувати обрані методи в наказі про облікову політику, але цей важливий нормативний акт часто не містить цієї інформації, що знижує його цінність.

У практиці господарювання застосовують кілька основних методів обліку витрат і калькулювання собівартості, зокрема позамовний, попроцесний, попередільний, нормативний, стандарт-костинг і директ-костинг. Кожен із цих методів має свої особливості, переваги та сфери застосування.

Позамовний метод використовується на підприємствах із індивідуальним або дрібносерійним типом виробництва, де витрати обліковуються за окремими замовленнями. Цей метод дає змогу точно визначити собівартість кожного виробу, проте вимагає детального аналітичного обліку.

Попроцесний метод доцільно застосовувати на підприємствах масового типу виробництва, де продукція проходить кілька технологічних процесів. У цьому випадку облік витрат ведеться за процесами або виробничими стадіями, що дозволяє визначити витрати на кожному етапі виробництва та забезпечує ефективний контроль за їх формуванням.

Попередільний метод подібний до попроцесного, але передбачає облік витрат за окремими переділами, характерний для підприємств із безперервним виробництвом, таких як металургійні, хімічні чи харчові підприємства.

Нормативний метод ґрунтується на заздалегідь установлених нормах витрат ресурсів, що дозволяє контролювати відхилення фактичних показників від нормативних і своєчасно виявляти причини перевитрат. Цей метод забезпечує оперативність управління витратами та підвищує ефективність контролю за дотриманням норм. Його різновидом є метод стандарт-костинг, який широко застосовується у країнах із розвинутою економікою. Він базується на встановленні стандартних витрат, що періодично оновлюються залежно від змін у технологічних процесах чи ринкових умовах.

Метод «директ-костинг», або метод обліку змінних витрат, передбачає поділ усіх витрат на змінні та постійні. До собівартості продукції включають лише змінні

витрати, а постійні списуються безпосередньо на фінансові результати підприємства. Такий підхід дозволяє аналізувати взаємозв'язок між витратами, обсягом виробництва та прибутком, визначати точку беззбитковості, оцінювати рентабельність окремих видів продукції й ухвалювати стратегічні рішення щодо оптимізації асортименту чи обсягів виробництва.

Вибір конкретного методу обліку витрат і калькулювання собівартості залежить від специфіки діяльності підприємства, його організаційної структури, технологічного процесу, рівня автоматизації обліку та інформаційних потреб управлінського персоналу. У сучасних умовах господарювання ефективним є поєднання елементів різних методів, що дозволяє створити адаптовану до особливостей підприємства систему управлінського обліку.

Незважаючи на відмінності у застосуванні та сутності, всі методи калькулювання мають забезпечити виконання таких ключових завдань:

- Класифікація та облік витрат за їх видами, елементами та статтями калькуляції.
- Систематизація виробничих витрат з прив'язкою до місця їх виникнення (центрів витрат) і конкретних видів продукції.
- Розрахунок собівартості одиниці продукції (роботи чи послуги) та контроль витрат у процесі виробництва.
- Оцінка та визначення фінансових результатів як окремих виробничих підрозділів, так і підприємства в цілому.

Витрати виробництва формують собівартість продукції і фіксуються в бухгалтерському обліку як виробничі витрати. За допомогою калькулювання ці витрати визначаються для кожного конкретного виду продукції. Таким чином, калькуляція — це по суті система вимірювання виробничих витрат.

Оскільки кожен метод калькулювання має свої переваги та недоліки, його вибір має бути ретельно обдуманий, враховуючи галузь, стадію розвитку підприємства, характер управлінських рішень та фінансову стійкість. Керівництву критично важливо глибоко розуміти відмінності між методами, а також прораховувати їхній вплив на фінансовий результат. Це дозволить не лише оптимізувати облік, а й знайти шляхи удосконалення виробництва через інтеграцію найбільш ефективних калькуляційних підходів.

Подальший розвиток методів обліку витрат повинен відбуватися з урахуванням цифрової трансформації економіки, впровадження аналітичних технологій і переходу до концепції стратегічного управлінського обліку, що забезпечить стабільне зростання ефективності діяльності підприємств у майбутньому.

Література

1. Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 “Витрати”, затверджено наказом Міністерства фінансів України від 31.12.1999р. №318. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00#Text> (дата звернення 19.10.2025)
2. Каземирчик М.С. Калькулювання собівартості продукції: огляд методів. *Розвиток системи обліку, аналізу та аудиту в Україні: теорія, методологія, організація* : збірник тез доповідей учасників XIX Всеукраїнської наукової конференції. К. : ДП “Інформ.-аналіт. агентство”, 2021. С.196-200.
3. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості : Наказ Міністерства промислової політики України від 09.07.2007р. №373. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0373581-07#Text> (дата звернення 19.10.2025)

УДК 658.3

І.В. Котовська, к.е.н., Ю.О. Котовська

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ТРАНСФОРМАЦІЙНЕ ЛІДЕРСТВО ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ КОРПОРАТИВНОЇ КУЛЬТУРИ

I. V. Kotovska, PhD, Y. O. Kotovska

TRANSFORMATIONAL LEADERSHIP AS A FUNDAMENTAL DRIVER OF CORPORATE CULTURE DEVELOPMENT

Корпоративна культура є фундаментом ефективності, стратегічного розвитку та адаптивності сучасної організації до зовнішніх змін. Численні дослідження показують, що сильна культура, заснована на цінностях, сприяє підвищенню продуктивності, зниженню плинності кадрів та більшій адаптивності в нестабільних умовах. Водночас сучасні дослідження все частіше визначають стиль лідерства як вирішальний фактор у формуванні та підтримці такої культури, оскільки саме лідер визначає домінантні цінності, норми та поведінкові моделі в команді.

Серед сучасних моделей лідерства трансформаційне лідерство набуло особливої актуальності завдяки своїй здатності надихати послідовників, стимулювати інновації та сприяти довгостроковим культурним змінам. В умовах швидких змін бізнес-середовища трансформаційне лідерство набуває критичного значення, оскільки воно не лише впливає на індивідуальні результати працівників, але й комплексно змінює колективне мислення та культуру, за рахунок того, що трансформаційні лідери впливають не тільки на поведінку співробітників, але й на спільні норми, ритуали та цінності, що складають суть корпоративної культури.

Вітчизняні дослідження підтверджують, що ефективність сучасних компаній безпосередньо залежить від інноваційності процесів управління персоналом і здатності керівництва розвивати людський потенціал.

Концепція трансформаційного лідерства була вперше запроваджена Джеймсом Макгрегором Бернсом, який визначив її як стиль лідерства, в якому лідери та послідовники піднімають один одного на вищий рівень мотивації та моральності. Згодом дана концепція була розширена Бернардом Бассом, який конкретизував її через чотири ключові компоненти, які створюють умови для формування нової культури:

- ідеалізований вплив (харизма) – лідер виступає прикладом для наслідування, захоплення, є носієм цінностей та довіри;
- натхненна мотивація – лідер формує спільну місію та стратегічне бачення, що надихає працівників до реалізації;
- інтелектуальна стимуляція – лідер заохочує інновації, ініціативність, креативність та критичне мислення;
- персоналізований підхід – лідер приділяє увагу особистим потребам та розвитку потенціалу кожного співробітника через менторство.

Ці компоненти створюють середовище, де цінності корпоративної культури не лише проголошуються, а й впроваджуються на практиці.

Корпоративна культура формується через щоденні управлінські рішення, комунікацію та поведінку керівників. Трансформаційні лідери виступають носіями культурних змін, задаючи тон у взаєминах в колективі та формуючи домінантні цінності. Дослідження показують, що співробітники ефективніше засвоюють

організаційні цінності, коли лідери послідовно демонструють ці цінності. Це сприяє культурній узгодженості та чіткості очікувань.

Важливу роль при цьому також відіграє мотиваційний аспект, адже трансформаційні лідери повинні формувати спільну місію, надихати на розвиток і залучати працівників до стратегічних цілей організації, оскільки залученість персоналу є ключовим чинником сталого розвитку компаній. Високий рівень залученості прямо корелює зі зростанням продуктивності праці, покращенням клієнтського сервісу та зміцненням конкурентоспроможності. Тому, трансформаційний стиль, посилюючи залученість, є проміжним механізмом формування позитивних культурних норм.

Трансформаційні лідери є каталізаторами змін, адже вони формують культуру, що сприймає інновації як частину нормальної діяльності, а не як зовнішній тиск. Трансформаційне лідерство впливає на корпоративну культуру через численні психологічні та поведінкові механізми. Лідери формують культуру не тільки шляхом визначення стратегічного напрямку, але й шляхом моделювання поведінки, визначення цінностей та створення середовищ, що підтримують інновації та співпрацю.

Варто також відзначити, що ефективність трансформаційного лідерства у процесах формування корпоративної культури безпосередньо пов'язана з рівнем психологічної залученості персоналу та якістю комунікативної взаємодії між працівниками. Відкритість, підтримка та орієнтація на розвиток створюють умови, за яких співробітники сприймають цінності організації не як формальність, а як елементи особистісно значущого професійного простору. Саме це сприяє зміцненню довіри, взаємоповаги та готовності брати участь у колективних ініціативах.

Крім того, у сучасних організаціях корпоративна культура дедалі частіше формується через залучення працівників до спільного творення внутрішніх практик, ритуалів і норм взаємодії. У цьому контексті трансформаційний лідер переходить від ролі ініціатора до фасилітатора колективного сенсотворення, що значно підсилює вплив корпоративної культури на ефективність компанії.

Висновок. З огляду на сучасні глобальні виклики – швидкі технологічні зміни, перехід до гібридної роботи та збільшення навантаження на співробітників – трансформаційне лідерство стає ще більш актуальним. Трансформаційне лідерство є одним із ключових чинників формування сучасної, адаптивної корпоративної культури в організаціях. Воно забезпечує не лише високий рівень внутрішньої мотивації працівників, а й створює умови для інноваційності, довіри та сталого розвитку. Залученість команди та інноваційні технології управління персоналом є критичними механізмами зміцнення корпоративної культури. Трансформаційні лідери, які вміють працювати з цими механізмами, стають ключовими агентами змін і формують культуру, здатну забезпечити довгострокову конкурентоспроможність компанії.

Література

1. Bass, B. M., Avolio, B. J. Multifactor leadership questionnaire. *Western Journal of Nursing Research*.
2. Berson, Y., Shamair, B., Avolio, B. J., & Popper, M., 2001. The Relationship between Vision Strength, Leadership Style & Context. *The Leadership Quarterly*, 12, 53-73. [https://doi.org/10.1016/S1048-9843\(01\)00064-9](https://doi.org/10.1016/S1048-9843(01)00064-9)
3. Gumusluoglu, L., Ilsev, A., 2009. Transformational leadership, creativity, and organizational innovation. *Journal of Business Research*, 62(4), 461–473.
4. Podsakoff, P.M., MacKenzie, S.B., Moorman, R.H. and Fetter, R. Transformational Leader Behaviors and their Effects on Followers' Trust in Leader, Satisfaction, and Organizational Citizenship Behaviors. *The Leadership Quarterly*, 1, 107-142. [http://dx.doi.org/10.1016/1048-9843\(90\)90009-7](http://dx.doi.org/10.1016/1048-9843(90)90009-7)

5. Schein, E. H. 2017. *Organizational Culture and Leadership* (5th ed.). Wiley.
6. Котовська І. Залученість персоналу та її вплив на розвиток компанії. Соціально-економічні проблеми і держава. 2025. Вип. 1 (32). С. 113-122.: <https://doi.org/10.33108/sepd2025.01.113>

УДК 004.9

А.А. Криськов докт. іст. наук, проф, В.В. Яцишин, Д.Р. Баран

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ БІБЛІОТЕЧНИХ ТА АРХІВНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

A.A. Kryskov Dr., Prof., V.V. Yatsyshyn, D.R. Baran

METHODS OF INTELLIGENT PROCESSING OF LIBRARY AND ARCHIVAL RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF NEXT-GENERATION RECOMMENDATION SYSTEMS

Для побудови сервісу генерації персоналізованих рекомендацій для відвідувачів бібліотеки, необхідно мати інформацію про те, які саме книги та яких жанрів були обрані кожним користувачем за певний проміжок часу. Наукові праці та практичні реалізації рекомендаційних систем підтверджують, що одним із найбільш простих у впровадженні та водночас ефективних методів є колаборативна фільтрація. Застосування колаборативної фільтрації передбачає перетворення наявних даних у табличну структуру – матрицю взаємодій користувачів і книг. Узагальнений вигляд такої матриці продемонстровано на рис. 1.

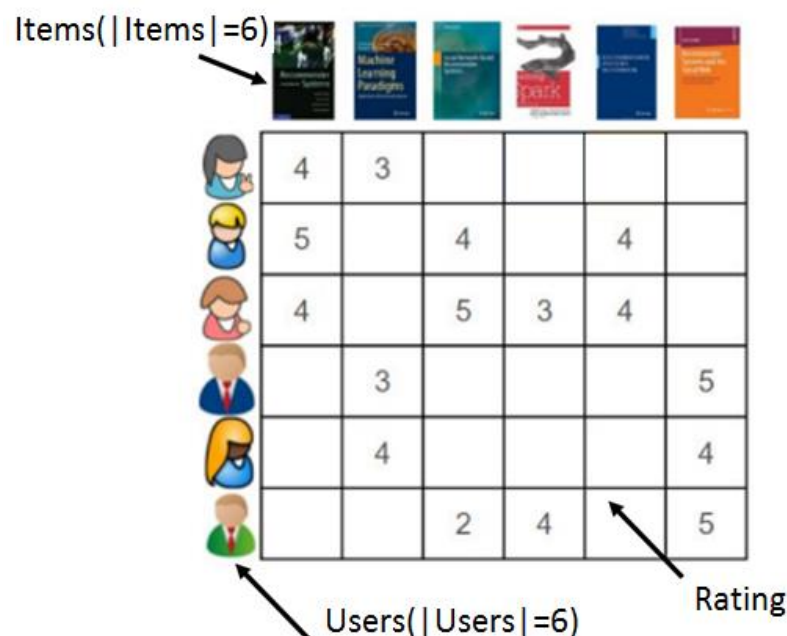


Рис.1. Структура матриці колаборативної фільтрації

Згідно з наведеною на рис. 1 структурою, інтерпретація основних об'єктів у контексті інформаційної системи бібліотеки є такою::

- «Users» – множина зареєстрованих читачів, які отримали RFID-картку та мають доступ до фондів бібліотеки;
- «Items» – перелік книг, з якими читач взаємодіяв (прочитав та оцінив);
- «Rating» – числове або логічне значення, що вказує на факт взаємодії або рівень оцінки конкретного видання користувачем;

Вся таблиця з даними, які показані на рис. 1, є матрицею крос-табуляції розмір якої визначається кількістю читачів і прочитаних ними книг – $|Users| \times |Items|$.

Матриця з рис. 1 фактично представляє собою крос-табуляцію розмірності $|Users| \times |Items|$. Кожен її кортеж описує так звану «корзину», тобто агреговану трійку: «читач – книга – оцінка». Концептуально процес формування рекомендацій за допомогою колаборативної фільтрації можна подати, як відображено на рис. 2.

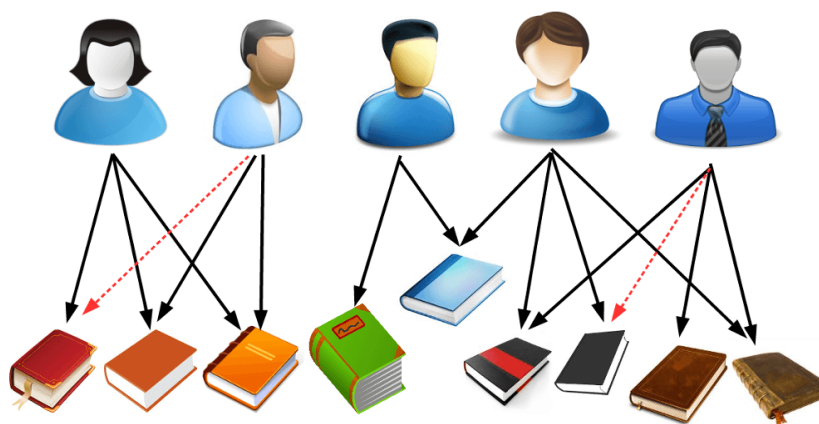


Рис. 2. Візуалізація процесу надання рекомендацій читачам бібліотеки

У колаборативній фільтрації важливе місце займають метрики схожості, які дозволяють визначити, наскільки подібними є інтереси читачів або характеристики книг. Найбільш поширеними є:

- метрика Джакарда;
- косинусна міра подібності;
- центрована косинусна міра (коефіцієнт кореляції Пірсона).

Формальне визначення міри Джакарда подано у вигляді:

$$sim(A, B) = |r_A \cap r_B| / |r_A \cup r_B| \quad (1)$$

Необхідно врахувати, що ця метрика не оперує величинами оцінок, а лише фактом взаємодії (0 – відсутня, 1 – наявна), тому є релевантною в задачах, де важливо лише відстежити факт читання книги.

Інший підхід – косинусна метрика, що розглядає рядки або стовпці матриці як вектори у просторі ознак. У такому випадку кожен користувач описується багатовимірним вектором оцінок. Ступінь подібності між цими векторами обчислюють за формулою:

$$\cos(\alpha) = \frac{\bar{a} \cdot \bar{b}}{|\bar{a}| \cdot |\bar{b}|} \quad (2)$$

Основним недоліком цього підходу є те, що заміна відсутніх оцінок нульовими значеннями може спотворювати результат та зменшувати точність рекомендацій. Саме тому часто застосовується коефіцієнт кореляції Пірсона, який дозволяє нівелювати залежність від абсолютних значень оцінок і враховує відхилення від середніх значень кожного користувача:

$$sim(u, u') = \frac{\sum_{i \in I(u, u')} (r_{ui} - \bar{r}_u) \cdot (r_{u'i} - \bar{r}_{u'})}{\sqrt{\sum_{i \in I(u, u')} (r_{ui} - \bar{r}_u)^2 \cdot (r_{u'i} - \bar{r}_{u'})^2}} \quad (3)$$

Після аналізу та вибору відповідних метрик другий важливий етап — формалізація алгоритмів побудови рекомендацій, тобто визначення процедур, за якими система пропонуватиме читачам нові видання.

Для реалізації механізму рекомендацій доцільно використати екосистему мови Python та наявні відкриті бібліотеки для опрацювання даних і побудови моделей колаборативної фільтрації, інтегрувавши їх у клієнтське програмне забезпечення, що автоматизує бізнес-процеси бібліотеки.

УДК 159.9:32

К.М. Куценко, ст. гр. БП-31

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

Науковий керівник: професор Я. В. Стоцький

**«ТЕМНА ДІАДА» ОСОБИСТОСТІ: КОРЕЛЯЦІЯ ТА ПРОЯВИ
АВТОРИТАРНОСТІ Й МАКІАВЕЛІЗМУ В СУСПІЛЬСТВІ НОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

K.M. Kutsenko st. gr. BP-31

**THE “DARK DYAD” OF PERSONALITY: CORRELATION AND
MANIFESTATIONS OF AUTHORITARIANISM AND MACHIAVELLIANISM IN
THE AGE OF NEW TECHNOLOGIES**

Supervisor: Professor Y. V. Stotsky

В суспільстві сучасних технологій розвиток цифрових технологій та поширення соціальних мереж змінюють способи спілкування людей, впливають на структуру міжособистісних відносин і формують нові соціальні ролі. Ці зміни створюють додаткові умови для прояву особистісних рис, зокрема таких, що відносяться до так званої «Темної Діади» особистості: характеризуються маніпулятивністю, низькою емпатією, імпульсивністю й прагненням використовувати інших. До цього комплексу належать макіавелізм та авторитаризм — риси, які мають значний вплив на поведінку людини, її соціальну адаптацію, здатність до лідерства та ефективність у колективі.

Макіавелізм, як психологічно-політологічний феномен, проявляється у стратегічному мисленні, прагненні досягти власної мети будь-якими засобами та вмілому використанні соціальних взаємодій на свою користь. Авторитаризм характеризується прагненням до контролю, посиленою увагою до дисципліни та порядку, конформізмом і нетерпимістю до інакодумства. Оскільки у сучасних умовах ці риси особливо цікаві в модерні цифрові технології створюють нові можливості для прояву владності та маніпуляцій, а також для розвитку стратегічного мислення у взаємодії з іншими людьми.

Юнацький та молодий віковий психологічний період є критичним етапом формування особистісних і моральних якостей. Саме в цей час закладаються основи соціальної поведінки, етичних стандартів і стратегій взаємодії у колективі. Вивчення макіавелізму та авторитаризму в даному випадку у студентів дозволяє зрозуміти, як формуються соціальні ролі, стилі лідерства та способи взаємодії у групах. Це знання

також дає змогу прогнозувати, які стратегії поведінки будуть переважати у ситуаціях конфлікту або конкуренції, а які — у спільній співпраці та підтримці.

Ці риси виявляються не лише у реальному житті, а й у сучасному цифровому середовищі. Соціальні мережі, онлайн-групи та платформи для комунікацій надають нові можливості для демонстрації лідерських якостей, маніпуляцій і контролю. Водночас, вони можуть стати середовищем, де прояви цих рис підсилюються, трансформуються або навпаки — зменшуються під впливом колективної реакції, моральних норм або громадського контролю.

Результати дослідження

№	Ім'я	Вік	Стать	Результат за методикою МАС-шкала	Результат за методикою RWA-шкала
1	Анна	18	ж	78 балів – середній рівень макіавеллізму	115 балів – помірна авторитарність
2	Іван	19	ч	92 бали – високий рівень макіавеллізму	130 балів – високий рівень авторитаризму
3	Марія	17	ж	65 балів – низький рівень макіавеллізму	98 балів – низький рівень авторитаризму
4	Дмитро	18	ч	81 бал – середній рівень	122 бали – помірний авторитаризм
5	Олена	18	ж	70 балів – нижче середнього	100 балів – низький рівень авторитаризму
6	Сергій	19	ч	95 балів – високий рівень макіавеллізму	128 балів – високий рівень авторитаризму
7	Христина	17	ж	73 бали – середній рівень	104 бали – помірний рівень
8	Андрій	18	ч	87 балів – помірно високий рівень	120 балів – середній рівень
9	Софія	19	ж	68 балів – нижче середнього	95 балів – низький рівень
10	Артем	18	ч	90 балів – високий рівень макіавеллізму	132 бали – високий рівень авторитаризму

Дослідження «Темної Діади» також дозволяє відслідковувати гендерні та індивідуальні особливості прояву цих рис. Наприклад, чоловіки частіше демонструють високий рівень макіавеллізму та авторитарності, тоді як жінки зазвичай мають вищий рівень емпатійності та соціальної чутливості. Однак ця різниця не є абсолютною: багато юнаків і дівчат можуть комбінувати різні риси, що створює складні, багатогранні профілі особистості, які визначають поведінку у різних соціальних та цифрових контекстах.

Результати досліджень свідчать про те, що студенти з високими показниками макіавеллізму та авторитарності зазвичай проявляють організаторські здібності, вміння впливати на групу, стратегічно планувати свої дії та досягати мети. У цифровому середовищі це може проявлятися у керуванні онлайн-спільнотами, ефективній взаємодії у віртуальних проектах та здатності впливати на думку інших учасників. Водночас така поведінка може поєднуватися з жорсткістю, прагненням домінувати та іноді маніпулятивними стратегіями.

Натомість студенти з низькими показниками «Темної Діади» відзначаються більшою емпатійністю, гуманістичною спрямованістю, схильністю до співпраці та підтримки інших. Вони надають перевагу рівноправним стосункам, уникають конфліктів, проявляють обережність у прийнятті рішень. У цифровому середовищі такі особистості часто стають медіаторами, підтримують конструктивну атмосферу у групах і сприяють формуванню довіри серед учасників.

Практичне значення дослідження полягає у розумінні того, як поєднання макіавелізму та авторитаризму впливає на соціальну адаптацію, лідерство, міжособистісну взаємодію та цифрову комунікацію. Результати можуть бути використані у розвитку програм емоційного інтелекту, тренінгах із міжособистісного спілкування, курсах з кіберпсихології, а також у заходах з профілактики деструктивних моделей поведінки.

Література:

1. Методичні вказівки для самостійної роботи з курсу «Політична психологія». Стоцький Я. В. URL: <https://surl.lt/sqfkxb> (дата звернення: 04.11.2025).

УДК 336.7:004.738.5:339.7

В.Б. Кушнір

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ ФІНАНСИ (DEFI): ВПЛИВ НА ФІНАНСОВУ СТАБІЛЬНІСТЬ ТА РОЛЬ МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ ВІДНОСИН

V.B. Kushnir

DECENTRALISED FINANCE (DEFI): IMPACT ON FINANCIAL STABILITY AND THE ROLE OF INTERNATIONAL FINANCIAL RELATIONS

Фінансова система вже зараз переживає масштабне перетворення, яке докорінно змінює її. З розвитком технологій на світ з'явилися децентралізовані фінанси, або DeFi. Завдяки цьому виникла повноцінна альтернатива традиційним банкам, яку ще десять років тому ніхто б серйозно не сприйняв. Децентралізовані фінанси (DeFi)- екосистема фінансових послуг, які виконуються через децентралізовані додатки (dApps). Тут головна відмінність від банків полягає в тому, що для здійснення

транзакцій не потрібна участь посередника. Це демократизує систему: доступ до складних фінансових інструментів, таких як кредитування, депозити (стейкінг) чи трейдинг, отримує будь-хто. Це докорінно змінює правила гри, особливо для країн, що розвиваються, де банківська система часто недоступна для звичайних людей.

Основними елементами DeFi є блокчейн та смарт-контракти.

Блокчейн-це база даних, у якій транзакції зберігаються у вигляді блоків, де кожен з них криптографічно пов'язаний з попереднім блоком. Тут замість імен використовуються лише адреси гаманців, що надає анонімність учасникам. Основна перевага в тому, що кожен блок містить свій хеш - унікальний код (послідовність

літер та цифр), який генерується на основі даних, що міститься в блоці. Якщо змінити принаймні 1 операцію, то і весь "цифровий відбиток" зміниться повністю. Проте це практично неможливо, адже кожен блок в блокчейні містить хеш минулого, тому для корегування транзакції слід було б перерахувати хеші всіх блоків, що

потребує величезної обчислювальної потужності. До того ж доступ до реєстру тут є в кожного. Це ще більше ускладнює можливість зламу.

Смартконтракт — це цифрова угода, що виконується самостійно, написана у вигляді коду та збережена на блокчейні. Він може функціонувати без посередників, використовуючи блокчейн-технологію для підвищеної безпеки та прозорості, надаючи користувачам можливість забезпечувати виконання угод і оптимізувати різні процеси.

В його коді заздалегідь прописані розробником правила та умови щодо різних операцій. Коли користувач ініціює транзакцію, тоді активується контракт, який перевіряє, чи дотримано вимоги, що закладені в ньому. Якщо умови дотримано, то завдання теж автоматично виконується. Згодом результат буде записано в самому блокчейні, після чого його вже не змінити.

Секрет вибухового росту цього сегменту доволі просте: ринок просто втопився від непереворотності та повільності традиційної системи. Коли ти на власні очі бачиш, як ліквідність перетікає з одного континенту на інший за лічені секунди, повертатися до бюрократії SWIFT-переказів, які можуть йти кілька днів і "застрягати" на вихідних, уже зовсім не хочеться. Аналітика за період 2020–2024 років фіксує дуже цікавий

тренд, який неможливо ігнорувати. У пікові фази ринкового циклу обсяг коштів, заблокованих у смартконтрактах, підскакував на понад 370%. Це не просто спекулятивний азіотаж. Це чіткий показник того, що інвестори — як і дрібні ентузіасти, так і фінансові "кити" — голосують доларом за прозорість, швидкість та автономність, яку забезпечують алгоритми. Люди починають довіряти математиці більше, ніж інституціям.

Втім, у цій індустрії теж є свої недоліки. Свобода тут йде в нерозривному комплекті з жорсткою хаотичністю та повною особистою відповідальністю.

Криптовалютні "гойдалки", коли актив втрачає або набирає чверть вартості за одну добу, — це буденність, яка вже нікого не дивує. Така волатильність запускає

ланцюгову реакцію, яка може бути руйнівною для непідготовленого гравця. Алгоритм не має жалю, емпатії чи розуміння "складних життєвих обставин". У ньому немає людського фактора. Він просто примусово розпродує застави користувачів при падінні цін (процес ліквідації), обвалюючи ринок ще глибше. Системні ризики тут реалізуються миттєво, і ефект доміно спрацьовує швидше, ніж трейдер встигає взагалі щось збагнути. Технічний бік медалі теж має свої серйозні нюанси, про які варто пам'ятати. Блокчейн не пробає помилок. Тут немає гарячої лінії чи служби підтримки, яка скасує помилкову транзакцію або поверне кошти, надіслані не на ту адресу. Крім того, надійність системи тримається на якості коду. Якщо розробник допустив найменший баг у смартконтракту, це стає відкритими дверима для хакерів. Питання кібербезпеки та незалежного аудиту коду перетворилися на питання виживання цілих екосистем. Історія знає випадки, коли ціна однієї пропущеної коми чи дужки в коді вимірювалася мільйонами доларів втрачених клієнтських коштів, які неможливо повернути.

Що дійсно цікаво спостерігати зараз, так це зміну деяких тенденцій. Традиційні фінансові гіганти почали пристосовуватись до змін. Замість відкритої війни з криптою, яку ми бачили ще кілька років тому, банки почали її "тиху", але впевнену інтеграцію. Ми бачимо, як просто на очах народжуються гібридні моделі: старі, консервативні фінансові установи впроваджують блокчейн для внутрішніх

розрахунків, запускають власні стейблкоїни і тестують токенизацію реальних активів (нерухомості, акцій, облігацій). Відбувається своєрідна дифузія, де надійність та

репутація ліцензованих установ поєднується з інструментарієм Web3.

Зрештою, вплив DeFi на світову економіку залишається дуалістичним. З одного боку — це, безумовно, потужний драйвер фінансової інклюзії, який дає шанс мільйонам людей долучитися до глобальної економіки. З іншого — це джерело нових, ще не вивчених загроз та фінансових бульбашок. Повернути все "як було" не вдасться. Межа між звичними фіатними грошима та цифровими активами стирається просто на очах, формуючи нову реальність обміну цінністю, в якій нам усім доведеться жити і працювати.

Література

1. Доценко О.В., & Чубка І.А. (2023). DEFI: інструмент цифрової трансформації держави. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Економічна», (105), 94-105. URL: <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2023-105-10>
2. Волкова, В.; Дмитренко, Т. Децентралізовані фінанси: їх розвиток у сучасній фінансовій системі та ризики, які вони спричиняють. Grail of Science, 2022, 12-13: 71-80. URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/article/view/11>
3. Що таке смартконтракти і як вони працюють? / Binance Academy. URL: <https://surl.li/qowvps>
4. DeFi Liquidations Explained: Protection Strategies for Crypto Investors. / Yellow.com. URL: <https://surl.li/bcmqxx>

УДК 159.9

В. Луців

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПСИХОЛОГІЧНА КОРЕКЦІЯ ТРИВОЖНОСТІ ДОРΟΣЛИХ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ МЕТОДАМИ АРТТЕРАПІЇ

Lutsiv Vasyi

PSYCHOLOGICAL CORRECTION OF ANXIETY IN ADULTS UNDER MARTIAL LAW USING ART THERAPY METHODS

Сучасні соціально-політичні події, особливо воєнний стан в Україні, призвели до суттєвого підвищення рівня тривожності серед дорослого населення. Постійна невизначеність, інформаційний тиск, емоційне виснаження сприяють виникненню стресових і тривожних станів, що негативно позначаються на психологічному благополуччі, міжособистісних стосунках і професійній діяльності.

Проблема тривожності була актуальною завжди, раніше її вивченню приділялось достатньо увага, проте з кожним роком ця тема дедалі більше стає об'єктом дослідження. Вивченням тривожності займалась низка закордонних та українських вчених. Серед них варто виділити З. Фрейда, К. Юнга, А. Адлера, К. Хорні, Е. Фромма, Р. Сапольські, Т. Кантофера, Т. Вебер. К. Гольдштейна, Д. Голліс, М. Вебера. З українських вчених значний внесок у вивчення тривожності зробили і роблять М. Білоусенко, Є. Головаха, О. Водолазська, В. Станчишин, М. Тимофієва, Р. Яремко, М. Лівін, І.Полудьоний, Д. Хаверчук.

Тривожність – це послідовність когнітивних, афективних та поведінкових реакцій, що викликаються різними стресовими факторами. Це захисна реакція: важливе відчуття для людського тіла, яке допомагає передбачати, запобігати або уникати небезпечних ситуацій. Вона мобілізує внутрішні ресурси для боротьби з уявною

небезпекою. Водночас тривожність та страх служать сигнальними та стимуляційними механізмами, тим самим активуючи механізми психічної адаптації. Ця психологічна реакція дозволяє організму розпізнавати потенційні загрози, аналізувати ситуації та планувати дії для вирішення проблем. Тривожність впливає як на соматичний, так і на психологічний рівні систем організму. Соматичні симптоми тривоги включають: тремтіння кінцівок, м'язову напругу, судоми, біль у м'язах, запаморочення, задишку, прискорене серцебиття та головний біль. Також може виникати невідповідне до ситуації потовиділення або відчуття холоду чи тепла, втрата енергії, порушення сну, шлунково-кишкові проблеми, скарги на лібідо, часте сечовипускання тощо. Психологічні симптоми тривоги включають: почуття тривоги, напруги, страху, дратівливості, неспокою, втрату контролю над своїми діями, труднощі з концентрацією уваги та розслабленням, фаталізм, безнадія та втрату інтересу до раніше приємних речей, зниження самооцінки, уникнення стосунків та соціальних контактів.

На даний час існує два підходи до вивчення і пояснення тривоги та тривожності - класичний і сучасний. Класичний підхід запропонували основоположники психоаналізу, зокрема З. Фрейд. Основна ідея - базовим є саме страх, як інстинкт з якого виникає певна форма поведінки. Згодом вчені за допомогою численних досліджень довели, що слід відокремити тривожність від страху. Так почав формуватись сучасний погляд на тривожність, як ситуативне поведінкове явище як з позитивним так із негативним впливом на людину. Першим запропонував нове ставлення до тривожності К. Гольштейн. Він описував тривожність, як базову потребу людини в самозахисті, яка особливо гостро проявляється в моменти небезпеки, різких змін, незадоволенні базових звичних потреб. Так наш організм пристосовується до нових умов.

Одним із ефективних напрямів психокорекційної роботи є використання методів арттерапії, які забезпечують безпечне вираження емоцій, зниження психоемоційного напруження та відновлення внутрішньої рівноваги через творчість.

Арттерапія є дієвим засобом, що гарантує безпечне середовище для невербального вираження і символічного опрацювання внутрішньої напруги.

Дуже цікавою та перспективною технікою у межах арттерапевтичного напрямку є стрінг арт (або ниткотерапія). Це різновид, що використовує нитки та цвяхи на дерев'яній основі для створення готових картин і представляє собою нову методику психологічної роботи з тривожністю завдяки своїм унікальним характеристикам.

Ключова особливість цього методу - фокус на переживанні моменту «тут і зараз». Робота з нитками вимагає постійної концентрації уваги на завданні, що природним чином переключає фокус з тривожних думок на сам процес створення власного виробу. Це захоплює і вже з перших дотиків вимальовується певний візерунок. Виникає природне бажання якомога швидше завершити роботу, щоб побачити кінцевий результат. Тактильний досвід багатогранний і передає задоволення через колір, текстуру та різні рухові схеми. Це дає відчуття спокою, певного контролю над ситуацією, обіцяє чіткий результат, дає відчуття впевненості у своїх діях, чинить заспокійливий ефект. Фізична взаємодія з матеріалом надає робочому процесу медитативний та спокійний характер і, завдяки чіткій інструкції до композицій, сприяє створенню балансу та порядку. Співвідношення між візуальною та тактильною активністю гармонізує функцію центральної нервової системи. Готові вироби, які часто використовуються як декоративні предмети, передають відчуття задоволення та гордості за власну роботу.

Стрінг арт характеризується доступністю матеріалів та легкістю застосування технік. Для цього виду арттерапії не потрібні жодних спеціальних навичок, умов, приміщень. Можна працювати як індивідуально, так і в групі осіб.

Ниткова терапія працює на кількох рівнях, поєднуючи тактильні, візуальні та психоемоційні аспекти. Стрінг арт сприяє тренуванню концентрації уваги, терпіння, а також покращенню дрібної моторики та координації рухів. Користувачі можуть зменшити стрес, знайти хобі, покращити дрібну моторику та координацію, підвищити концентрацію та відчувати емоційне полегшення.

З огляду на це стрінг арт терапія є потужним та необхідним засобом для роботи з подолання тривожності, особливо під час воєнного стану. Метод дедалі частіше застосовується і є доступним для широкого кола людей. Також вимагає нових досліджень, оскільки має величезний потенціал у відновленні ментального здоров'я українців.

Література

1. Галієва О. М. Теоретичний аналіз поняття "тривожність". Теорія і практика сучасної психології. Запоріжжя, 2018 р. Вип. 6, 107-110 с.
2. Думбур О. А., Підбуцька Н. В. Арт-терапія в роботі психолога. Актуальні проблеми соціального розвитку в суспільстві : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 27–29 берез. 2025 р. Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків, 2025. С. 135–137. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/88433>
3. Лівін М., Полудьоний І. Простими словами. Як розібратись у своїх емоціях. - 3-тє вид. - Київ :Наш формат, 2022р. 70-72 с.

УДК 339

Л. Любінський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИРОБНИЦТВО РЕКЛАМНОГО КОНТЕНТУ

Lubinskii Lubomyr

ECONOMIC IMPACTS OF IMPLEMENTING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ADVERTISING CONTENT PRODUCTION

Глобальний ринок використання технологій штучного інтелекту (ШІ) у маркетингу демонструє стрімку експансію. За останні роки його обсяги зросли в кілька разів, а прогнози свідчать про подальше масштабування протягом наступного десятиліття. Генеративний ШІ докорінно змінює процеси створення рекламного контенту: більшість спеціалістів уже інтегрувала ШІ у свою роботу, що дозволяє суттєво підвищувати швидкість і продуктивність. Водночас значна частина працівників креативної сфери висловлює занепокоєння можливим скороченням робочих місць, що актуалізує дослідження економічних механізмів цієї технологічної трансформації.

За оцінками провідних аналітичних агентств, глобальний ринок технологій ШІ в маркетингу у 2024 році перевищив 20,4 млрд дол. США, а до 2030 року очікується його зростання до 82,23 млрд дол. США. Це означає, що частка ШІ-інструментів у рекламному та маркетинговому бізнесі зростає експоненційно, що відкриває нові можливості для компаній, які швидко адаптуються до цифрових змін [1].

Економічний аналіз показує, що ШІ змінює структуру витрат у виробництві рекламної продукції. Якщо традиційне створення відеореклами передбачає витрати на

режисуру, акторів, оренду студії та постпродакшн, формуючи значні фіксовані витрати, то генеративні моделі дозволяють різко знизити собівартість після первинних інвестицій у цифрові інструменти. У результаті зменшується бар'єр входу на ринок: малі підприємства отримують можливість конкурувати з великими медіакомпаніями.

Швидке поширення ШІ створює нові конкурентні переваги, насамперед завдяки персоналізації контенту, адаптації під окремі аудиторії та підвищенню ефективності маркетингових кампаній. Компанії, що вже активно використовують ШІ у своїх процесах, повідомляють про зростання ефективності рекламного бюджету та вищу віддачу від інвестицій у контент-маркетинг.

До основних переваг впровадження ШІ можна віднести:

- значне скорочення витрат на створення контенту - автоматизація сценаріїв, графіки та відео дає змогу зменшити частку ручної роботи;
- підвищення точності таргетингу - алгоритми аналізують поведінку споживачів і формують персоналізовані рекламні повідомлення;
- розширення ринку для малих компаній - зниження порогу входу стимулює конкуренцію та демократизує креативні індустрії;
- поява нових професій - розвиток ролей, пов'язаних із налаштуванням моделей, етикою та взаємодією людина-ШІ, формує нову структуру зайнятості;
- проблеми та ризики використання генеративного ШІ у рекламі.

Поряд із можливостями формуються серйозні виклики. Ринок стикається з явищем «креативної інфляції»: збільшення обсягів ШІ-генерованого контенту призводить до зниження його унікальності та втрати цінності. У споживачів зростають запити на автентичність, а надмірна автоматизація викликає недовіру до цифрових образів. Крім того, технологічні зміни впливають на структуру зайнятості - частина рутинних креативних функцій може бути витіснена алгоритмами. Відповідно, можна виокремити наступні загрози:

- зменшення довіри споживачів - неавтентичний контент викликає негативну реакцію та знижує ефективність рекламних кампаній;
- ризик витіснення творчих професій - автоматизація ряду процесів створює загрозу для операторів, дизайнерів та копірайтерів, чия робота дублюється алгоритмами;
- надлишок однотипного контенту - ускладнюється конкуренція, знижується якість та різноманіття рекламних повідомлень;
- етичні та правові проблеми - невизначеність щодо авторського права, маркування та відповідальності за контент.

У сучасних умовах вирішення проблеми потребує комплексної політики, спрямованої на підтримку балансу між технологічним прогресом і збереженням людського капіталу. Необхідним є прозоре маркування ШІ-контенту, розвиток програм перекваліфікації для працівників креативних секторів і встановлення правил алгоритмічної відповідальності для цифрових платформ.

Трансформація рекламної індустрії під впливом ШІ є незворотною та визначатиме розвиток ринку в найближчі роки. Хоча ШІ відкриває значні економічні вигоди - від зростання продуктивності до структурної модернізації ринку - неконтрольоване впровадження здатне поставити під загрозу стійкість креативних індустрій та поглибити соціально-економічні дисбаланси. Оптимальною є модель, у якій ШІ підсилює людську творчість, а не витісняє її, забезпечуючи поєднання економічної ефективності, соціальної відповідальності та інноваційного розвитку.

Література

УДК005.3:502

А. Р. Максимюк, Л. М. Мельник, докт. екон. наук, проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕФЕКТИВНІ ПРАКТИКИ МІНІМІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ У ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ ЗАКЛАДАХ

A. Maksymiuk, L. Melnyk, Dr., Prof.

EFFECTIVE PRACTICES FOR MINIMISING WASTE IN HOTELS AND RESTAURANTS

Упровадження сучасних практик мінімізації та перероблення відходів у готельно-ресторанних закладах є важливою складовою екологічної відповідальності та сталого розвитку індустрії гостинності. Такий підхід дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, оптимізувати операційні витрати й сформувати позитивний імідж закладу серед екосвідомих гостей.

Одним з ключових напрямів мінімізації відходів є скорочення харчових втрат. Це досягається завдяки точному плануванню закупівель, оптимізації порцій, впровадженню технологій контролю залишків, правильному зберіганню продуктів та повному використанню продуктів. Додатково ефективною є практика повторного використання надлишкових продуктів у межах санітарних вимог.

Другий важливий напрям – сортування та перероблення відходів. Більшість закладів запроваджують багатofракційні системи збору: органічні відходи, пластик, папір, скло, метал. Органіка може передаватися на промислове компостування або використовуватися у партнерських програмах з місцевими фермерами. Пластик і скло – направляються на перероблення через ліцензованих операторів. Сучасні готелі також впроваджують станції компактного пресування відходів, що зменшує транспортні витрати та підвищує ефективність утилізації.

Важливим інструментом є цифровізація процесів управління відходами. Використання сенсорів заповненості контейнерів, програм для аналізу харчових втрат (наприклад, Winnow), електронних систем інвентаризації або чат-ботів для контролю залишків дозволяє суттєво зменшити кількість сміття та покращити логістику.

У готелях до ефективних практик також належить відмова від одноразових матеріалів: заміна пластикових пляшок на диспенсери в санвузлах, використання багаторазового посуду, впровадження екоупаковок або перехід на біорозкладні матеріали. Широко застосовується політика «за вимогою», наприклад, зміна рушників чи постелі лише за запитом гостя, що зменшує обсяг пральних відходів та споживання

ресурсів. Крім того, дедалі більше закладів впроваджують партнерські екологічні програми: співпрацю з локальними організаціями, що займаються переробленням, донорськими проектами щодо передачі харчових надлишків, або участь у програмах «нуль відходів».

Таким чином, ефективні практики мінімізації та перероблення відходів у готельно-ресторанних закладах ґрунтуються на поєднанні організаційних, технологічних та екологічних рішень. Вони сприяють не лише зменшенню негативного впливу на довкілля, а й формуванню відповідального, конкурентоспроможного та сучасного підприємства індустрії гостинності.

Література

1. Бутенко О. П., Стрельченко Д. О. Практичні аспекти використання харчових відходів на підприємствах готельно-ресторанного бізнесу. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2018. № 61. С. 110-117.

2. Світлицець О. В., Горішевський П. А., Халілова-Чуваєва Ю. О. Інноваційні стратегії в управлінні готельно-ресторанними послугами: від зелених ініціатив до соціальної відповідальності. *Економіка та суспільство*. 2024. Випуск 60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-153>.

УДК 656:504

Л.Я. Малюта, д.е.н., професор; О.І. Малюта, ст. гр. БМм-51

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗЕЛЕНА ЛОГІСТИКА ЯК РУШІЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ІНДУСТРІЇ 5.0

L.Ya. Maliuta, Doctor of Economics, Professor; O.I. Maliuta

GREEN LOGISTICS AS A DRIVER OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SUPPLY CHAINS IN INDUSTRY 5.0

Сучасна логістика перебуває у стані глибокої трансформації під впливом глобальних викликів: зміни клімату, цифровізації, геополітичної нестабільності та еволюції суспільних цінностей. У цьому контексті актуальності набуває концепція зеленої логістики, яка у 2025 році є однією з ключових в умовах переходу до сталого розвитку й спрямована на мінімізацію негативного впливу транспортно-складських процесів на довкілля. Такий підхід інтегрується в концепцію Індустрії 5.0, яка на відміну від Індустрії 4.0 орієнтується не лише на автоматизацію та цифрові технології, а й на людину, сталість і соціальну відповідальність бізнесу.

Метою даного дослідження є аналіз основних напрямів розвитку зеленої логістики у 2025 році, визначення її ролі в умовах переходу до Індустрії 5.0, а також окреслення практичних кроків для логістичних компаній в Україні.

Проблематикою формування принципів та векторів зеленої логістики займаються вітчизняні й зарубіжні науковці, зокрема Григорак М., Цеслів О., Коломієць С.[1] розглядають в рамках Індустрії 5.0: процеси ремануфактурингу, мінімізації відходів, моделювання мереж, Скіцько В. [5] досліджує концепцію «логістики 5.0», яка дуже близька до Індустрії 5.0, зокрема синергію людини та ШІ у логістичних системах

підприємств, Якимишин Л. і Фалович В. [6] обґрунтовують впровадження зеленої логістики в Україні, як частину стратегії сталого розвитку сучасних підприємств. У попередніх наших дослідженнях [3-5] акцентувалась увага на впровадженні принципів енергоощадного управління, Lean-менеджменту, у контексті формування сучасної логістичної системи. Таким чином, узагальнюючи дослідження у даному напрямі, можна зазначити, що зелена логістика – це система управління матеріальними та інформаційними потоками, спрямована на зменшення негативного впливу логістичної діяльності на довкілля при одночасному збереженні економічної ефективності. Вона охоплює оптимізацію транспортних маршрутів, впровадження енергоощадних технологій на складах, використання відновлюваних джерел енергії, екологічну упаковку та управління відходами.

Аналізуючи закордонні джерела із даного питання [7-8], ще раз підкреслюється зростання актуальності зеленої логістики з огляду впливу на її формування ключових факторів. По-перше, посилюються міжнародні та національні екологічні стандарти. Європейський Союз у межах «Європейського зеленого курсу» поставив за мету до 2050 року досягти вуглецевої нейтральності, що безпосередньо впливає на вимоги до транспортних операторів і дистриб'юторів. По-друге, технологічний розвиток створює нові можливості для зниження викидів та підвищення ефективності: електричні вантажівки, дрони, автономні засоби доставки, а також системи аналітики та моніторингу дозволяють контролювати вуглецевий слід у режимі реального часу. По-третє, змінюються очікування споживачів і корпоративних клієнтів, які дедалі більше віддають перевагу компаніям, що демонструють екологічну свідомість і соціальну відповідальність. Як зазначають у дослідженнях Якимишин Л. та Фалович В., при цьому важливо сприймати екологізацію логістичних процесів як цілісний підхід, що включає всі стадії – від планування ланцюгів постачання до утилізації відходів [6].

У контексті розвитку Індустрії 5.0 зелена логістика набуває нового значення. Якщо Індустрія 4.0 була орієнтована переважно на автоматизацію та ефективність, то нова парадигма фокусується на гармонії між людиною, технологією та природою. Це означає, що логістичні процеси повинні бути не лише продуктивними, а й сталими, безпечними та гуманно орієнтованими. У цьому контексті поєднання технологій штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та великих даних з екологічним менеджментом створює основу для формування «розумних» ланцюгів постачання [2].

Важливою складовою зеленої логістики є декарбонізація транспортної інфраструктури. Перехід на електричний транспорт, використання біопалива та водневих систем сприяє зменшенню викидів CO₂. Наприклад, великі європейські перевізники у 2024–2025 роках масово інвестують у електровантажівки та зарядні станції, що дозволяє скорочувати витрати на паливо до 20–25 % та зменшувати забруднення атмосфери [8].

Другим важливим напрямом є енергоефективні склади. Сучасні логістичні комплекси проєктуються із застосуванням сонячних панелей, систем рекуперації тепла, «розумного» освітлення та автоматизованого управління кліматом [7]. Для. Такі рішення дозволяють зменшити енергоспоживання на 30–40 %, що не лише позитивно впливає на екологію, а й підвищує економічну ефективність операцій.

Крім того, у рамках Індустрії 5.0 особливої уваги набуває людський чинник. Зелена логістика передбачає покращення умов праці, підвищення кваліфікації персоналу та розвиток корпоративної культури сталого розвитку. Працівники стають активними учасниками екологічних ініціатив – від сортування відходів на складах до участі в системах пропозицій з енергозбереження [7].

Не менш значущим є розвиток циркулярних моделей ланцюга постачання, коли матеріали та упаковка повертаються у виробничий цикл. Це дозволяє зменшити

кількість відходів і стимулює розвиток економіки замкненого циклу. Компанії, які впроваджують такі підходи, не лише покращують екологічні показники, а й формують додану вартість через повторне використання ресурсів.

Попри очевидні переваги, удосконалення логістичних систем у контексті розвитку зеленої логістики стикається з низкою викликів. Основні з них – висока вартість інвестицій у нові технології, недостатній розвиток інфраструктури для електротранспорту, а також потреба в державному стимулюванні екологічних інновацій. Водночас досвід країн ЄС свідчить, що початкові інвестиції швидко окуповуються завдяки зниженню експлуатаційних витрат, оптимізації маршрутів і підвищенню довіри клієнтів.

Отже, для українських логістичних компаній доцільно розпочати з екологічного аудиту власних процесів, визначення найбільш енергозатратних ділянок і поступового впровадження сталих рішень.

Література

1. Григорак М. Ю., Цеслів О. В., Коломієць С. В. Дослідження мережі зворотної логістики в Індустрії 5.0. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2024. № 31.
2. Малюта Л., Балусевський К. Впровадження технологій штучного інтелекту в управлінні логістичними ланцюгами. *Успіхи і досягнення у науці. Серія: Управління та адміністрування*. 2025. № 11(21).
3. Малюта Л., Маліновський А. Lean-менеджмент як драйвер конкурентоспроможності агробізнесу в умовах турбулентності ринків продовольства. *Економічний аналіз*. 2025. №2(35). С. 381-394.
4. Малюта Л. Я., Олійчук Т. Ю. Використання європейських принципів Lean Management для управління витратами в логістиці. *«Управління бізнес-процесами підприємств у контексті індустрії 4.0»: матеріали XII-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції пам'яті почесного професора ТНТУ, академіка НАН України М.Г.Чумаченка (Тернопіль, 11 жовтня 2024 року)*. Тернопіль: ТНТУ, 2024. С.78-79.
5. Скіцько В. І. Логістика 5.0: синергія штучного інтелекту та людини в контексті сталого розвитку. *Business-Inform*. 2023. №11. С. 174-179.
6. Якимишин Л., Фалович В. Зелена логістика як ключовий вектор сталого розвитку підприємств. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції “Менеджмент та маркетинг як фактори розвитку бізнесу”* (м. Київ, 23-24 квітня 2025 р.). Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія». 2025. Т.2. С. 181-183.
7. Bortolini, M., Gamberi, M., Graziani, A. Green logistics and Industry 5.0: Synergies for sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 2024.
8. Intelizen Logistics. *Logistics Trends Transforming Freight 2025*. 2025.

УДК 338.23.31

Ю. Мандзюк, І. Піняк, к.е.н., доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СУТНІСТЬ МАРКЕТИНГОВОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА В КОНТЕКСТІ КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ДО УПРАВЛІННЯ РИНКОВОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ

Yulia Mandziuk, Iryna Piniak, Ph.D., Assoc. Prof.

THE ESSENCE OF THE ENTERPRISE MARKETING SYSTEM IN THE CONTEXT OF A COMPREHENSIVE APPROACH TO MARKET ACTIVITY MANAGEMENT

Сучасні умови функціонування бізнесу характеризуються високою динамікою ринкових змін, посиленням конкуренції та зростанням вимог споживачів. Тому для досягнення комерційного успіху підприємствам необхідно формувати маркетинг як інтегральну складову управління. Маркетингова система підприємства є фундаментом, який забезпечує його стійку ринкову орієнтацію, підвищує результативність збуту та сприяє формуванню конкурентних переваг.

Постійні зміни у зовнішньому середовищі вимагають перегляду традиційних підходів до управління та застосування інструментів системного маркетингу.

У наукових працях багатьох українських і зарубіжних дослідників (Ф. Котлера [5], А. Старостіна [9], Л. Балабанова [2], М. Портера [7] та ін.) приділено значну увагу питанням маркетингової діяльності. Проте й досі недостатньо розробок, що спрямовані на практичне впровадження комплексного підходу до маркетингу на українських підприємствах.

Маркетингова система підприємства розглядається як сукупність взаємопов'язаних елементів, орієнтованих на задоволення потреб споживача й досягнення економічних цілей бізнесу. Її основу становлять [1; 3]:

маркетинговий комплекс (Marketing-mix): товар, ціна, розподіл, комунікації

- інформаційно-аналітична система маркетингу
- маркетингове управління і контроль
- стратегічне та оперативне планування
- комунікаційна та цифрова взаємодія зі споживачем

Комплексний підхід передбачає не ізольоване застосування інструментів маркетингу, а їх узгоджену взаємодію з урахуванням ринкових змін.

Побудова маркетингової системи має ґрунтуватися на [6]:

1. Вивченні ринку, конкурентного середовища, сегментації та позиціонуванні.
2. Адаптації товарної політики до сучасних трендів і потреб цільової аудиторії.
3. Використанні цифрових каналів просування та персоналізації комунікацій.
4. Організації маркетингового менеджменту та відповідної структури.
5. Впровадженні контролю ефективності маркетингових заходів.

Комплексність досягається шляхом синергії інструментів і технологій, що сприяє підвищенню гнучкості бізнесу та швидкому реагуванню на ринкові зміни.

Підприємства, які базують управління на комплексному маркетинговому підході, отримують такі переваги [10]:

- підвищення впізнаваності бренду та лояльності споживачів;
- зростання продажів і розширення ринкових часток;
- оптимізація витрат на комунікації й формування цінності для клієнта;
- використання аналітики для прийняття управлінських рішень;
- посилення адаптивності до викликів зовнішнього середовища;

Це забезпечує стабільну позицію на ринку й дає можливість ефективно конкурувати.

Сучасний маркетинг нерозривно пов'язаний із цифровими технологіями. Автоматизація, CRM-системи, аналіз даних споживачів, соціальні медіа стають ключовими елементами, що забезпечують дієвість маркетингової взаємодії та формування персоналізованих пропозицій.

Система маркетингової інформації забезпечує [8]:

- моніторинг ринку;

- прогнозування трендів попиту;
- оцінку ефективності маркетингових рішень.
- Маркетингова система вимагає наявності організаційної структури, яка:
- забезпечує координацію функцій;
- інтегрує маркетинг у всі бізнес-процеси;
- формує відповідальність за результат.

Управління маркетингом об'єднує стратегічні, тактичні й оперативні рішення, які спрямовані на досягнення ринкових цілей підприємства.

Отже, у дослідженні розкрито сутність маркетингової системи підприємства в контексті комплексного підходу до управління ринковою діяльністю. Узагальнено теоретико-методологічні засади побудови цілісної маркетингової системи та її вплив на конкурентний розвиток підприємства. Сформовано підхід до інтеграції маркетингового комплексу, інформаційного забезпечення та системи маркетингового управління з урахуванням змін у поведінці споживачів і впливу зовнішнього середовища.

Комплексний підхід до маркетингової системи підприємства є ключовою умовою його ефективної діяльності в мінливому конкурентному середовищі. Інтеграція маркетингового комплексу, інформаційних технологій та маркетингового менеджменту створює синергетичний ефект, що забезпечує стабільне зростання, посилення ринкових позицій і задоволення потреб споживачів.

Література

1. Андрушко М.І. Маркетингове управління підприємством: теорія та практика. Київ: КНЕУ, 2019. 256 с.
2. Балабанова Л.В., Холод В.В. Маркетинг: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 624 с.
3. Дудар Т.Г. Система маркетингових комунікацій у ринковому середовищі: монографія. Тернопіль: ТНЕУ, 2018. 312 с.
4. Єрмошенко М.М. Маркетингова діяльність підприємств в умовах конкуренції. Харків: ХНЕУ, 2021. 278 с.
5. Котлер Ф., Келлер К. Маркетинг-менеджмент. 15-е вид. Київ: Вільямс, 2022. 816 с.
6. Ламбен Ж.-Ж., Чумпітас Р. Стратегічний маркетинг: європейський підхід. Львів: Видавництво ЛНУ, 2020. 742 с.
7. Портер М. Конкурентна стратегія. Київ: Наш Формат, 2018. 480 с.
8. Старажинець Н.О. Управління маркетинговою діяльністю підприємства в цифровій економіці. Маркетинг і менеджмент інновацій, 2021. №4. С. 45-57.
9. Старостіна А.О. Маркетинг: сучасні концепції та технології. Київ: КНЕУ, 2019. 400 с.
10. Черевко Г.В. Інформаційні системи маркетингу: навч. посіб. Львів: Новий Світ, 2020. 232 с.

УДК 338.486

М.О.Мареняк, к.е.н. Зяйлик М.Ф.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ КНП «КИЇВСЬКИЙ МІСЬКИЙ КЛІНІЧНИЙ ОНКОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР»

M.O. Marenyak, Doctor of Philosophy Zyailyk M.F.

IMPROVING THE ORGANIZATION OF WORKFORCE MANAGEMENT AT AN ENTERPRISE: THE CASE OF THE KYIV CITY CLINICAL ONCOLOGY CENTER (KNP “KYIV CITY CLINICAL ONCOLOGY CENTER”)

КНП «Київський міський клінічний онкологічний центр» — один із найбільших медичних закладів столиці, у якому працює 1013 співробітників (за основним місцем роботи). Такий масштаб колективу потребує чіткої, продуманої та сучасної системи організації праці, що забезпечує ефективність роботи, безпеку персоналу та високу якість медичних послуг.

У закладі працює 171 чоловік та 842 жінки. Близько 45 працівників мають інвалідність, і для них створені умови для повноцінної професійної діяльності. На керівних посадах працює 32 жінки — це приблизно 54% управлінського складу, що свідчить про високий рівень гендерної рівності.

Ці дані демонструють збалансованість штату та орієнтацію на принципи рівності й справедливості. Центр забезпечує рівний доступ до посад, навчання, підвищення кваліфікації та можливостей для кар’єрного зростання.

У закладі повністю заборонена будь-яка форма дискримінації. Це означає, що всі співробітники мають однакові права незалежно від статі, віку, стану здоров’я, інвалідності, національності, релігійних поглядів чи сімейного статусу. Також діє нульова толерантність до утисків, переслідувань, психологічного тиску чи сексуальних домагань.

Завдяки цьому створюється безпечне та здорове робоче середовище, де працівники почуваються захищеними та можуть зосередитися на своїх професійних обов’язках.

Усі умови праці будуються за принципом безпеки, комфорту та можливості поєднувати роботу з особистим життям. Працівники мають рівну оплату за однакову роботу, а графіки та навантаження організовують із урахуванням специфіки медичної діяльності та потреб персоналу.

Центр постійно працює над оновленням технічної бази, створенням сучасних робочих місць, покращенням вентиляції, освітлення, температурного режиму й побутових умов. Це допомагає знизити ризики професійних захворювань, втоми та стресу.

В онкологічному центрі здійснюються такі ключові заходи з охорони праці та безпеки:

- атестація робочих місць відповідно до рівня шкідливості;
- навчання та інструктажі з охорони праці і пожежної безпеки;
- оснащення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- контроль рівнів шуму, вібрації, мікроклімату, випромінювання;
- утилізація небезпечних медичних відходів;
- технічний нагляд, ремонт і модернізація обладнання;
- забезпечення електробезпеки;
- медичні огляди для персоналу.

Ці заходи зменшують ризики виробничого травматизму та підвищують загальну якість умов праці.

У центрі працює система безперервного професійного навчання. Працівники відвідують:

- спеціалізовані курси підвищення кваліфікації;
- семінари з нових методів діагностики та лікування;
- тренінги з комунікації з пацієнтами;

- навчання з психологічної стійкості та емоційного вигорання.

Таке навчання сприяє підвищенню продуктивності праці, впровадженню сучасних практик, покращенню якості медичних послуг.

Матеріальне заохочення регулюється Колективним договором. Воно включає: премії, доплати та надбавки, одноразові виплати до свят, допомогу на оздоровлення перед відпусткою.

Така система підтримує мотивацію, зменшує плинність кадрів та формує відчуття стабільності (Див табл.1).

Таблиця 1. Аналітичні показники організації праці Київського онкологічного центру

Показник	Значення	Аналіз
Загальна чисельність персоналу	1013 осіб	Велика установа, потребує продуманої системи управління
Частка жінок	83%	Гендерна домінантність, особливі потреби у графіку та побутових умовах
Частка чоловіків	17%	Нормальний баланс для медичного закладу
Працівники з інвалідністю	4,4%	Високий рівень інклюзії
Жінки-керівники	54%	Реалізація гендерної рівності на практиці
Кількість курсів/тренінгів на рік	80–120 (орієнтовно)	Активна система професійного навчання
Рівень плинності кадрів	Низький	Стабільний кадровий склад
Кількість медоглядів	100% охоплення	Дотримання норм охорони праці

Отже, організація праці в КНП «Київський міський клінічний онкологічний центр» залишається ефективною навіть в умовах воєнного стану. Заклад забезпечує безпечні умови праці, рівні можливості для всіх співробітників, підтримку психологічного здоров'я та мотивацію персоналу.

Збалансований кадровий склад і дотримання гендерної рівності сприяють дружній, професійній та стабільній атмосфері в колективі. Системна робота з охорони праці та безпеки, включно з підготовкою до надзвичайних ситуацій, допомагає мінімізувати ризики травмування і захворювань.

Постійне професійне навчання, підвищення кваліфікації та участь у тренінгах зміцнюють професійні компетенції персоналу, що позитивно впливає на якість медичних послуг навіть у складних умовах. Матеріальні стимули, соціальні гарантії та підтримка психологічного стану підвищують задоволеність роботою та сприяють утриманню кваліфікованих співробітників.

Для подальшого вдосконалення організації праці в умовах воєнного стану доцільно:

- впроваджувати електронні кадрові системи для дистанційного контролю та управління;
- розвивати програми профілактики емоційного вигорання та психологічної підтримки персоналу;
- розширювати можливості дистанційного навчання та підвищення кваліфікації;
- модернізувати обладнання та інфраструктуру для безпечної і ефективної роботи.

Література

1. Балабанова Л. В., Сардак О. В. Управління персоналом: підручник для студ. вищ. навч. закл. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 468 с. URL: <https://www.cul.kiev.ua> (дата звернення: 26.11.2025).
2. Дяків О. П., Островерхов В. М. Управління персоналом : навчально-методичний посібник / 2-ге вид., переробл. і доп. Тернопіль : ТНЕУ, 2018. – 288 с.
3. Департамент охорони здоров'я КМДА. Звіт про діяльність онкологічної служби м. Києва за 2024 рік. – Київ, 2025. – 45 с.
4. КНП «Київський міський клінічний онкологічний центр». Офіційний сайт. – URL: <https://kmkoc.org.ua> (дата звернення: 26.11.2025).

УДК 658.56

М.О.Мареняк, к.е.н. Зяйлик М.Ф.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРАЦІ МЕДИЧНОГО ПЕРСОНАЛУ КНП «КМКОЦ»

M.O. Marenyak, Doctor of Philosophy Zyailik M.F.

RESEARCH ON METHODS OF LABOR QUALITY MANAGEMENT OF MEDICAL STAFF AT THE KYIV CITY CLINICAL ONCOLOGY CENTER

У КНП «Київський міський клінічний онкологічний центр» працює близько 1500 співробітників, серед яких понад 350 медичних сестер та 150 лікарів і науковців, що представляють 30 медичних спеціальностей. Персонал відповідає за догляд за пацієнтами, дотримання санітарних норм та створення психологічно комфортного середовища. Регулярні опитування, організовані департаментом охорони здоров'я Київської міської державної адміністрації, показують, що понад 90% пацієнтів задоволені якістю обслуговування та комунікацією з персоналом, що свідчить про ефективність методів управління якістю праці та пацієнтоорієнтований підхід.

Центр має 25 клініко-діагностичних відділень, оснащених сучасним обладнанням: цифровими томографами, лабораторними системами та апаратурою для променевої і хіміотерапії. Це дозволяє скоротити час постановки діагнозу на 30% та підвищити оперативність лікування (Див табл.1).

Таблиця 1. Кадровий склад та показники якості праці медичного персоналу КМКОЦ

Показник	Кількість / характеристика	Аналіз та методи управління якістю
Загальна кількість співробітників	близько 1500	Лікарі, медсестри, науковці, адміністративний персонал; організаційні методи управління через структуровані відділи
Лікарі та наукові співробітники	150	Міждисциплінарні команди, 30 спеціальностей; методи контролю якості через наради та внутрішні протоколи
Заслужені лікарі України	6	Впровадження інновацій та наставництво молодих спеціалістів

Кандидати медичних наук	16	Наукові дослідження, нові методи терапії; впровадження результатів досліджень у клінічну практику
Лікарі вищої/першої категорії	84	Виконання складних процедур за міжнародними стандартами; контроль виконання через KPI та внутрішній аудит
Медичні сестри	понад 350	Догляд за пацієнтами, контроль санітарних стандартів, психологічна підтримка; регулярні тренінги та внутрішнє оцінювання
Клініко-діагностичні відділення	25	Оснащені сучасним обладнанням, швидка діагностика; управління чергами та процесами через електронні системи
Міждисциплінарна робота	–	Спільне лікування: хірург, онколог, радіолог, медсестра; координація через регулярні командні зустрічі
Пацієнтоорієнтованість	–	>90% пацієнтів задоволені; оцінка якості через опитування і зворотний зв'язок
Використання сучасних технологій	–	Підвищення ефективності лікування раку молочної залози на 15–20%; контроль через внутрішні KPI та моніторинг результатів

Хочемо зазначити основні проблеми та шляхи їх вдосконалення:

- Інформаційні системи вимагають часткового ручного введення даних, що уповільнює діагностичний процес. Щоб виправити це, пропонується впровадити електронну медичну документацію та автоматизувати обмін даними між відділеннями.
- Не всі співробітники мають постійний доступ до навчання та підвищення кваліфікації. Для вирішення цієї проблеми можна створити модульну програму навчання, регулярні тренінги, онлайн-курси та систему наставництва.
- Високе навантаження у деяких відділеннях, наприклад, хіміотерапії, призводить до довгого очікування пацієнтів. Оптимізувати ситуацію допоможуть коригування графіків роботи, впровадження електронної системи планування черг та моніторинг завантаженості відділень.
- Відсутність єдиних стандартів пацієнтоорієнтованої роботи створює неоднорідність у взаємодії з пацієнтами. Для цього слід розробити та впровадити внутрішні стандарти, регламенти комунікації та контроль якості обслуговування.
- Взаємодія між відділеннями потребує покращення, щоб швидше узгоджувати результати обстежень. Для цього варто проводити регулярні міжвідділові наради, організувати цифровий обмін результатами та застосовувати спільні протоколи лікування.

Доречі, адміністрація закладу використовує різні методи управління якістю праці:
Систематичний контроль: аудит процедур та документації, регулярні наради.

KPI та оцінка ефективності: моніторинг результатів лікування та задоволеності пацієнтів.

Навчання та розвиток персоналу: тренінги, семінари, онлайн-курси, наставництво.

Електронні системи управління: автоматизація процесів та черг, інтегровані медичні бази даних.

Пацієнтоорієнтовані підходи: опитування, фокус-групи, стандарти комунікації та обслуговування.

Навіть за умов воєнного стану високий рівень кваліфікації персоналу та сучасне обладнання забезпечують ефективне лікування та підтримують високий авторитет центру. Пацієнтоорієнтований підхід сприяє задоволеності пацієнтів і підвищує довіру до медичних послуг.

Проте існує можливість покращити роботу інформаційних систем, підвищення кваліфікації персоналу та взаємодію між відділеннями, особливо в умовах посиленого навантаження.

Впровадження методів управління якістю праці, електронних систем обліку та обміну даними, а також сучасних навчальних програм дозволить підвищити ефективність лікування, знизити навантаження на медичний персонал і забезпечити більший комфорт для пацієнтів навіть в умовах надзвичайних ситуацій.

Література

1. Шереметинська О.В. Формування системи якості підприємства. Приазовський економічний вісник. 2021. № 1(24). DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2021-1-24>
2. Гринчуцька С.В. Управління якістю. Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.030501 “Менеджмент”. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/161834033.pdf>
3. Департамент охорони здоров'я КМДА. Звіт про діяльність онкологічної служби м. Києва за 2024 рік. – Київ, 2025. – 45 с.
4. КНП «Київський міський клінічний онкологічний центр». Офіційний сайт. – Режим доступу: <https://kmkoc.org.ua> (дата звернення: 26.11.2025).

УДК 339.138.2

М.Ю. Мартинюк, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБЛЕННЯ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОЇ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ В УМОВАХ ЗРОСТАЮЧОЇ КОНКУРЕНЦІЇ

M.Y.Martyniuk, applicant for the second (master's) level of higher education
DEVELOPMENT OF A CUSTOMER-ORIENTED MARKETING STRATEGY IN CONDITIONS OF INCREASING COMPETITION

Сучасне ринкове середовище характеризується високою динамічністю, насиченістю конкурентів, швидкими змінами у вподобаннях споживачів та стрімким розвитком цифрових технологій. У таких умовах підприємства, які прагнуть утримувати та зміцнювати свої позиції, повинні переходити від продуктоцентричного підходу до клієнтоорієнтованої маркетингової стратегії. Саме орієнтація на потреби, поведінку та досвід споживача стає ключовим чинником досягнення довгострокових конкурентних переваг.

Клієнтоорієнтована стратегія - це комплекс підходів, інструментів та управлінських рішень, спрямованих на глибоке розуміння цільових сегментів, формування ціннісних пропозицій на основі реальних потреб клієнтів та створення максимально позитивного клієнтського досвіду[1].

Вона передбачає персоналізацію продукту та комунікацій, довгострокове управління взаємовідносинами з клієнтами, пріоритет сервісу та післяпродажної підтримки, використання даних про поведінку споживачів для прийняття маркетингових рішень. Саме через ці аспекти клієнтоорієнтованість стає надзвичайно важливою у сучасних умовах, коли конкуренція на ринку зростає, а очікування споживачів постійно змінюються [2].

У сучасному конкурентному середовищі клієнтоорієнтованість набуває особливої ваги, адже саме здатність підприємства ефективно враховувати потреби, очікування та поведінку споживачів визначає його успіх на ринку. Зростання актуальності цього підходу зумовлено кількома взаємопов'язаними факторами, які посилюють конкуренцію та вимоги до компаній:

- насиченість ринку: більшість товарів є взаємозамінними, тому вирішальним критерієм вибору стає не лише ціна, а й якість взаємодії зі споживачем;
- зміна поведінки клієнтів: сучасні покупці очікують персоналізації, швидких відповідей, прозорості та сервісу високої якості;
- розвиток цифрових технологій: CRM-системи, аналітика, штучний інтелект та автоматизація дозволяють підприємствам краще прогнозувати потреби та налаштовувати індивідуальні пропозиції;
- зростання ролі репутації та довіри: соціальні медіа формують нове конкурентне середовище, де кожна реакція клієнта може впливати на бренд.

Основними етапами розроблення клієнтоорієнтованої маркетингової стратегії є:

1. Дослідження та сегментація споживачів. Аналітична робота включає вивчення мотивацій, бар'єрів, критеріїв вибору та рівня задоволеності цільових груп. Використовуються методи: опитування, глибинні інтерв'ю, аналіз цифрових слідів, кластеризація даних.

2. Формування ціннісної пропозиції. Цінність формується не лише продуктом, а й сервісом, іміджем бренду, цифровим досвідом, логістикою та гарантіями. Пропозиція повинна вирішувати конкретну проблему клієнта й бути унікальною на ринку.

3. Розроблення клієнтського шляху. Визначення точок контакту дозволяє зрозуміти, де клієнт стикається з труднощами, а де - отримує позитивні емоції. На основі CJM формуються рішення щодо поліпшення сервісу.

4. Впровадження CRM-системи та аналітичних інструментів. CRM забезпечує зберігання історії взаємодій, автоматизацію комунікацій, сегментацію та персоналізацію. Аналітичні інструменти дозволяють прогнозувати потреби та вибудовувати індивідуальні пропозиції.

5. Навчання персоналу та розвиток культури клієнтоорієнтованості. Без залучення працівників стратегія не працює. Важливо формувати сервісні стандарти, систему мотивації та внутрішню комунікацію, орієнтовану на клієнта.

6. Оцінка ефективності та коригування стратегії. Використовуються показники: рівень задоволеності, лояльності, коефіцієнт утримання клієнтів, конверсія, середній чек.

Впровадження клієнтоорієнтованої стратегії створює для підприємства низку відчутних переваг, які зміцнюють його ринкові позиції. Насамперед зростає рівень довіри та прихильності клієнтів: вони охочіше повертаються до бренду, коли відчувають увагу до своїх потреб і отримують позитивний досвід взаємодії. Це, у свою чергу, сприяє збільшенню повторних покупок і забезпечує більш прогнозовані та стабільні фінансові результати.

Орієнтація на клієнта допомагає компанії виокремитися на фоні численних конкурентів. Підприємство може пропонувати не просто товар чи послугу, а унікальний рівень сервісу та взаємодії, що значно підвищує його привабливість. Крім

того, завдяки глибшому розумінню потреб і поведінки споживачів маркетингові ресурси використовуються ефективніше: таргетування стає точнішим, а витрати – раціональнішими [3].

Зрештою, системна клієнтоорієнтованість формує позитивний імідж бренду. Задоволені покупці стають носіями доброї репутації, поширюючи позитивні відгуки та рекомендації, що додатково підсилює конкурентні переваги підприємства у довгостроковій перспективі.

Отже, клієнтоорієнтована маркетингова стратегія є важливим інструментом забезпечення конкурентоспроможності підприємства в умовах жорсткої боротьби за споживача. Її ефективність базується на глибокому розумінні потреб клієнтів, використанні сучасних цифрових технологій, розвитку сервісної культури та постійному удосконаленні підходів до взаємодії зі споживачами. Підприємства, які ставлять клієнта в центр своєї діяльності, здатні не лише адаптуватися до змін ринку, а й формувати власні конкурентні переваги у довгостроковій перспективі.

Література

1. Дергоусова А., Токарева В., Панасюк І. Клієнтоорієнтований маркетинг в умовах цифровізації економіки. *Економіка та суспільство*. 2024. № 62. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-11>

2. Семенюк С., Якимішин Л. Інформаційні тренди маркетингових комунікацій цифрової епохи. *Соціально-економічні проблеми і держава*. 2025. Вип. 1 (32). С. 157–166. URL: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2025/25ssbcda.pdf>

3. Якимішин Л. Я., Фалович В. А., Семенюк С. Б. Маркетингові стратегії підвищення конкурентоспроможності будівельного сектору України в умовах воєнних та післявоєнних викликів. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2024. Вип. 42. С. 423–431. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/1517>

УДК 338.23.31

В.Молоток, О. Бурліцька, к.е.н., доцент
ТНТУ імені Івана Пулюя, Україна

ПРИНЦИПИ ІНКЛЮЗИВНОСТІ В МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЯХ

Vasyl Molotok, Oksana Burlitska, Ph.D., Assoc. Prof.

PRINCIPLES OF INCLUSIVITY IN MARKETING COMMUNICATIONS

Сучасне суспільство переживає етап глибоких соціальних, культурних і технологічних трансформацій, які змінюють характер взаємодії між бізнесом і споживачем. У цьому контексті інклюзивність у маркетингових комунікаціях стає не лише етичним імперативом, але й стратегічною необхідністю. Поняття інклюзивності охоплює принципи рівності, доступності, толерантності та представлення різноманіття у всіх формах маркетингової діяльності.

Інклюзивний маркетинг – це підхід, який враховує соціальне, культурне, вікове, гендерне, фізичне та інше різноманіття аудиторій. За визначенням S. Porcello (2020) [3], інклюзивні маркетингові комунікації мають на меті забезпечення репрезентації всіх соціальних груп у рекламних повідомленнях, а також створення відчуття залученості у споживачів незалежно від їхніх особистих характеристик. Наукові дослідження (Kotler & Keller, 2022) [2] доводять, що споживачі дедалі частіше обирають бренди, які відображають їхні цінності, соціальні позиції та підтримують принципи

справедливості. Таким чином, інклюзивність стає чинником формування лояльності споживачів і підвищення соціального капіталу бренду. В українському контексті питання інклюзивності в маркетингових комунікаціях тісно пов'язане з розвитком соціально відповідального бізнесу та гуманізацією корпоративної культури (Мельник, 2021 [5]; Котляревська, 2023[4]). У постпандемічний період та в умовах війни, коли соціальні травми й цінності солідарності стають домінантними, бренди все частіше звертаються до інклюзивних стратегій, щоб підтримати суспільну єдність і довіру.

Принципи інклюзивності у маркетингових комунікаціях базуються на таких основоположних засадах:

1. Принцип рівності – забезпечення рівного ставлення до всіх споживачів незалежно від віку, статі, національності, фізичних можливостей, сексуальної орієнтації, соціального статусу чи релігійних переконань.

2. Принцип репрезентації різноманіття – відображення у комунікаційних матеріалах різних соціальних груп, типів тілобудови, етнічних і культурних особливостей.

3. Принцип доступності – створення комунікацій, зрозумілих і зручних для всіх, включно з людьми з інвалідністю (наприклад, адаптація вебконтенту для осіб із порушенням зору чи слуху).

4. Принцип автентичності – уникнення стереотипів і поверхневого зображення соціальних груп; натомість – побудова реалістичних, природних образів.

5. Принцип етичності та поваги – відмова від дискримінаційних, принизливих або експлуаторських образів і повідомлень.

6. Принцип участі – залучення представників різних груп населення до створення маркетингового контенту, тестування кампаній і розроблення стратегій бренду.

Як зазначає А. Draper (2021) [1], інклюзивність у маркетингу – це не одноразова акція, а системна стратегія, яка передбачає зміну підходів у комунікаційній політиці компанії на всіх рівнях: від дослідження споживача до побудови креативних концепцій і оцінювання ефективності кампаній.

У міжнародній практиці провідні бренди активно впроваджують інклюзивні підходи у свої комунікаційні стратегії. Так, Dove реалізує кампанію Real Beauty, яка демонструє природну красу жінок різного віку, кольору шкіри й тілобудови, сприяючи руйнуванню стандартів краси. Microsoft і Apple у своїх рекламних проєктах приділяють увагу темам доступності технологій для людей з інвалідністю, демонструючи соціальну цінність інклюзивних інновацій. В Україні позитивні приклади демонструють такі бренди, як Rozetka, Нова пошта, Молокія, які впроваджують інклюзивні сервіси (наприклад, відеопереклад жестовою мовою, адаптовані сайти, участь у соціальних проєктах підтримки людей з інвалідністю або ветеранів).

Попри позитивну динаміку, реалізація принципів інклюзивності стикається з низкою проблем: поверхневність підходів – коли інклюзивність використовується як маркетинговий тренд, а не як цінність; ризик «інклюзивного фейлу» – невдале або нещире використання образів, що викликає критику спільнот; нестача знань і компетенцій серед маркетологів щодо етичної репрезентації різноманіття; економічні обмеження у реалізації інклюзивних форматів реклами (особливо в МСП) [4].

Для подолання цих викликів необхідна інтеграція принципів інклюзивності в корпоративну культуру компанії, розробка етичних кодексів маркетингових комунікацій та підготовка фахівців у сфері соціально орієнтованого маркетингу.

У перспективі розвиток інклюзивного маркетингу буде зумовлений трьома основними чинниками [5]:

1. Цифровізація комунікацій – поширення інклюзивного дизайну в онлайн-середовищі (адаптивні сайти, субтитри, альтернативний текст).

2. Глобальні стандарти ESG та DEI (Diversity, Equity, Inclusion), що стають частиною звітності компаній.

3. Соціальний запит суспільства на справедливість і повагу до різноманіття, який впливає на споживчу поведінку.

Інклюзивність у маркетингових комунікаціях у майбутньому стане критерієм сталого розвитку брендів, формуватиме довіру, репутацію та конкурентні переваги.

Інклюзивність у маркетингових комунікаціях – це стратегічний підхід, спрямований на створення справедливого, доступного та різноманітного інформаційного простору. Реалізація принципів рівності, репрезентації, доступності, автентичності, етичності та участі забезпечує формування позитивного іміджу бренду, підвищує лояльність споживачів і сприяє сталому розвитку суспільства.

Отже, інклюзивність перестає бути модною тенденцією – вона перетворюється на обов'язковий компонент сучасної маркетингової системи, що визначає конкурентоспроможність підприємства у цифрову епоху.

Література

1. Draper, A. (2021). *Marketing for Everyone: Diversity and Inclusion in Brand Strategy*. Oxford: OUP.

2. Kotler, P., & Keller, K. L. (2022). *Marketing Management*. 16th ed. Pearson Education.

3. Porcello, S. (2020). *The Inclusive Marketing Manifesto: How Brands Can Build Trust and Belonging in a Diverse World*. New York: HarperCollins

4. Котляревська, О. (2023). Етичні засади інклюзивних маркетингових комунікацій. *Економічний простір*, №185. С. 45-53.

5. Мельник, І. (2021). Інклюзивність як цінність соціально відповідального маркетингу. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, №3. С. 112-120.

УДК 339.13

Б. А. Оксентюк, к.е.н., доц.; І.В. Романів

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗВИТОК РИНКУ ТУРИСТИЧНИХ ПОСЛУГ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

B.A. Oksentyuk, Ph.D; I.V. Romaniv

DEVELOPMENT OF THE TOURIST SERVICES MARKET IN THE CARPATHIAN REGION

Карпатський регіон традиційно розглядається не лише як територія унікальних природних ресурсів, але й як простір, де формуються сучасні туристичні тренди. Сюди належать розвиток альтернативних видів туризму, розширення оздоровчих та SPA-комплексів, зростання інтересу до локальної культури й гастрономії, а також активне залучення молодіжної аудиторії через розвиток спортивного, екстремального та активного відпочинку.

Сьогодні значення Карпатського регіону (Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська і Чернівецька області) суттєво зросло ще й через внутрішню міграцію населення, адже регіон став безпечнішим місцем для відпочинку й тимчасового проживання. Це створює нові соціально-економічні передумови, які потребують

переосмислення моделей управління туристичними ресурсами та адаптації пропозиції до зміненої структури попиту.

Львівщина вже багато років залишається беззаперечним лідером туристичного руху в Україні. Її унікальність полягає у поєднанні глибокої культурної спадщини з сучасною туристичною інфраструктурою. Львів, як головний туристичний центр регіону, виступає своєрідним «магнітом», що притягує туристів не лише через архітектурну спадщину, а й завдяки потужному культурному простору, гастрономічним фестивалям, конференційним подіям та розвиненому сервісу.

У межах області активно розвиваються також природно-рекреаційні зони, зокрема курорти Сколівщини й Дрогобиччини, де посилюється акцент на активному відпочинку. Все це формує широку й доволі різноманітну туристичну пропозицію, здатну задовольнити потреби різних сегментів споживачів.

У туристичному вимірі Івано-Франківщина демонструє комплексний розвиток. І хоча область найбільше асоціюється з гірськолижним відпочинком, її потенціал значно ширший. Гостинні громади регіону активно працюють над створенням цілорічної пропозиції. Вони пропонують мандрівники не лише зимові курорти, а й маршрути для піших походів, велотуризму, рафтингу, а також знайомство з автентичними гуцульськими традиціями, що збереглися в численних селах.

Інфраструктурні об'єкти, такі як туристичні центри, еколого-просвітницькі осередки та приватні садиби зеленого туризму, створюють додану цінність і формують новий формат взаємодії туриста з місцевими громадами.

Закарпаття має особливий туристичний образ, пов'язаний із багатством природних ресурсів, етнокультурною мозаїкою та безпосередньою близькістю до кордонів країн Європейського Союзу. Термальні комплекси, бальнеологічні курорти, виноробні традиції та мультикультурний характер регіону створюють своєрідну атмосферу, що вирізняє Закарпаття серед інших областей України.

Окрему увагу варто звернути на активну співпрацю із сусідніми країнами в межах транскордонних програм. Такі проєкти сприяють оновленню інфраструктури та створенню сучасних туристичних продуктів європейського рівня, що в перспективі може значно підвищити конкурентність регіону.

Чернівецька область вирізняється більшою камерністю й зосередженням на культурних, етнографічних та рекреаційних видах туризму. Місто Чернівці давно здобуло репутацію «маленького Парижа», а його історичний центр та ансамбль університету формують ключовий імідж регіону. Гірські частини області розвивають моделі сільського та зеленого туризму, пропонуючи туристам автентичні ремесла, кулінарні традиції та локальні фестивалі. Проте регіону значно бракує інфраструктурного підсилення, що стримує туристичні потоки та потребує пріоритетної уваги.

У процесі дослідження було встановлено, що ключовою проблемою регіону залишається нерівномірність розвитку. У той час як окремі території демонструють значну інвестиційну привабливість і високий рівень сервісу, інші громади потребують комплексного оновлення транспортної інфраструктури, закладів гостинності, системи безпеки та цифрових сервісів.

Надмірна сезонність також продовжує впливати на пропозицію й цінову політику. Саме тому актуальним завданням є створення умов для цілорічної туристичної активності, що забезпечить стабільність доходів і підвищить конкурентність регіону.

Удосконалення туристичних послуг у Карпатському регіоні передбачає комплексне оновлення всієї системи туристичного обслуговування – від матеріально-технічної бази до управлінських та маркетингових стратегій. Регіон володіє

унікальними передумовами для сталого розвитку туризму, однак їх реалізація потребує узгоджених дій державних інституцій, органів місцевого самоврядування, бізнесу та громадських організацій.

Одним із ключових напрямів удосконалення туристичних послуг є модернізація інфраструктури. Для більшості малих міст досі характерна фрагментарність транспортного сполучення, недостатня пропускна здатність туристично значущих доріг, обмежена кількість сучасних засобів розміщення та застарілий фонд рекреаційних об'єктів. Поліпшення логістичної доступності, створення комфортних умов для розміщення різних груп туристів – від бюджетних до преміальних – є необхідною передумовою підвищення конкурентоспроможності регіону та збільшення туристичних потоків. Важливою складовою удосконалення послуг є розширення спектра туристичних продуктів, що дозволяє зменшити сезонність та забезпечити рівномірніший економічний ефект упродовж року. Карпати мають потенціал для розвитку не лише традиційних видів відпочинку – гірськолижного чи санаторно-курортного, а й культурного, етнографічного, гастрономічного, спортивного, подієвого та екологічного туризму. Зокрема, створення тематичних маршрутів, інтерактивних музеїв, центрів народних ремесел, локальних фестивалів може значно збагатити пропозицію і посилити ідентичність регіону. Не менш важливим напрямом залишається підвищення якості сервісу, що включає не лише професійну підготовку персоналу, а й формування сучасної культури гостинності.

Не менш значущим є і впровадження принципів сталого туризму, які передбачають раціональне використання природних ресурсів, мінімізацію негативного впливу на довкілля, підтримку місцевих громад та розвиток екологічно орієнтованих форм відпочинку. Залучення місцевих жителів до туристичних ініціатив здатне не лише підвищити якість пропонованих послуг, а й сформувати соціально відповідальну модель розвитку регіону.

Таким чином, Карпатський регіон зберігає за собою статус одного з найперспективніших туристичних напрямів в Україні. Інтеграція регіону у сучасні туристичні тренди, посилення співпраці між областями, розвиток креативної та екологічної складових, а також підвищення стандартів сервісу здатні забезпечити не лише економічне зростання, а й сталий розвиток території в цілому.

УДК 339.13

Б.А. Оксентюк, к.е.н., доц.; П.П. Трінька

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ФОРМУВАННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ ПОЛІТИКИ ПІДПРИЄМСТВА

B.A. Oksentyuk, Ph.D; P.P. Trinka

FORMATION OF THE ENTERPRISE'S MARKETING POLICY

Маркетингова політика підприємства є комплексною системою управлінських рішень, що визначають взаємодію компанії із зовнішнім середовищем та забезпечують реалізацію її стратегічних цілей. У сучасних умовах високої конкуренції та динамічного розвитку ринків, формування ефективної маркетингової політики стає одним із ключових чинників стабільності та зростання бізнесу. Підприємства, що ігнорують необхідність комплексного підходу до маркетингу, ризикують втратити ринкові позиції та фінансові ресурси, тоді як ті, що приділяють увагу стратегічному

плануванню, здатні забезпечити не лише прибутковість, а й довгострокову конкурентоспроможність.

Процес розробки маркетингової політики починається з глибокого аналізу ринкового середовища, яке охоплює оцінку поточного стану ринку, визначення основних тенденцій розвитку, аналіз потреб і поведінки споживачів, а також дослідження активності конкурентів. Таке комплексне вивчення дозволяє підприємству оцінити свої сильні і слабкі сторони, а також виявити можливості та загрози, що виникають у зовнішньому середовищі. Використання сучасних аналітичних методів, таких як SWOT-аналіз, PESTEL-аналіз, конкурентний аналіз та сегментація ринку, забезпечує більш точне прогнозування ринкових процесів та формування обґрунтованої стратегії.

Товарна політика підприємства є однією з основоположних складових маркетингової діяльності. Вона визначає, які продукти або послуги будуть запропоновані ринку, якими будуть їхні технічні характеристики, функціональні можливості та рівень якості. Підприємство має забезпечити баланс між інноваційністю продукції та її доступністю для цільової аудиторії. Успішна товарна політика передбачає не лише розробку нових продуктів, але й постійне вдосконалення існуючих, адаптацію їх до змін потреб споживачів та умов ринку. Важливим елементом є формування асортиментної лінійки, яка дозволяє охопити різні сегменти споживачів і забезпечити стійкий попит на продукцію.

Цінова політика є невід'ємною частиною маркетингової стратегії, оскільки вона впливає як на обсяг продажів, так і на фінансові результати підприємства. При визначенні цін необхідно враховувати виробничі витрати, рівень конкуренції, платоспроможність споживачів та специфіку ринку. Сучасні компанії прагнуть до гнучкого ціноутворення, яке дозволяє оперативно реагувати на коливання попиту, сезонні зміни та специфічні потреби клієнтів. Використання дисконтних систем, лізингових програм та спеціальних акцій дозволяє залучити нових клієнтів, стимулювати повторні покупки і підвищити лояльність.

Збутова політика формує умови для реалізації продукції, забезпечує її доступність і своєчасну доставку до кінцевого споживача. Вона включає організацію логістики, вибір каналів продажу та управління дистрибуційною мережею. Ефективний збут дозволяє підприємству не лише задовольнити потреби клієнтів, а й оптимізувати витрати, скоротити час доставки та підвищити загальну ефективність бізнес-процесів. У сучасних умовах підприємства активно використовують поєднання прямих продажів, роботи з дилерами та партнерськими мережами, а також електронні платформи для забезпечення широкого охоплення ринку [2].

Комунікаційна політика визначає способи взаємодії підприємства з ринком, формує імідж компанії та впливає на прийняття рішень споживачами. Вона включає рекламу, PR, участь у виставках і форумах, організацію презентацій продукції та інформаційних кампаній. Сучасна комунікаційна стратегія передбачає інтеграцію традиційних і цифрових каналів, включно з соціальними мережами, веб-платформами та контент-маркетингом, що дозволяє досягати різних груп споживачів [1]. Важливим аспектом є формування послідовного повідомлення про цінності бренду, що зміцнює довіру клієнтів та підвищує ефективність маркетингових зусиль.

Маркетингова політика підприємства визначає стратегічні напрямки діяльності, формує конкурентні переваги та спрямовує компанію на задоволення потреб ринку. На практиці реалізація цих принципів відрізняється залежно від галузі, розміру підприємства та ринкової стратегії. Розглядаючи приклади, можна виокремити основні підходи до формування політики, які довели свою ефективність у різних умовах.

Для прикладу, український виробник – Дрогобицький завод автомобільних кранів (ДЗАК) – реалізує маркетингову політику через комплексний підхід, який охоплює товарну, цінову, збутову та комунікаційну складові. Товарна політика підприємства передбачає виробництво кранів різних вантажопідйомностей, адаптованих під потреби українських будівельних та промислових компаній. Водночас цінова політика формується з урахуванням економічної доступності для національних споживачів, порівняно з імпортними аналогами, що дозволяє підприємству займати середній і середньо-високий сегмент ринку. Збутова стратегія ДЗАК включає прямі продажі, дилерські мережі та сервісні центри, які забезпечують гарантійне та післягарантійне обслуговування. Комунікаційна політика здійснюється через участь у національних виставках, презентації продукції, роботу з ЗМІ та активну присутність у спеціалізованих онлайн-платформах. Такий комплексний підхід забезпечує підприємству стабільний ріст продажів та підвищення лояльності клієнтів.

Формування маркетингової політики є безперервним процесом, що потребує постійного перегляду та коригування. Внутрішні фактори, такі як виробничі потужності, кадрові ресурси та фінансові можливості, мають гармонійно поєднуватися з зовнішніми чинниками — економічними, технологічними, правовими та соціально-культурними. Підприємство, яке здатне оперативно адаптуватися до змін на ринку, впроваджувати інновації та впливати на формування попиту, забезпечує собі стабільне зростання та довгострокову конкурентоспроможність.

Висновки свідчать про те, що ефективна маркетингова політика інтегрує всі складові діяльності підприємства та спрямована на досягнення стратегічних цілей. Вона дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів, зміцнити ринкові позиції та формувати довгострокові відносини зі споживачами. Комплексний підхід до формування політики, який враховує товарну, цінову, збутову та комунікаційну складові, забезпечує синергетичний ефект, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства та його адаптації до швидкоплинного ринкового середовища.

Література

1. Бурліцька Оксана, Оксентюк Богдана. Креативні інструменти комунікаційного маркетингу/ Трансформація бізнесу для сталого майбутнього: дослідження, цифровізація та інновації: монографія /за ред. д.е.н., проф. О.А. Сороківської. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. С.463-474.

2. Інформаційні та комунікаційні технології як інструмент оптимізації маркетингових та логістичних процесів на підприємствах / Б.А. Оксентюк [та ін.]; за ред. к.е.н, доц. Б.А. Оксентюк. Тернопіль: Бескиди, 2025. 150 с.

УДК 339.13

Б.А. Оксентюк, к.е.н., доц.; М.Б. Цебринський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПЛАНУВАННЯ МАРКЕТИНГУ НА ПІДПРИЄМСТВІ

B.A. Oksentyuk, Ph.D; M.B. Tsebrynskyi

MARKETING PLANNING IN AN ENTERPRISE

Планування маркетингу є фундаментальним інструментом управління підприємством, що визначає напрямки його розвитку, взаємодії із споживачами та конкурентами, а також способи оптимального використання внутрішніх ресурсів. У

сучасних умовах швидких ринкових змін ефективно планування маркетингової діяльності дозволяє підприємству не лише підтримувати стабільні позиції на ринку, але й знаходити нові можливості для розвитку, запроваджувати інноваційні технології та адаптуватися до потреб споживачів. Високий рівень конкурентоспроможності компанії безпосередньо залежить від її здатності до комплексного маркетингового планування, яке включає стратегічний, тактичний та оперативний рівні [1].

Процес маркетингового планування починається з ретельного аналізу внутрішніх і зовнішніх чинників діяльності підприємства. Внутрішній аналіз передбачає оцінку організаційної структури, кадрового потенціалу, виробничих та технологічних можливостей, фінансового стану та ресурсного забезпечення. Це дозволяє виявити сильні та слабкі сторони підприємства, оцінити ефективність його структурних підрозділів і визначити резерви підвищення продуктивності та оптимізації витрат. Зовнішній аналіз включає оцінку ринкових тенденцій, поведінки споживачів, конкурентного середовища та динаміки попиту. Вивчення ринку, постачальників та партнерів дозволяє підприємству приймати обґрунтовані стратегічні рішення та мінімізувати ризики, пов'язані зі змінами зовнішнього середовища.

Стратегічне планування маркетингу є довгостроковим процесом, що визначає основні напрямки діяльності підприємства, його цільові ринки та сегменти споживачів. Важливим аспектом стратегічного планування є позиціонування продукції та формування унікальної ціннісної пропозиції для споживачів. Цільова стратегія визначає не лише товарну політику та асортимент продукції, а й підходи до ціноутворення, розподілу ресурсів та вибору каналів збуту. Розробка стратегічного плану передбачає інтеграцію маркетингових заходів із фінансовим плануванням, що дозволяє підприємству оцінювати очікувані доходи та рентабельність реалізації стратегій [2].

На поточному рівні маркетингове планування передбачає розробку конкретних заходів і програм, що реалізують стратегічні цілі підприємства. Це включає визначення асортименту товарів, планування обсягів виробництва та продажу, організацію рекламних та комунікаційних кампаній, систем стимулювання збуту та обслуговування клієнтів. Особливу увагу в сучасних умовах приділяють цифровим інструментам маркетингу, аналітиці споживчих даних, прогнозуванню попиту та адаптації до змін у поведінці клієнтів у режимі реального часу. Такий підхід дозволяє оперативно реагувати на коливання попиту, запобігати надлишковим запасам продукції та оптимізувати витрати підприємства [3].

Система контролю та оцінки результатів маркетингової діяльності є невід'ємною складовою ефективного планування. Контроль охоплює моніторинг обсягів продажу, змін попиту, ефективності рекламних кампаній та рівня задоволеності споживачів. Регулярний аналіз отриманих даних дозволяє виявляти відхилення від запланованих показників, своєчасно коригувати маркетингові стратегії та підвищувати ефективність використання ресурсів. Така система забезпечує динамічну адаптацію підприємства до ринкових змін і формує основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Фінансовий аспект маркетингового планування відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності та розвитку підприємства. Визначення бюджету маркетингових заходів, прогнозування доходів і витрат, оцінка рентабельності окремих заходів дозволяють підвищити економічну ефективність підприємства та забезпечити його довгострокову життєздатність. Взаємозв'язок фінансового планування з маркетинговою діяльністю дозволяє точніше оцінювати доцільність окремих заходів, оптимізувати витрати та підвищувати загальну ефективність бізнес-процесів.

Сучасне маркетингове планування передбачає врахування соціальних і психологічних аспектів взаємодії з персоналом та споживачами. Забезпечення

психологічної та соціальної безпеки працівників сприяє зниженню ризику помилок і травматизму, формує здорові колективні відносини та підвищує мотивацію персоналу. Психологічна підтримка під час організації робочих процесів і надзвичайних ситуацій забезпечує злагоджену взаємодію підрозділів та ефективне виконання маркетингових завдань [4].

Комплексне планування маркетингу інтегрує стратегічний, фінансовий та соціально-психологічний аспекти діяльності підприємства. Такий підхід дозволяє не лише оптимально використовувати ресурси, але й формувати конкурентні переваги на ринку, прогнозувати розвиток попиту та підвищувати ефективність управлінських рішень. Системність маркетингового планування, поєднана з аналітичними методами, цифровими технологіями та контролем результатів, забезпечує підприємству стійкість, гнучкість і готовність до швидких змін зовнішнього середовища.

Таким чином, планування маркетингу на підприємстві є центральним інструментом управління, що забезпечує узгодження внутрішніх ресурсів з ринковими умовами, формує стратегічні і тактичні цілі, інтегрує фінансовий та психологічний аспекти діяльності і підвищує конкурентоспроможність компанії. Реалізація комплексного маркетингового плану дозволяє підприємству ефективно адаптуватися до змін ринку, підтримувати стабільність діяльності та забезпечувати довгостроковий розвиток.

Література

1. Економічні, соціальні та психологічні аспекти сучасних маркетингових технологій / В. А. Фалович [та ін.]; за ред. д.е.н., доц. В. А. Фаловича. Тернопіль: ФОП Шпак В. Б., 2019. 231 с. – URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/27916>

2. Маркетинг 4.0: стратегічні імперативи та сучасні тенденції: монографія / за ред. д.е.н., доц. В. А. Фаловича. Тернопіль: ФОП Шпак В.Б., 2021. 351 с. – URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35656>

3. Маркетингові та логістичні технології: інновації для забезпечення ефективності бізнес-процесів / Б. А. Оксентюк [та ін.]; за ред. к.е.н., доц. Б. А. Оксентюк. Тернопіль: Бескиди, 2024. 171 с. – URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/46549>

4. Інформаційні та комунікаційні технології як інструмент оптимізації маркетингових та логістичних процесів на підприємствах / Б.А. Оксентюк [та ін.]; за ред. к.е.н., доц. Б.А. Оксентюк. Тернопіль: Бескиди, 2025. 150 с.

УДК 338.23.31

Ю. Орішко, І. Піняк, к.е.н., доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СУТНІСТЬ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ В МАРКЕТИНГОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Yulia Orishko, Iryna Piniak, Ph.D., Assoc. Prof.

THE ESSENCE OF COMMUNICATION POLICY IN THE MARKETING ACTIVITIES OF A FARMING ENTERPRISE

В умовах стрімкої цифровізації аграрного сектора, зростаючої конкуренції за ринки збуту та зміни поведінки споживачів комунікаційна політика стає ключовим елементом маркетингової діяльності фермерських господарств. Використання цифрових інструментів (SMM, таргетинг, e-commerce, CRM), брендування та

просування через мультимедіальні кампанії дозволяє малим і середнім господарствам підвищувати видимість, формувати довіру покупців і розширювати канали збуту. Водночас особливості продукції (сезонність, локальні обсяги, вимоги до транспортування) накладають специфічні обмеження на планування комунікацій, що вимагає адаптованих підходів і чіткої політики комунікацій.

Комунікаційна політика фермерського господарства – це сукупність цілеспрямованих рішень, правил і дій щодо формування, поширення та підтримки інформації про господарство, його продукцію й цінні пропозиції з метою досягнення маркетингових цілей (підвищення впізнаваності, стимулювання збуту, формування лояльності). Вона охоплює ідентичність бренду (айдентику), позиціонування, вибір каналів комунікації, меседжі, план кампаній і механізми зворотного зв'язку. Комунікаційна політика має бути частиною загальної маркетингової стратегії господарства і враховувати його ресурси, ринкові цілі та особливості продукції [1; 3].

Ключові функції: інформаційна (доведення властивостей продукту), стимулююча (пропозиції, акції), трансформаційна (формування сприйняття якості та іміджу), комунікативна (побудова зворотного зв'язку) та інтегруюча (координація всіх комунікаційних каналів).

Компоненти комунікаційної політики для фермерського господарства [2]:

1. Цілі комунікацій – короткострокові (продаж сезону, анонси) та довгострокові (бренд, довіра споживачів).
2. Цільові аудиторії – кінцеві споживачі (локальні й онлайн), ритейлери, гуртові покупці, HoReCa, місцева спільнота, партнери.
3. Позиціонування та меседжі – унікальні характеристики (натуральність, локальність, екологічність, трейсабіліті – простежуваність походження).
4. Канали комунікації – офлайн (ринок, дегустації, ярмарки, пакування), цифрові (сайт, Facebook, Instagram, Telegram/Viber-групи, маркетплейси), PR (місцеві ЗМІ), B2B-комунікація (контакт-лист, електронний прайс).
5. Інструменти просування – контент-маркетинг, SMM, таргетована реклама, SEO для сайту/оголошень, e-mail/месенджер-розсилки, участь у виставках, сертифікація продуктів (як маркетинговий сигнал якості).
6. Моніторинг і оцінка ефективності – KPI (зростання продажів, охоплення в соцмережах, конверсія запитів у замовлення, середній чек), зворотний зв'язок від клієнтів, аналітика сайту та соцмереж.

Особливостями комунікацій фермерського господарства є:

1. Сезонність продукції. Просування має бути синхронізоване з виробничим циклом: передсезонні кампанії, пік продажів, робота з залишками.
2. Обмежені ресурси. Малі бюджети ускладнюють масштабну рекламу – пріоритет на low-cost цифрові інструменти, співпрацю з локальними ініціативами, barter.
3. Локальна ідентичність. Використання локального походження як конкурентної переваги: історія господарства, «від ферми до столу», роль громади.
4. Довіра і прозорість. Споживачі цінують прозорість у походженні продукту, тому важливими є якісні фото/відео, історії виробництва, сертифікати.
5. Канали короткого циклу продажів. Прямі продажі (ринок, CSA-моделі – community supported agriculture, підписки) скорочують логістику й підвищують маржу.

Практичні рекомендації (для реалізації комунікаційної політики) [3].

1. Розробити просту, документовану комунікаційну політику, де описані цілі, аудиторії, канали, графік кампаній, відповідальні особи та KPI.
2. Визначити ключові меседжі (наприклад: «натуральне», «локальне», «від фермера») та візуальний стиль (логотип, пакування).

3. Почати з малого в діджитал-маркетингу: створити лендінг/сторінку з контактами і формою замовлення; запускати регулярні пости та історії у соцмережах; використовувати месенджери для регулярних оновлень клієнтам.

4. Планувати просування відповідно до сезону: календар рекламних активностей (до посівної, збір врожаю, святкові періоди).

5. Навчання персоналу: базові навички SMM і обробки замовлень для менеджера/власника.

6. Вимірювати результати: встановити прості KPI (кількість замовлень/тиждень, середній чек, охоплення постів) і переглядати їх щомісяця.

7. Розвивати локальні партнерства (HoReCa, ритейл, агротури) для диверсифікації каналів збуту.

8. Інвестувати в контент: якісні фото/відео процесів виробництва, пакування і готових страв – це інструмент для довіри покупців.

Комунікаційна політика – це не додатковий «плюс», а стратегічна складова маркетингу фермерського господарства, яка визначає, як господарство позиціонує себе на ринку, взаємодіє із споживачами та формує попит. Для малих і середніх господарств найбільш ефективними є інтегровані, бюджетно-орієнтовані рішення: цифрові канали, локальна ідентичність, прямі канали збуту й акцент на прозорості та якості. Реалізація політики вимагає документування, розподілу відповідальності і регулярного моніторингу KPI.

Література

1. АгроМаркетинг. Marketing trends in the agricultural industry in 2023. URL: <https://agromarketing.com.ua/en/blog/trendy-marketynhu-v-ahroindustrii-2023.-skladovi-uspikhu-vid-agro-marketing.html> (дата звернення 13. 06. 2023)

2. Бондаренко, В., & Омеляненко, О. (2024). ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АГРАРНОГО СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ МАРКЕТИНГОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. *Економіка та суспільство*, (59). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-163>

3. Кузик, О. (2022). СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ АГРОПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 2(43), 78–84. URL: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.43.2022.3685>

УДК 621.855

О.М. Павлик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЯКОГО КОЛЬОРУ ВАША КОМПАНІЯ?

О. М. Pavlyk

WHAT COLOR IS YOUR COMPANY?

Frederic Laloux presents a unique classification of the development of organizational structures, designating them with different shades that symbolize the stages of development of the worldview. Each model reflects a certain historical era, principles, management method and relationships between employees. Laloux distinguishes five main types: Red, Amber, Orange, Green and Teal struction [1].

Red – spontaneous organizations. This is the oldest type of organization, based on the force of influence and fear. Examples include mafia associations and gangs. Leadership is concentrated in the hands of the leader, and order is maintained through punishment.

Traditional Hierarchy (Amber). The Amber model is represented by stable social structures, such as religious institutions, the army, or the bureaucracy. Distinguishing features are strict adherence to rules, a clear division of roles, and subordination. The strength of these organizations lies in stability and predictability, but excessive rigidity often becomes an obstacle to innovative development. Typical examples are government agencies or large corporations of the mid-20th century.

Orange — achievement-oriented organizations. The orange paradigm dominates the modern business environment. It is based on values such as efficiency, competition and innovation. Management processes in such organizations are built on achieving goals, using KPIs and focusing on results. This approach has become a driver of significant human progress, but at the same time it has led to negative phenomena such as professional burnout, excessive individualism and neglect of business ethics. Examples of such organizations are General Electric or Microsoft during their periods of active development.

Green — pluralistic organizations. The green paradigm seeks to balance the shortcomings of the orange model, focusing on human values, a culture of trust and equality. In such organizations, employee participation in decision-making processes, social responsibility and environmental awareness play an important role. Particular attention is paid to the development of corporate values, teamwork and democratic approaches. However, excessive striving for consensus can lead to a slowdown in decision-making processes.

Turquoise - evolutionary organizations. The turquoise paradigm is an innovative approach that marks a qualitative leap in the development of organizational culture and consciousness. Its main principles are: Self-management, Integrity, Evolutionary goal.

Conclusion. Investigating types of organizations, Frederic Laloux argues that the future of organizations will be based on "turquoise" principles of management. In his book "Discovering the Organizations of the Future" he described real turquoise companies. It is based on the realization of human potential and harmony with the surrounding world or environment.

References

1. Frederic Laloux (2014), Reinventing organizations, available at: URL: <https://www.socialskills4you.com/wp-content/Reinventingorganization.pdf>

УДК 330

Пальчак Д.В., Синькевич Н.І.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ ЛІКВІДНОСТІ ТА ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ЯК СКЛАДОВА ФІНАНСОВОЇ СТАБІЛЬНОСТІ

Palchak D.V., Synkevych N. I.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

ANALYSIS OF THE LIQUIDITY AND SOLVENCY OF AN ENTERPRISE AS A COMPONENT OF FINANCIAL STABILITY.

Ліквідність у широкому розумінні означає можливість швидкого перетворення активів на грошові кошти, тобто їхню здатність бути реалізованими без значних втрат

у вартості. Її можна розглядати з двох позицій: по-перше, як час, необхідний для продажу певного активу, і по-друге, як розмір коштів, які можна отримати від цього продажу. Ці показники взаємопов'язані, адже активи, що продаються швидко, зазвичай реалізуються із зниженням ціни. Отже, ліквідність характеризує спроможність підприємства оперативно перетворювати свої ресурси на гроші для виконання поточних зобов'язань. Залежно від ступеня цієї здатності, активи поділяють на високоліквідні, середньоліквідні, низьколіквідні та неліквідні.

Платоспроможність підприємства відображає його можливість своєчасно виконувати фінансові зобов'язання, які вже настали, використовуючи наявні грошові ресурси — як у готівковій формі, так і на рахунках у банку. Високий рівень платоспроможності свідчить про фінансову стійкість підприємства, адже це означає, що ризик його неплатоспроможності або банкрутства є мінімальним.

Платоспроможність є більш узагальненим показником, який безпосередньо залежить від рівня ліквідності підприємства. Якщо компанія має значний обсяг високоліквідних активів, це забезпечує їй можливість своєчасно погашати зобов'язання, що, у свою чергу, свідчить про високий рівень її платоспроможності. Ліквідність активів поділяється на кілька ступенів, тоді як платоспроможність характеризується лише певним рівнем варіації. Водночас ліквідність пов'язана переважно з активами балансу, адже саме вони можуть бути конвертовані у грошові кошти, тоді як оцінка платоспроможності ґрунтується на аналізі як активів, так і пасивів підприємства.

Отже, ліквідність відображає можливість підприємства своєчасно розраховуватися за своїми короткостроковими зобов'язаннями, тоді як платоспроможність характеризує його спроможність підтримувати стабільну фінансову діяльність у довгостроковій перспективі.

Оцінка платоспроможності підприємства включає аналіз причин його фінансових труднощів. Зазвичай до основних факторів неплатоспроможності належать:

1. невиконання плану з виробництва та реалізації продукції, порушення структури чи асортименту товарів, зниження їх якості;
2. зростання собівартості продукції;
3. недоотримання запланованого прибутку;
4. відволікання коштів у наднормативні запаси сировини, матеріалів або готової продукції;
5. втрата каналів збуту та постійних покупців чи замовників;
6. неплатоспроможність самих покупців та замовників;
7. низька оборотність оборотного капіталу.

Зазвичай платоспроможність підприємства оцінюють за допомогою коефіцієнта покриття. Загальний коефіцієнт покриття демонструє прогнозовані платіжні можливості підприємства за умови погашення короткострокової дебіторської заборгованості (КДЗ) та реалізації наявних запасів, і розраховується за формулою:

Коефіцієнт покриття

$$= \frac{\text{Кошти} + \text{Короткострокові фінансові вкладення} + \text{КДЗ} + \text{Запаси}}{\text{Короткострокові зобов'язання}}$$

Нормальним вважається значення коефіцієнта не менше ≥ 2 , що означає: на кожну гривню короткострокових зобов'язань повинно припадати щонайменше дві гривні ліквідних коштів.

Коефіцієнт загальної платоспроможності показує, наскільки підприємство здатне покрити свої зобов'язання — як короткострокові, так і довгострокові — за рахунок

усіх наявних активів. Основним чинником його платоспроможності є наявність реального власного капіталу.

Цей показник часто використовують для оцінки надійності потенційних партнерів на основі аналізу їхньої бухгалтерської звітності. Він розраховується за формулою:

$$\text{Коефіцієнт загальної платоспроможності} = \frac{\text{Активи підприємства}}{\text{Зобов'язання підприємства}}$$

Нормальне значення коефіцієнта становить ≥ 2 , що свідчить про достатність активів для покриття подвійного обсягу зобов'язань.

Для підвищення коефіцієнта покриття підприємству слід збільшувати реальний власний капітал та обмежувати зростання позаоборотних активів і довгострокової дебіторської заборгованості. Цей коефіцієнт відображає прогнозовану платоспроможність підприємства на майбутній період.

При аналізі ліквідності доцільно враховувати не лише поточний обсяг ліквідних активів, а й прогнозовані зміни їх рівня в майбутньому. Про низький рівень ліквідності свідчить ситуація, коли потреба підприємства в грошових коштах перевищує реальні надходження.

Щоб оцінити достатність коштів для покриття зобов'язань, насамперед аналізують надходження від господарської діяльності та формування залишку коштів після сплати податків, обов'язкових платежів до позабюджетних фондів і виплати дивідендів.

Крім того, важливо ретельно досліджувати структуру кредиторської заборгованості підприємства, визначаючи, наскільки вона «стійка» (наприклад, борг постачальнику з довгостроковими партнерськими відносинами) або прострочена, тобто термін погашення якої вже минув.

Отже, ліквідність і платоспроможність є ключовими характеристиками фінансової стійкості підприємства. Їх аналіз дозволяє своєчасно виявити ознаки фінансових труднощів та оцінити ризики неплатоспроможності. Підвищення рівня ліквідності можливе завдяки раціональному використанню оборотних активів, прискоренню обороту коштів та удосконаленню фінансового менеджменту. Комплексний підхід до оцінки ліквідності та платоспроможності сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень і зміцненню фінансової стабільності підприємства.

Література

1. Синькевич Н. І. Конспект лекцій з дисципліни «Економічний аналіз» для студентів усіх форм навчання / Н. І. Синькевич. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, 2021. 100 с. URL: <https://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=231002>
2. Джей Джи. Різниця між ліквідністю та платоспроможністю. URL: <https://dovidka.biz.ua/riznitsya-mizh-likvidnistyu-ta-platospromozhnistyu/>
3. Макарець М., Макарець С. Показники оцінки ліквідності та платоспроможності підприємства. URL: <https://surl.li/pdteuw>

УДК 001:001.891

Д.Р. Пасічник, ст.:гр. БП-31

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИДАТНІ НАУКОВІ ВІДКРИТТЯ У XVI - XIX СТОЛІТТІ ТА ПРОЦЕС ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ НАУКИ

D.R. Pasichnyk

OUTSTANDING SCIENTIFIC DISCOVERIES IN THE 16TH - 19TH CENTURIES AND THE PROCESS OF DIFFERENTIATION OF SCIENCE

Наукова картина розвитку людства у XVI–XIX століттях становить один із найяскравіших періодів інтелектуальної еволюції, коли суспільство пережило глибоку трансформацію не лише методів пізнання, а й самої логіки мислення. У цей час відбувся відхід від схоластичних та догматичних підходів, що ґрунтувалися на авторитетах релігії й античної традиції, до нових принципів раціонального осмислення світу. Мислителі та дослідники цієї доби наполягали на тому, що істину можна встановити лише через досвід, спостереження й експеримент, що вимагало створення нових інструментів, лабораторій та методів фіксації явищ. Саме тоді народжується уявлення про науку як про відокремлену сферу діяльності, яка має власні правила перевірки фактів, внутрішню логіку розвитку та професійну спільноту дослідників. Зміни, започатковані в Європі, швидко поширилися й за її межі, формуючи інтелектуальні умови для становлення сучасних дисциплін.

Цей період ознаменувався масштабним переглядом світоглядних основ: на зміну статичному, замкнутому уявленню про Всесвіт прийшло бачення світу як відкритої, закономірної, динамічної системи. Розвиток астрономії, фізики, хімії та природознавства продемонстрував, що реальність може бути описана універсальними законами, вираженими точною математичною мовою. Така зміна не лише сприяла накопиченню нових знань, а й визначила передумови для появи дисциплін, які раніше не існували у незалежному вигляді. Однією з них стала психологія, що наприкінці XIX століття виокремилася з філософії завдяки переходу до експериментальних методів і вивченню психіки як об'єкта, підвладного точному аналізу. Таким чином, наукова революція XVI–XIX століть створила епістемологічний фундамент, на якому будувалася вся подальша структура наукового знання [4].

З ключових зрушень стало утвердження автономності наукового мислення. Микола Коперник, запропонувавши геліоцентричну модель, заклав підвалини нової космології, яку розвинули Йоганн Кеплер і Галілео Галілей. Кеплер сформував закони руху планет, а Галілей, застосувавши телескоп і експеримент, перетворив астрономію на точну науку. Завдяки їхнім здобуткам космос став сферою наукового дослідження, а не філософських припущень.

Розвиток механіки та фізики досяг вершини в працях Ісаака Ньютона, який сформулював універсальні закони руху та гравітації. У XVIII–XIX століттях фізика ускладнювалася завдяки відкриттям Майкла Фарадея в електриці та Джеймса Клерка Максвелла, який створив теорію електромагнітного поля. Саме ці дослідження визначили напрям подальшого технічного розвитку людства [2].

У природознавстві фундаментальні зміни відбулися завдяки роботам Вільяма Гарвея, який відкрив механізм кровообігу, Антоні ван Левенгука, що за допомогою мікроскопа відкрив світ мікроорганізмів, та Карла Ліннея, котрий створив систему класифікації живих організмів. Еволюційні ідеї Чарльза Дарвіна стали одним із ключових чинників, що змінили підхід до вивчення біорізноманіття.

У хімії XVIII–XIX століть відбувалася масштабна перебудова: Антуан Лавуазьє заклав основи сучасної хімічної теорії, а Джон Дальтон розробив атомістичне бачення речовини. Паралельно дослідники Західної Європи працювали над систематизацією

хімічних елементів, розвитком аналітичної хімії та розширенням практичних методів лабораторного експерименту.

У XIX столітті активно розвивалися технічні науки. Внесок Джеймса Ватта у вдосконалення парового двигуна сприяв промисловій революції, тоді як удосконалення оптичних і точних інструментів розширювало можливості експериментальної науки. Значним було й становлення нових галузей біології та медицини, серед яких – імунологія, започаткована працями Іллі Мечникова, ученого українського походження, чий вклад визнається світовою наукою [3].

У цей період важливою подією стало становлення психології як окремої науки. Вільгельм Вундт у 1879 році заснував першу у світі психологічну лабораторію в Лейпцигу, що символізувало відокремлення психології від філософії та перехід до систематичного експериментального методу.

Українські науковці відіграли значну роль у світовому поступі. Іван Пулюй здійснив ключові дослідження катодних променів і створив ранні знімки, що передували відкриттю рентгенівських променів. Ігор Сікорський, інженер і авіаконструктор українського походження, став засновником гелікоптеробудування та важливим новатором авіації. У сфері сучасних технологій вагомий внесок належить Стіву Возняку, співзасновнику Apple, який має українське коріння і став одним із творців персонального комп'ютера.

У XX столітті наука вступила в епоху революційних змін. Нікола Тесла здійснив прорив у галузі електротехніки та енергетики; Альберт Ейнштейн створив теорію відносності, що кардинально переосмислила природу простору й часу; Марі та П'єр Кюрі заклали основи вивчення радіоактивності, що вплинуло на фізику, хімію та сучасну медицину. Саме в цей час формувалися міждисциплінарні дослідження, а наукові відкриття стали ключовим ресурсом технологічного розвитку цивілізації.

Становлення наукових інституцій – академій, лабораторій, університетів – забезпечило структурованість досліджень і сприяло формуванню окремих дисциплін. Поглиблення спеціалізації стало природним наслідком накопичення знань, що дозволило науці зробити якісний стрибок у техніці, біології, медицині, психології, інженерії та гуманітарних галузях [1].

Отже, XVI–XIX століття стали добою формування фундаментальних наукових парадигм, а XX століття – часом їхнього стрімкого розвитку. Від Коперника, Ньютона, Лавуазьє та Максвелла до Ейнштейна, Тесли, подружжя Кюрі та видатних українських учених Пулюя, Мечникова, Сікорського й Возняка – саме вони сформували підґрунтя сучасної науки, забезпечивши перехід від фрагментарних спостережень до систематичного й технологічного пізнання світу.

Література

1. Енциклопедія історії України. ІСТОРІЧНА НАУКА В УКРАЇНІ В XIX СТОЛІТТІ URL: <https://surl.li/jciufn> (Дата звернення: 23.11.2025).
2. Розвиток освіти і науки в Україні у XIX ст. UAHISTORY URL: <https://uahistory.co/book/ukraine-culture-history-textbook-peregyda-2011/19.php>. (Дата звернення: 23.11.2025).
3. Велика українська енциклопедія (ВУЕ). Проєкт «Велика українська енциклопедія» URL: <https://vue.gov.ua/>. (Дата звернення: 23.11.2025).
4. Наукова революція XVI–XVII ст. та її вплив на розвиток філософії URL: <https://surl.lu/wmwpua> (Дата звернення: 23.11.2025).

А. Петрик, Н.С. Тимошик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

РОЛЬ І ПОТЕНЦІАЛ ВІТЧИЗНЯНОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА У РОЗВИТКУ ЕКОНОМІЧНО СТІЙКОЇ ДЕРЖАВИ

A. Petryk, N.S. Tymoshyk

THE ROLE AND POTENTIAL OF DOMESTIC ENTREPRENEURSHIP IN THE DEVELOPMENT OF AN ECONOMIC SUSTAINABLE STATE

Підприємницький сектор є основою функціонування національної економіки. Він відповідає за забезпечення ринку необхідними товарами і послугами, наповнює бюджети різних рівнів доходами у вигляді податкових платежів, забезпечує формування справедливих ринкових відносин у державі. В сучасних умовах глобалізації важко уявити розвиток країни без її підтримки бізнесом, проте і стабільність діяльності господарюючих суб'єктів є неможливою без застосування ефективних інструментів державної підтримки і стимулювання.

Держава і підприємництво вступають у певні відносини, в яких кожна зі сторін має значний вплив. Держава має потребу в підприємстві, оскільки ринкова система забезпечує її матеріальними ресурсами, послугами і товарами, фінансовою підтримкою державних програм і т.п. Підприємництво забезпечує зайнятість населення і підвищення його життєвого рівня. У свою чергу, підприємництво має потребу в державі, оскільки йому необхідне законодавство, що регламентує правила економічної діяльності, її безпеки, захисту і стабільності, а також функціонування монетарної системи, стабільної економічної і соціальної інфраструктури. Підприємництво покладається на конституційний захист і державну підтримку. [1]

Держава шукає шляхи підтримки бізнесу, найбільш ефективні методи та інструменти сприяння його активності, збереження рентабельності. З огляду на це, усю сукупність методів можна розподілити на такі групи: податкова, митна і фінансова підтримка, дерегуляція, підтримка на місцевому рівні (зокрема, сприяння релокації), інформаційна підтримка і підтримка у розрізі галузей. Найбільш ефективною стала саме фінансова підтримка, адже більшість із господарюючих суб'єктів, яким вдалось зберегти бізнес та пережити шоковий момент, початок війни та перші місяці загальнонаціональної нестабільності, має потребу у фінансових ресурсах, додаткових джерелах фінансування діяльності та інвестиціях.

Державні органи на різних рівнях впливають на підприємницьку діяльність, тому результати її здійснення залежать від держави. Саме державне регулювання створює те середовище, у якому діють підприємці, забезпечуючи захист права власності, виконання договірних зобов'язань і т.п. Іноді відносини між державою і підприємництвом можуть виявлятися у конфліктах.

Окрім того, сучасний період розвитку суспільства характеризується глобалізацією підприємництва, створенням міжнародних об'єднань підприємців, а також можливостями використання передових технологій для економічного розвитку держав, унаслідок чого багато держав допомагають, направляють, регулюють і контролюють підприємництво для досягнення технологічної переваги. Таким чином, зростання конкуренції на світовому ринку, глобалізація бізнесу і підвищення значимості інновації підсилюють, у свою чергу, необхідність розвитку відносин співробітництва між державою і підприємництвом. [2]

В економічно розвинутих країнах велика увага приділяється сфері бізнес-послуг. В інфраструктуру бізнесу прийнято включати сервісні служби для починаючих та

діючих підприємців, асоціації та союзи, що допомагають малому підприємництву. В Україні до цього часу не створено мережі довідково-інформаційних та консалтингових служб для малих підприємств, хоча процес йде зростаючими темпами. До початку трансформації Україна не мала самостійно діючих сервісних служб. Все створені організації, що працюють в нинішніх умовах, надають платні послуги, а тому доступні малому числу підприємців та орієнтовані на солідних клієнтів в особі комерційних структур.

Необхідно згадати таку комплексну по послугам форму допомоги малому підприємництву, як центри розвитку бізнесу. В розвинутому вигляді вони надають консультативні послуги, ведуть підготовку до підприємництва. Розвиток мережі таких центрів дозволило б значно підвищити рівень бізнес-послуг та підготовки підприємців. [3]

Дуже гостра проблема формування фінансової бази становлення та розвитку підприємництва. Для цього йому повинні бути надані визначені пільги. Це можуть бути пільги по оподаткуванню. Але податкова політика нашої країни не тільки не ефективна, але й економічно небезпечна. Вона йде у розріз зі встановленою у світі практикою та сучасними світовими тенденціями розвитку економіки. Загальний напрям удосконалення податкової системи – підсилення стимулюючої ролі податків у розвитку виробництва. Необхідно звільнити малі підприємства від податків на інвестиції, завезені технології. Потрібні податкові пільги на період становлення малого підприємства.

Література

1. Bilyk, V., Kolomytseva, O., Myshkovych, O., Tymoshyk, N., & Shcherbatykh, D. (2021). Modeling sensitivity indices of industrial enterprise organizational change. *Amazonia Investiga*, 10 (45), 230-241. URL: <https://doi.org/10.34069/AI/2021.45.09.23>
2. Ковальчук Н., Калугарь А. Виклики для підприємств України. *Економіка та сус-пільство*. 2022. No 42.
2. Атаєва О.А. , Ніколашин А.О., Тимошик Н.С. Стратегічне управління ризиками на підприємстві: аналіз та зменшення негативних впливів. *Ефективна економіка*. 2024. No 2. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.2.52>
3. Химич, І. Г., Тимошик, Н. С. Бізнес-аналіз: стратегія діяльності в умовах війни. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні тенденції в бізнесі та менеджменті: теорія і практика». Одеса: ОНМУ, 2022 URL: <https://surli.cc/ljwfpi>

УДК 338.4

О.Т. Радецька; к.е.н., доц. О.М. Владимир

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВОЛОНТЕРСТВО ТА СОЦІАЛЬНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ БІЗНЕСУ

О.Т. Radetska; PhD., Assoc.Prof. O.M. Vladymyr

VOLUNTEERING AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY

Повномасштабне вторгнення російської федерації 24 лютого 2022 року стало для українського готельно-ресторанного бізнесу не просто економічною кризою, а справжнім іспитом на людяність і виживання. За три роки війни підприємства індустрії гостинності надали понад 2,8 мільйона безкоштовних ночей розміщення внутрішньо переміщеним особам, військовим і медикам, приготували та роздали більше 15

мільйонів порцій їжі для ЗСУ, територіальної оборони та цивільних, працевлаштували понад 38 тисяч переселенців і зібрали гуманітарної допомоги на суму більше 1,4 мільярда гривень [4]. Ці цифри роблять український HoReCa-сектор абсолютним лідером корпоративної соціальної відповідальності серед усіх галузей національної економіки [2].

У перші тижні та місяці війни готелі західної та центральної України працювали майже виключно на волонтерських засадах. Львівські «Citadel Inn», «Leopolis», «Swiss Hotel», «Асторія», «Жорж», «Нота Бене», івано-франківські «Надія» і «Станіславський», ужгородські «Інтурист-Закарпаття» і «Стар», чернівецькі «Буковина» та «Прем'єр Палац» приймали по 300–800 людей одночасно без жодної оплати протягом 3–6 місяців [3]. Мережа Reikartz Hotel Group офіційно надала 187 тисяч безкоштовних ночей, Ribas Hotels Group – понад 120 тисяч, Premier Hotels & Resorts – більше 90 тисяч, а незалежні готелі Києва («Нивки», «Верховина», «Братислава», «Козацький») тримали бомбосховища відкритими цілодобово й годували всіх, хто потребував допомоги [4].

Ресторани та кав'ярні стали справжніми кухнями фронту. Львівські «Криївка», «Гасова лампа», «Дзига», «М'ясо та справедливість», «Реберня» готували по 10–15 тисяч порцій їжі щотижня для військових частин і ТрО. Київські «Канапа», «100 років тому вперед», «Білий налив» і «Остання Барикада» перейшли на цілодобове виробництво сухих борщів, супів і енергетичних батончиків. Мережа «Пузата Хата» за весь період війни передала більше 1,2 мільйона порцій готової їжі, а львівська група компаній !FEST (до якої входять десятки закладів) організувала постійні збори та логістику гуманітарної допомоги на фронт [1].

Коли гостра фаза війни минула й люди почали повертатися до відносно нормального життя, готелі й ресторани не закрили соціальні програми, а розширили їх. У 2024–2025 роках акцент змістився на працевлаштування переселенців і підготовку до реабілітації ветеранів. За даними Державної служби зайнятості та Асоціації готелів і курортів України, 42 % нових працівників у готелях західних областей – це внутрішньо переміщені особи [4,6]. Мережа Premier Hotels запустила програму «Новий старт» – безкоштовне навчання, житло та гарантована робота для ВПО. Ribas Hotels Group і Reikartz створили фонди підтримки сімей своїх співробітників-військовослужбовців і вже виплатили десятки мільйонів гривень на лікування, протезування та допомогу дітям [3].

Наприкінці 2025 року українська індустрія гостинності входить у нову фазу – фазу реабілітації та туризму перемоги. Готелі «Leopolis», «Swiss Hotel», «Citadel Inn», «Bank Hotel» у Львові, «Рікос» і «Лондонська» в Одесі, «Станіславський двір» в Івано-Франківську та багато інших запускають програми психологічної та фізичної реабілітації для поранених бійців і їхніх сімей – безкоштовні тижні відпочинку, арт-терапія, консультації психологів, спеціальні Veteran Friendly-номери [8]. Планується запровадження національної сертифікації «Veteran & Family Friendly Hotel», щоб військові та їхні рідні точно знали, де їх завжди чекають зі знижками, розумінням і повагою.

Дослідження CSR Ukraine, Gradus і Асоціації готелів та курортів України 2024–2025 років показують, що заклади, які активно допомагали під час війни, сьогодні мають на 28–35 % вищу завантаженість і на 20–25 % вищі середні чеки, ніж ті, хто залишався осторонь [2,7]. Вісімдесят чотири відсотки українців свідомо обирають соціально відповідальні готелі й ресторани й готові платити за це більше. Волонтерство та корпоративна соціальна відповідальність перестали бути витратами – вони стали найсильнішою конкурентною перевагою та частиною ДНК українського бізнесу гостинності [1,5].

Звичайно, труднощі були величезні: у 2022–2023 роках багато закладів втратили до 90 % доходів, десятки тисяч працівників виїхали за кордон або пішли на фронт, логістика була зруйнована, а податки й комунальні ніхто не скасовував. Але саме ті, хто в найтемніші місяці відкрив двері, поділився останнім шматком хліба й останньою ковдрою, сьогодні мають найвідданіших гостей, найзгуртованіші команди та найсвітлішу репутацію.

Війна показала справжнє обличчя української гостинності. Це вже не тільки чисті простирадла й смачна кава – це вміння в найстрашніший час залишитися людьми, відкрити двері, нагодувати, обігріти, дати роботу й надію. Цей досвід і цей моральний капітал стануть основою для післявоєнного туристичного буму, коли мільйони українців і гостей з усього світу захочуть приїхати саме сюди – туди, де серце б'ється найгарячіше й де справжня гостинність вимірюється не зірками, а людяністю.

Література

1. !FEST Holding of Emotions. Звіт про соціальну діяльність та волонтерство 2022–2025. Львів, 2025.
2. CSR Ukraine. Корпоративна соціальна відповідальність українського бізнесу під час війни 2022–2025. Київ, 2025. 94 с.
3. Ribas Hotels Group. Overview of Ukraine's Hotel Market 2025. Одеса: RHG, 2025. URL: <https://ribashotelsgroup.ua/en/blog/6313/>
4. Асоціація готелів та курортів України (UHRA). Готельна індустрія України 2022–2025: війна, волонтерство, відновлення. Київ, 2025. 126 с.
5. Владимир О. Чесний бізнес в Україні: необхідна об'єктивність та передумови введення. *Вісник Економіки*. 2017. №1. С. 71-80,
6. Капаць К. М., Владимир О. М. Корпоративна соціальна відповідальність у час війни. *Соціальна відповідальність як основа інноваційного розвитку бізнесу: матеріали Х-ої Всеук. наук.- практ. конф., пам'яті почесного професора ТНТУ, академіка НАН України М.Г.Чумаченка.*, (Тернопіль, 18 листопада 2022 р.). Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. С. 27-28.
7. Малюта Л., Завідна Л., Владимир О., Рудан В. Корпоративна соціальна відповідальність – важливий інструмент забезпечення економічної безпеки бізнесу під час війни. С. 387-400. [Трансформація бізнесу для сталого майбутнього: дослідження, цифровізація та інновації: монографія /за ред. д.е.н., проф. О. А. Сороківської]. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 593 с.
8. Міністерство у справах ветеранів України. Програма "Герої української дії": реабілітація ветеранів у Карпатах. Київ: МВА, 2025. URL: <https://mva.gov.ua/prescenter/category/86-novini/minveteraniv-razom-iz-amerikanskou-blagodiynou-organizatsie-u-ukrainska-diya-dopomagatimut-veteranam-vidnovitisya-u-karpatah>

УДК 159.9

І.Р. Романська

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРІШЕННЯ ТРУДОВИХ КОНФЛІКТІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

I.R. Romanska

SOCIAL ASPECTS OF LABOR DISPUTE RESOLUTION TECHNOLOGY IN THE INTERPRISE

Трудові конфлікти є невід'ємною частиною функціонування будь-якого підприємства. Їх можна розглядати не лише як ознаку неефективної діяльності та поганого управління, а і рушійну силу до ефективного виконання планів, успішного впровадження стратегій та проектів. У світі швидкого розвитку технологій, динамічних економічних і соціальних змін розуміння важливості соціальних аспектів в вирішенні трудових конфліктів стали «must have» у роботі не лише спеціалістів, а й звичайних працівників, які стикаються із конфліктами. Соціальний аспект зосереджується на впливі цих технологій на міжособистісні відносини, комунікацію, довіру, сприйняття справедливості та психологічний комфорт сторін конфлікту. Пошук сучасних підходів та методів вирішення конфліктів на підприємстві є на сьогодні особливо актуальним.

Даною проблемою дослідження конфліктів на підприємстві займалися такі науковці як: О. Бондарчук, М. Вудкок, Ф. Генон, А. Журавльов, Л. Карамушка, Н. Коломінський, Л. Орбан-Лембрик, О. Панасюк, В. Третьяченко, Р. Шакуров, Я. Шкурко та інші.

Трудові конфлікти – це зіткнення інтересів, думок оцінок між представниками різних груп з приводу трудових відносин. Їх поділяють на індивідуальні та колективні.[1]

Для ефективного вирішення конфліктів використовують модель стилів управління конфліктом (Томаса-Кілмана). Основними вимірами в даній моделі є кооперація (пов'язана з увагою людини до інтересів інших людей) і наполегливість (для якої характерний акцент на захисті власних інтересів).

Відповідно цим двом вимірам, автори виділяють наступні стилі поведінки у конфліктах:

1) конкуренція, яка характеризується протистоянням та суперництвом. Власні інтереси завжди на першому місці, що призводить до ігнорування інтересів інших працівників та відсутності співпраці. Зловживання домінуючими позиціями може призвести до негативних наслідків(прихована неприязнь, руйнування довіри, ворожість), що у свою чергу погіршує клімат серед працівників і створює умови для суперництва та деструктивної поведінки;

2) пристосування, під час якого відбувається принесення в жертву власних інтересів заради іншого. Стабільне ігнорування власних інтересів та цілей призводить до систематичної втрати особистої вигоди. Накопичення незадоволеності може призводити до вигорання, втрати самоповаги та відчуття самореалізації;

3) компроміс, який характеризується пошуком рішення яке частково задовольняє обидві сторони конфлікту. Компроміс часто підходить для ситуацій коли рішення потрібно прийняти швидко. Якщо до кінця не вирішити питання і не розібратись у конфлікті це може призвести до додаткового непорозуміння;

4) уникнення, характеризується відсутністю як прагнення до кооперації, так і тенденції до досягнення власних цілей. Найбільш пасивний підхід до вирішення конфліктної ситуації. Уникнення і невтручання є достатньо використовуваною стратегією серед працівників. У даній ситуації працівник не переслідує жодних інтересів, психологічно відсторонюється від конфлікту і уникає його. Це призводить до накопичення проблем, зниження довіри серед працівників та розвитку байдужості. У випадках коли проблема є другорядною або ж низькопріоритетною використання даного підходу є виправданим;

5) співпраця, під час якої учасники ситуації приходять до альтернативи, що повністю задовольняє інтереси обох сторін. Являється найбільш конструктивним

стилем серед інших. Співробітництво передбачає використання відкритого діалогу, спільного дослідження конфлікту, активного слухання та емпатії. Використання даного стилю сприяє розвитку довіри та міцних відносин серед працівників. [1].

Розуміння даних стилів поведінки дозволяє пояснити поведінку працівників і керівників під час суперечок та показує, що кожен стиль може бути корисним або ж шкідливим залежно від обставин.

Вирішення конфліктів в трудовому колективі має чіткі правила. Вони дозволяють перетворити конфлікт із руйнівного та нерегульованого процесу в регульований та збалансований всередині колективу.

Правила для ефективного вирішення конфліктів:

1. Прийняття факту наявності конфлікту. Розуміння сторонами що не все добре, що є питання, вже на цьому етапі допомагає сконцентруватись на питанні конфлікту, призупинити свою трудову діяльність та зосередитись на даному питанні.

2. Обговорення ситуації. Кожен повинен висловитись, обґрунтувати свою думку, пояснити свою позицію. Дуже важливо не переключатись на особистості та утримувати фокус на темі конфлікту.

3. Уважно вислухати. Не чути а слухати, тобто цілеспрямовано і усвідомлено намагатись зрозуміти співрозмовника, його ідеї, почуття, мотиви та потреби.

4. Бути неупередженим. Концентрація уваги на питанні конфлікту допомагає уникнути переходу на особистості та зберегти повагу.

5. Вирішити проблему швидко та остаточно. Якщо завжди питання конфлікту перебуватиме у центрі уваги учасників, якщо будуть обговорені та вислухані усі аспекти стосовно даного протиріччя то вирішення його призведе до закриття конфлікту. У іншому випадку конфлікт може залишитись невирішеним і гальмувати діяльність компанії [2].

Головним методом профілактичної роботи на підприємстві є активне слухання. Активне слухання передбачає не тільки чути а й слухати свого співрозмовника. Використання вербальних та невербальних прийомів допомагає краще зрозуміти один одного, створити довірливі відносини, зберегти повагу і в свою чергу ефективніше вирішити конфлікт. Важливу роль відіграють соціальні аспекти(справедливість, довіра, комунікація), які можуть забезпечити не лише формальний але й психологічно прийнятний результат для всіх сторін. Навичка активного слухання може стати новим патерном при вирішенні трудових конфліктів в організації.

Вчасне запобігання, послаблення та вирішення трудових конфліктів сприяє підтримці здорової робочої атмосфери у трудовому колективі.

Література:

1. Березовська Л.І., Юрков О.С. Психологія конфлікту : навч. посіб. Мукачєво : МДУ , 2016. 201 с.

2. О. О. Карпенко, Є. Л. Осипова Підходи щодо управління конфліктами в організації. Economic synergy. 2021. №2 С. 44 - 55. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econsyn_2021_2_7

УДК 338.23.31

В. Савечко, І. Піняк, к.е.н., доцент
ТНТУ імені Івана Пулюя, Україна

СПЕЦИФІКА ФОРМУВАННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ В УКРАЇНСЬКИХ УМОВАХ

Формування маркетингової стратегії в Україні має свою унікальну специфіку, що зумовлена поєднанням глибоких соціально-економічних трансформацій, наслідків повномасштабної війни, цифрової модернізації та інтеграційних процесів у напрямку Європейського Союзу. Український ринок сьогодні функціонує в умовах нестабільності, що потребує від підприємств підвищеної адаптивності та використання нестандартних стратегічних рішень. У сучасних реаліях стратегія маркетингу перестає бути суто інструментом просування товару чи послуги – вона набуває характеру комплексної управлінської моделі, що визначає напрям розвитку підприємства, його інвестиційні пріоритети, ринкову поведінку та механізми реагування на ризики [1].

З огляду на це, розробка ефективної маркетингової стратегії потребує врахування специфічних чинників, які суттєво відрізняють українське бізнес-середовище від більш стабільних економік ЄС чи США. Нижче проаналізовано ключові особливості формування маркетингових стратегій саме в українських умовах.

1. Невизначеність зовнішнього середовища та потреба у сценарному плануванні. Високий рівень невизначеності є визначальною характеристикою сучасної України. Під час воєнних дій підприємства працюють у середовищі, де неможливо прогнозувати події більше ніж на короткий проміжок часу. Це спричиняє потребу у створенні маркетингових стратегій, які ґрунтуються на кількох варіантах розвитку ринку.

Основні аспекти сценарного підходу [3]:

- Сценарій стабільного розвитку – передбачає збереження поточних ринкових умов, стабільний попит та доступність ресурсів.
- Сценарій негативних змін – орієнтується на падіння попиту, ускладнення логістики, зниження купівельної спроможності чи тимчасове припинення діяльності.
- Оптимістичний сценарій – враховує можливості для масштабування у разі відновлення регіонів, відкриття нових експортних ринків або збільшення міжнародної підтримки.

Таким чином, стратегія має бути моноцентричною за метою, але поліцентричною за методами її досягнення, що зумовлює гнучкість і стабільність у довгостроковій перспективі.

2. Зміна поведінки споживачів і трансформація попиту. Поведінкові характеристики українських споживачів за останні роки змінилися значно сильніше, ніж у мирний час. Формування маркетингової стратегії сьогодні повинно базуватися на таких нових трендах [3]:

– Прагнення до безпеки. Споживачі віддають перевагу товарам і послугам, що забезпечують психологічну та фізичну безпеку. Це впливає на: вибір каналів покупки (зростання онлайн-продажів); підвищення цінності гарантій та прозорості умов; попит на локальні продукти.

– Підвищена чутливість до ціни. Через зниження реальних доходів домогосподарств зростає попит на: економ-пропозиції; оптимальні співвідношення ціни та якості; акційні та пакетні пропозиції.

– Переоцінка значущості брендів. На перший план виходять: репутація компанії; етичність її діяльності; участь у соціальних проєктах і підтримка ЗСУ; довіра спільноти. Це означає, що підприємства мають орієнтуватися не лише на створення цінності, а й на формування емоційного зв'язку зі споживачами, підкріпленого щирими комунікаціями.

3. Прискорена цифровізація як ключовий чинник стратегічного розвитку. Цифрові інструменти стали основою виживання бізнесу та фундаментом для формування маркетингової стратегії.

Основні напрямки цифровізації: впровадження CRM-систем; використання онлайн-торгівлі; аналітика поведінки споживачів; автоматизація рекламних кампаній; використання соціальних мереж як основного каналу комунікації; активна участь у маркетплейсах (Rozetka, Amazon, Etsy).

Цифрова трансформація дозволяє: компенсувати логістичні обмеження; зменшити витрати на просування; здійснювати швидку адаптацію продукту під потреби споживача.

4. Дефіцит кваліфікованих кадрів і нові вимоги до маркетологів. Через міграцію та мобілізацію кількість доступних спеціалістів у маркетингу суттєво зменшилася, що формує нові умови для створення стратегії. Підприємства змушені: залучати фрилансерів; формувати гібридні команди; інвестувати у навчання персоналу; використовувати аутсорсингові агенції.

Особливо цінними стають компетенції у сфері: digital-маркетингу; data-аналітики; управління соціальними медіа; брендингу; антикризових комунікацій.

5. Логістичні ризики та важливість адаптації каналів збуту. Порушення логістики – один із ключових ризиків, що впливає на формування стратегії.

Основні виклики: нестабільність транспортних маршрутів; збільшення вартості доставки; ризики перебоїв у постачанні; необхідність створення локальних складів.

У відповідь підприємства застосовують: багатоканальні моделі збуту; партнерські логістичні рішення; перехід на онлайн-замовлення; використання нових транспортних коридорів (наприклад, румунських або польських портів).

6. Репутаційний менеджмент і соціальна відповідальність як ключові елементи стратегії. Сьогодні споживачі очікують не лише якісного продукту, а й соціальної відповідальності компанії. Це дає змогу формувати довгострокову лояльність.

У стратегічній моделі маркетингу слід передбачити: комунікацію про участь у волонтерських або гуманітарних проєктах; прозорість щодо використання доходів; чесність під час взаємодії зі споживачами; етичність реклами. Ці фактори зміцнюють довіру, що особливо важливо у період високого соціального та економічного стресу [2].

Отже, підприємства, які здатні швидко реагувати на зміни, використовувати цифрові інструменти та формувати довіру споживачів, отримують стратегічну перевагу та можливість довгострокового розвитку навіть у період викликів.

Література

1. Балабанова Л. В., Холод В. В. Маркетингова стратегія підприємства: теорія і практика. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 312 с.
2. Ламбен Ж.-Ж., Чумпітас Р. Стратегічний маркетинг: європейський підхід. Львів: Видавництво ЛНУ, 2020. 742 с.
3. Пилипенко А. А. Маркетингові стратегії в умовах кризи. Економіка та держава. 2023. № 4. С. 45–52.

УДК 338.13

А. Саламон

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЗМІСТ ТА ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

CONTENT AND MAIN APPROACHES TO MARKETING PLANNING OF ENTERPRISES' ACTIVITIES

Згідно з концепцією маркетингу, досягнення цілей компанії можливе лише за умови виявлення потреби і побажань цільової аудиторії та забезпечення їх задоволення більш ефективним і раціональним способом, ніж це роблять конкуренти. З цією метою підприємствам необхідно формувати власну стратегію та план подальших заходів.

План в цілому розглядається як модель поточної та майбутньої діяльності підприємства, що відображає системою заходів, спрямованих на досягнення визначених менеджментом цілей. Він охоплює зміст і забезпеченість ресурсами, обсяги, методику, послідовність і терміни виконання робіт, пов'язаних із виробництвом та реалізацією продукції. Крім того, план виступає як сукупність прогнозів і соціально-економічних завдань, реалізація яких забезпечується шляхом застосування відповідних способів і методів керування.

У ринкових умовах планування здійснюється переважно на рівні окремих компаній і фірм, тоді як на національному рівні план здебільшого є індикативним, тобто орієнтовний характер подання. Концепція формування маркетингового плану передбачає визначення бачення майбутнього розвитку підприємства та вибір напрямів для досягнення поставлених цілей. Вона базується на оцінці наявних ресурсів компанії та їх раціональному використанні, а не на простому продовженні поточного стану чи врахуванні існуючих внутрішніх обмежень у майбутньому періоді.

Основною особливістю маркетингового плану є прагнення врахувати потреби споживачів таким чином, щоб це водночас забезпечувало вигоду для підприємства. Важливим аспектом маркетингового планування є його здатність визначати можливу реакцію підприємства на зміни у зовнішньому середовищі та сприяти формуванню адекватної ринкової поведінки, що забезпечує стабільність і конкурентоспроможність.

На всіх організаційних рівнях компанії необхідно здійснювати системну підготовку та впорядкування рішень щодо управління, спрямованих на визначення цілей, засобів і заходів, які забезпечуються виробництвом та реалізацією продукції, яка здатна задовольняти як наявний попит, так і перспективні потреби споживачів. [1, с.173].

На нашу думку, зміст планування полягає у розробці цілей, визначенні оптимальних методів і способів їх досягнення з одночасним ефективним використанням усіх необхідних ресурсів та встановленні взаємозв'язків між ними для виконання поставлених завдань. Процес планування передбачає пошук відповідей на три ключові питання: де організація знаходиться у даний момент, чого прагне досягти та як перейти від теперішнього стану до бажаного результату.

Передумовою досягнення цілей підприємства є виявлення потреб і побажань цільових споживачів та їх задоволення більш ефективно та раціонально, ніж це роблять конкуренти. Для цього підприємство повинно розробляти власний план подальших дій, тобто бізнес-план [2, с.85]. Одним із ключових розділів бізнес-плану є план маркетингу, у якому відображаються стратегія маркетингу, прийнята на підприємстві, та конкретні шляхи її реалізації для досягнення стратегічних цілей розвитку.

Саме маркетингове планування дозволяє виявляти у діях конкурентів «білі плями» та будувати власну стратегію так, щоб у будь-який момент часу підприємство точно знало, як діяти в межах кожного стратегічного напрямку маркетингу: ціноутворення, стимулювання збуту, проведення рекламних кампаній, організація післяпродажного обслуговування та інших ключових аспектів.

Таким чином, маркетингове планування виступає важливою складовою загальної

системи планування підприємства, що забезпечує гармонійне поєднання цілей, ресурсів і заходів для ефективного розвитку та зміцнення конкурентних позицій на ринку.

На сьогоднішній день в економічній літературі термін «планування маркетингу» (маркетингове планування) переважно застосовується для опису методів ефективного використання маркетингових ресурсів, необхідних для досягнення поставлених маркетингових цілей [2, с.88]. На перший погляд це звучить просто, проте реальний процес є досить складним, оскільки кожне підприємство має у своєму розпорядженні унікальні ресурси та орієнтується на досягнення конкретних цілей, реалізація яких прив'язана до визначених часових меж. Проте маркетингове планування забезпечує оптимальне використання обмежених ресурсів для досягнення визначених цілей і зміцнення конкурентних позицій компанії.

У цьому контексті під плануванням маркетингу розуміється логічна послідовність окремих видів діяльності та процедур, що пов'язані із постановкою цілей маркетингу, вибором стратегій і розробкою заходів для їх досягнення у визначений період. Іншими словами, маркетингове планування — це процес складання плану маркетингу, який передбачає вибір стратегій, спрямованих на зростання обсягів продажу продукції та максимізацію прибутку [2, с.89]. Крім того, його доцільно розглядати як науково вивірене визначення майбутніх напрямів діяльності маркетингової системи, що гарантує результативність процесів виробництва, розподілу й реалізації продукції підприємства.

Складання плану маркетингу є кінцевим результатом процесу маркетингового планування і забезпечує реалізацію визначених стратегій та досягнення поставлених цілей. Усі заплановані заходи поєднані часовими термінами, фінансовими ресурсами та визначеними відповідальними виконавцями. Основна їхня мета полягає у підвищенні конкурентоспроможності підприємства протягом визначеного періоду часу.

Варто зазначити, що план маркетингу не є формальним документом, а виступає інструментом управління розвитком підприємства. Його метою є визначення перспективного кола завдань підприємства, шляхів і строків їх виконання з урахуванням наявних фінансових, трудових та виробничих ресурсів. Відмінною рисою цього документу є динамічність, що зумовлена необхідністю оперативного коригування в умовах постійних змін маркетингового середовища підприємства.

Таким чином, маркетингове планування є системним, інтегрованим процесом, що забезпечує узгодженість цілей підприємства, оптимізацію ресурсів і адаптацію до змін ринкового середовища, а успішна маркетингова діяльність ґрунтується на поєднанні аналітичного оцінювання ринкових можливостей, чіткої програми дій і системного контролю виконання плану.

Література

- 1.Діб А. Маркетинговий план на одну сторінку. Час знаходити нових клієнтів, заробляти більше грошей і бути унікальним [пер.з англ. М. Черник]. Харків: Віват, 2020. - 285с.
- 2.Семенюк С. Маркетингове планування діяльності підприємств. *Галицький економічний вісник*. 2010. № 1(26). С. 84-92.

УДК 658

Н. Синькевич, Г. Христина

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АНАЛІЗ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Sinkevich Nadiya, Havdyda Khrystyna

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

ANALYSIS OF THE INVESTMENT ACTIVITY OF THE ENTERPRISE

Інвестиційна діяльність підприємства є важливим чинником його розвитку, оскільки саме інвестиції забезпечують оновлення виробничих потужностей, упровадження інновацій, підвищення конкурентоспроможності продукції та розширення ринків збуту. У сучасних умовах господарювання, коли на економіку України впливають як внутрішні, так і зовнішні фактори нестабільності, особливого значення набуває питання ефективного управління інвестиційними ресурсами, що вимагає глибокого і системного аналізу інвестиційної діяльності підприємства.

Аналіз інвестиційної діяльності — це оцінка формування, розподілу та використання інвестиційних ресурсів з метою визначення ефективності вкладень, виявлення резервів та обґрунтування управлінських рішень. Основні завдання включають оцінку обсягів і структури інвестицій, джерел фінансування, динаміки інвестиційної активності, впливу зовнішніх і внутрішніх факторів, а також ефективності реалізованих проєктів.

Для аналізу інвестиційної діяльності застосовують традиційні методи фінансового аналізу (горизонтальний, вертикальний, порівняльний, коефіцієнтний) та спеціальні методи на основі дисконтування грошових потоків. Основні показники ефективності інвестицій: чистий приведений дохід (NPV), внутрішня норма рентабельності (IRR), індекс прибутковості (PI), період окупності (PP) та рентабельність інвестицій (ROI). NPV оцінює доцільність проєкту, IRR показує граничну ставку прибутковості, PI відображає ефективність вкладень, а PP — швидкість повернення капіталу.

Оцінка інвестиційної активності підприємства передбачає аналіз обсягів та структури інвестицій за напрямками, джерелами фінансування та видами активів. Доцільно розраховувати частку капітальних інвестицій у загальних витратах, коефіцієнт оновлення основних засобів і співвідношення власних та позикових коштів, оскільки висока залежність від боргу підвищує фінансові ризики. Важливо також оцінювати доходи від інвестицій, частку реінвестованого прибутку та вплив рішень на фінансові результати підприємства. Аналіз слід проводити з урахуванням зовнішніх факторів — економічної стабільності, податкової політики, доступності кредитів і державного регулювання, а також внутрішніх — фінансового стану, структури капіталу, прибутковості, технічного оснащення, ефективності менеджменту і інноваційного розвитку.

У сучасному економічному середовищі підприємства мають формувати адаптивну та гнучку інвестиційну політику, орієнтовану на довгостроковий розвиток. Водночас слід враховувати ризики, пов'язані з інвестиційними рішеннями, зокрема валютні, ринкові, кредитні, політичні та технологічні. Ефективне управління ризиками передбачає їх своєчасну ідентифікацію, оцінку й використання механізмів страхування або диверсифікації портфеля інвестицій.

В Україні розвиток інвестиційної діяльності підприємств залишається обмеженим через нестабільність макроекономічної ситуації, високі кредитні ставки, низьку довіру інвесторів, обмежені фінансові ресурси, недосконалі податкові стимули, слабку інноваційну активність та недостатню державну підтримку. Після повномасштабного вторгнення Росії та введення воєнного стану інвестиційні потоки були переорієнтовані на оборону та відновлення, що знизило привабливість для іноземних інвесторів. За даними Ministry of Economy of Ukraine, обсяг капітальних інвестицій підприємств у 2022 році становив 409 660,0 млн грн, а іноземні прямі інвестиції — USD 50 986,7 млн. [3] У цей період з'являються нові напрями вкладень — відновлення інфраструктури,

оборонний сектор, цифрова трансформація, публічно-приватне партнерство та механізми військового страхування інвестицій, що одночасно відкриває можливості й підвищує ризики.

Військовий стан стимулює появу так званих “інвестицій відновлення” для відбудови зруйнованої інфраструктури, житла та енергетики, що створює перспективу зростання інвестиційної активності після стабілізації. Наразі ж через військову небезпеку, анексії територій, ризики мобілізації та порушення логістики багато підприємств відкладають великі капіталовкладення. Поєднання військових ризиків із традиційними економічними бар’єрами формує двоякий ефект: потреба в інвестиціях висока, проте готовність бізнесу вкладати кошти — обережна. Ці фактори знижують мотивацію до інвестування та уповільнюють оновлення основних засобів, навіть за наявності міжнародної підтримки. В умовах воєнного стану важливими є гарантії безпеки для інвесторів, прозорість фінансування, гнучкість правового середовища та здатність підприємств швидко реагувати на зміни. Тому інвестиційна стратегія має враховувати не лише рентабельність, а й ризики мобілізації, відновлення та можливі військові втрати. Аналіз інвестиційної діяльності в цей період стає ключовим інструментом для прийняття управлінських рішень і забезпечення стійкості бізнесу.

У 2022 році (після початку повномасштабної війни) обсяг інвестицій різко скоротився, але вже у 2023–2024 рр. спостерігається поступове відновлення завдяки державним і міжнародним програмам підтримки, відбудові інфраструктури та адаптації бізнесу до воєнних умов (рис. 1).



Рис. 1. Динаміка капітальних інвестицій в Україні індивідуальна розробка на основі (2019-2024 рр.) [3]

Підвищення ефективності інвестиційної діяльності передбачає вдосконалення фінансового планування, розробку чіткої інвестиційної стратегії, підвищення аналітичного забезпечення рішень, залучення зовнішніх інвесторів та розвиток партнерських програм. Доцільним є застосування сучасних методів оцінки ефективності проєктів, цифровізація управлінських процесів і прозорий контроль за використанням фінансових ресурсів.

Рациональне управління інвестиціями забезпечує фінансову стійкість підприємства, сприяє інноваційному розвитку, конкурентоспроможності та економічному зростанню. Аналіз інвестиційної діяльності дозволяє оцінити поточний стан і перспективи розвитку, оптимізувати структуру капіталу та підвищити довгострокову стабільність підприємства, забезпечуючи його конкурентні переваги.

Література

1. Бланк І. О. *Інвестиційний менеджмент*. – К.: Ніка-Центр, 2020. – 528 с.
2. World Bank (2024). *Ukraine Country Economic Memorandum: Pathways to Private Investment Recovery*. – Washington, D.C.: World Bank Group.
3. Міністерство економіки України. *Інвестиційна діяльність в Україні: тенденції, показники, державна підтримка* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=7d2b3b4f-8f43-4b42-92a1-faa0a7c1b517&tag=InvestitsiinaDiialnist> (дата звернення: 19.10.2025).

УДК 656:504

О.В. Славута, ст. гр. БМ-31; Л.Я. Малюта, д.е.н., професор

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПЕРЕВАГИ ІНТЕРМОДАЛЬНОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ СТІЙКОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

O.V. Slavuta; L.Ya. Maliuta, Doctor of Economics, Professor

ADVANTAGES OF INTERMODAL LOGISTICS FOR STRENGTHENING THE RESILIENCE OF UKRAINE'S TRANSPORT SYSTEM IN WAR CONDITIONS

У цей непростий час логістична система України стикаються з численними викликами, спричиненими воєнними діями: руйнуванням інфраструктури, обмеженням доступу до окремих транспортних напрямків, зростанням витрат на перевезення та високим рівнем ризиків на окремих ділянках. У таких умовах інтермодальна логістика стає одним із ключових інструментів забезпечення стабільності транспортної системи, оскільки вона дозволяє поєднувати залізничний, автомобільний, морський та повітряний транспорт у єдину систему перевезень. Такий підхід сприяє ефективнішому використанню наявних транспортних ресурсів, допомагає зменшувати витрати та підсилює стабільність перевезень. Інтермодальність стає важливим чинником зменшення залежності від окремих шляхів і підсилює гнучкість логістики.

Метою публікації є дослідження ролі інтермодальної логістики у зміцненні транспортної системи України під час війни шляхом аналізу переваг поєднання різних видів транспорту, їхнього впливу на стійкість логістичних маршрутів та визначення умов, за яких інтермодальний підхід є найбільш ефективним.

Питання зміцнення стійкості транспортної системи України в умовах війни активно досліджується українськими науковцями. Зокрема, Целлер В. і Крамський С.[1] аналізують інноваційні підходи до розвитку інтермодальних систем, спрямованих на підвищення стійкості та адаптивності транспортної інфраструктури. Малюта Л., Яковчук Б. та Балусевський К. [2-3] підкреслюють важливість інтеграції різних видів транспорту, зокрема залізничного та водного, для забезпечення ефективності й гнучкості доставки вантажів в умовах війни, зазначають, що у цих умовах власне інтермодальна логістика стає стратегічним інструментом інтеграції України до європейського економічного простору та транс'європейської транспортної мережі. Фалович Н. та Дубчак О. [4] наголошують на значенні використання штучного

інтелекту й цифрових технологій у логістиці, що сприяє оптимізації маршрутів і зниженню витрат, що є особливо актуальним для підтримання стабільності транспортної системи під час воєнних викликів.

Таким чином, підсумовуючи проведені дослідження, можна визначити, що інтермодальна логістика – це система управління транспортними потоками, яка поєднує різні види транспорту для забезпечення максимальної ефективності та надійності перевезень. В умовах війни саме вона забезпечує гнучкість у виборі маршрутів, дозволяє адаптуватися до змін у транспортній інфраструктурі, мінімізує ризики та сприяє стійкості транспортної системи України.

В умовах війни для України інтермодальна логістика стає ключовим чинником підвищення стійкості транспортної системи України. Вона передбачає організацію перевезення вантажів із послідовною передачею їх між різними видами транспорту: автомобільним, залізничним, водним і повітряним. Завдяки поєднанню різних видів транспорту забезпечується максимальна ефективність доставки, гнучкість маршрутів та можливість швидко адаптуватися до змінних умов на транспортних шляхах.

Інтермодальна логістика дозволяє мінімізувати ризики простоїв і затримок, які часто виникають через пошкодження транспортної інфраструктури або зміну безпекової ситуації. Це досягається завдяки можливості оперативно перенаправляти вантажі між альтернативними маршрутами і різними видами транспорту, що забезпечує безперервність постачання навіть у найскладніших умовах. Такий підхід дає змогу значно знизити залежність від окремих транспортних коридорів, що особливо важливо в умовах війни, коли інфраструктура може бути цілеспрямовано зруйнована або тимчасово недоступна [1].

Окрім того, інтеграція цифрових технологій і штучного інтелекту у процеси управління інтермодальними перевезеннями значно підвищує точність планування маршрутів і оптимізує використання ресурсів. Завдяки алгоритмам штучного інтелекту можна передбачати і враховувати потенційні ризики, оцінювати варіанти маршрутизації та приймати рішення в реальному часі на основі актуальних даних. Системи моніторингу вантажів і транспортних засобів дають можливість оперативно реагувати на будь-які зміни в логістичній мережі, а також попереджати про можливі затримки чи загрози [4]. Така технологічна підтримка значно підвищує якість і безпеку перевезень, що є критично важливим у воєнний період, коли кожна хвилина має значення.

Не менш важливим є те, що Україна має унікальне географічне положення, яке створює передумови для формування потужного логістичного хабу в Європі. Незважаючи на значні руйнування транспортної інфраструктури внаслідок бойових дій, країна активно адаптується до нових реалій, що проявляється у розвитку альтернативних транспортних коридорів, зокрема тих, що з'єднують Україну з країнами Балтії та Чорного моря [2;3].

Таким чином, узагальнюючи результати досліджень, можна стверджувати, що інтермодальна логістика формує надійний і адаптивний фундамент для подолання сучасних викликів, зміцнення транспортної системи та забезпечення подальшого економічного зростання України. Вона створює стратегічні передумови для розвитку держави як важливого логістичного вузла Європи, сприяє підвищенню конкурентоспроможності та розширює можливості для інтеграції у міжнародні транспортні мережі. Упровадження інтермодальних рішень має стати одним із ключових пріоритетів державної політики та бізнес-стратегій, адже саме цей підхід відкриває нові перспективи для сталого розвитку країни в умовах воєнних та поствоєнних викликів.

Література

1. Целлер В., Крамський С. Аналіз інтермодальної логістики у вимірі інновацій в умовах турбулентності під час війни. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. Вип. 1(16). С. 81–87. URL: <https://doi.org/10.32782/dees.16-12>
2. Малюта Л. Я., Яковчук Б. О., Балушевський К. Р. Перспективні напрями розвитку логістики України. *Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції пам'яті почесного професора Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, академіка НАН України Миколи Григоровича Чумаченка: «Наука, інновації, бізнес: проблеми, перспективи і сьогочасні тренди розвитку»*, 26 травня 2023 року. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. С. 71–73.
3. Малюта Л., Балушевський К. Розвиток інтермодальної логістики Україна – ЄС у контексті інтеграції до транспортної мережі Ten-t. *Економічний аналіз*. 2025. №3. 2025. С.50-63.
4. Фалович Н., Дубчак О. Впровадження штучного інтелекту в логістиці: майбутнє логістичної галузі. *Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Маркетингові технології підприємств в сучасному науково-технічному середовищі»*, 30 листопада 2023 року. Тернопіль : ТНТУ, 2023. С. 143–144.

УДК 338

О.А. Собко, ст. гр. ПП-41; І.Г. Химич, к.е.н., доцент

(Тернопільський національний технічний університет, імені Івана Пулюя, Україна)

МАЙНОВИЙ СТАН ТОВ «ПИВОВАРНЯ «ОПІЛЛЯ» ЯК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНЯ ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ

О.А. Sobko, st. gr. PP-41; I.G. Khymych, Ph.D., Assoc. Prof.

PROPERTY STATE OF LLC «PYVOVARNIA «OPILLIA» AS A SECURITY OF THE LEVEL OF PAYMENT CAPACITY

Власне, на теперішній час, майновий стан будь-якого із підприємств у державі потребує чіткої оцінки, контролю та всестороннього вдосконалення. Адже, саме за допомогою правильно сформованого опису майнового стану та, на цій основі, чітко прописаної загальної стратегії дій на перспективу, на підприємстві буде можливість не тільки ефективно вести свою діяльність, але й забезпечити позитивні результати від такого функціонування на майбутнє із врахуванням накопичення необхідної кількості фінансово-економічних ресурсів тощо.

Чітка та поетапна організація щодо наявності, застосування та реалізації майна на підприємстві значно впливатиме і на його стан й рівень платоспроможності. Все це буде значно відображатися у взаємозв'язку між цими фінансовими показниками, які мають вплив один на одного та є дуже взаємозалежними. І, якщо один із них зазнає певних негативних впливів, то інший це відчуватиме, що відобразиться на спадній тенденції його результатів. А, оскільки, за сучасного стану бізнесу, рівень платоспроможності виступає важливим індикатором правильно організованої діяльності та грамотного управління, то на даний показник, в першу чергу, варто звернути увагу та постійно координувати дану бізнес-ситуацію.

В сучасних конкурентних умовах ведення бізнесу, що характеризуються значною жорсткістю та наявністю різноманітних негативних впливів від ряду чинників, які доволі важко спрогнозувати, на підприємстві доцільно більше уваги приділяти його фінансовому стану, а саме:

- 1) існуючій фінансово-економічній політиці координування та управління;
- 2) рівню фінансово-економічної безпеки організації в цілому;
- 3) загальному фінансово-економічному забезпеченню діяльності;
- 4) наявності сформованої фінансової «подушки безпеки»;
- 5) можливості формування фінансово-економічного резерву;
- 6) наявних кредитів та інших боргових зобов'язань;
- 7) наявності активної частини матеріально-технічного забезпечення;
- 8) інше.

Дослідивши стан майнового забезпечення ТОВ «Пивоварня «Опілля» варто зауважити, що на даному підприємстві проводиться грамотний підхід та здійснюється якісний контроль за даною ситуацією, а також і те, що тут постійно застосовуються всі необхідні заходи та завдання, основна мета яких націлена на забезпечення та підтримку ефективної діяльності даного підприємства як на даний час, так і на перспективу, підтримуючи достатній рівень конкурентної переваги як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

На рис. 1 відображено взаємовплив та основні тенденції змін результатів таких основних фінансових показників, що характеризують майновий стан та майнове забезпечення на досліджуваному ТОВ «Пивоварня «Опілля», як: коефіцієнт реальної вартості основних засобів, коефіцієнт зносу основних засобів, коефіцієнт придатності основних засобів та частка основних засобів, що наявна в активах.

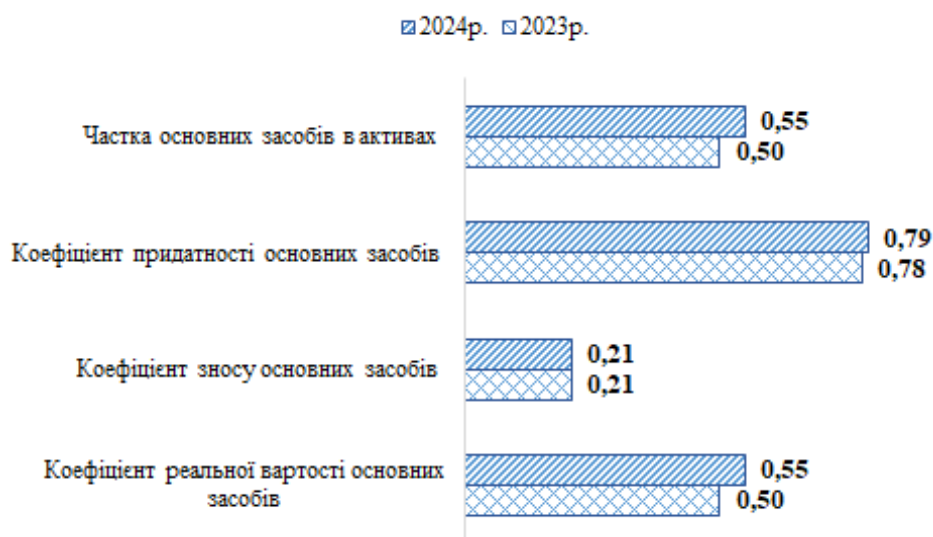


Рисунок 1. Динаміка результатів фінансових показників, що характеризують стан майнового забезпечення діяльності ТОВ «Пивоварня «Опілля»

Отримані результати проаналізованих фінансових показників [1; 2] свідчать про наступне:

1) значення коефіцієнта реальної вартості основних засобів є такими: за 2023 р. – 0,50 пунктів, за 2024 р. – 0,55 пунктів; отримана тенденція відображає зростання цього показника протягом 2024 р. (+0,05 пункти) відносно його результату за 2023 р., що, у свою чергу, свідчить про ведення ефективної діяльності на досліджуваному підприємстві протягом визначеного періоду;

2) значення коефіцієнта зносу основних засобів є такими: за 2023 р. – 0,21 пункт, за 2024 р. – 0,21 пункт; отримана тенденція відображає стабільність результаті цього показника протягом 2023-2024 років на одному рівні (0,21 пункт, відповідно), дана тенденція говорить про проведення високоефективного контролю та чітких

координаційних дій щодо підтримки власної матеріально-технічної бази на цьому підприємстві протягом визначеного періоду;

3) значення коефіцієнта придатності основних засобів є такими: за 2023 р. – 0,78 пунктів, за 2024 р. – 0,79 пунктів; отримана тенденція відображає зовсім незначне зростання цього показника протягом 2024 р. (+0,01 пункт) відносно його результату за 2023 р., що вказує на наявність досить значного рівня придатності матеріально-технічного забезпечення на досліджуваному підприємстві протягом визначеного періоду для його успішної як теперішньої діяльності, так і хороші перспективи зберігаються для його майбутнього функціонування в цілому;

4) значення частки основних засобів в активах підприємства є такими: за 2023 р. – 50 %, за 2024 р. – 55 %; отримана тенденція відображає незначне зростання цього показника протягом 2024 р. (+5 %) відносно його результату за 2023 р., не дивлячись на це, варто зазначити, що такі результати розцінюються як досить хороші умови для забезпечення й підтримки істотно високого рівня щодо виробничо-господарського потенціалу на даному підприємстві.

Отже, можна зробити висновок, що отримані результати фінансових показників відображають позитивні тенденції щодо майнового стану на ТОВ «Пивоварня «Опілля», а значить і для підтримки достатнього рівня власної платоспроможності.

Література

1. Фінансова звітність ТОВ «Пивоварня «Опілля» за 2023 рік.
2. Фінансова звітність ТОВ «Пивоварня «Опілля» за 2024 рік.

УДК 338.13

Ю. Сороцький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ МАРКЕТИНГУ В СФЕРІ ОПТОВОЇ ТА РОЗДРІБНОЇ ТОРГІВЛІ

Yuriy Sorotsky

MARKETING FEATURES IN WHOLESALE AND RETAIL TRADE

У сучасних умовах оптова та роздрібна торгівля динамічно розширює свій вплив, особливо в сегменті збуту продовольчих товарів. Діяльність підприємств цієї сфери дає змогу вирішувати широкий спектр завдань:

- формування ефективних товарних потоків,
- організація надійних і швидких поставок від виробника до кінцевого споживача з мінімізацією витрат обігу,
- стимулювання попиту на нові товари та їх просування на ринок.

Крім того, оптові та роздрібні компанії створюють необхідні умови для управління товарними запасами та їх збереження, сприяють розвитку конкурентоспроможності й мотивують національних виробників до виведення на ринок інноваційних продуктів.

Варто зауважити, що оптова торгівля відрізняється від роздрібною як за обсягами, так і за колом клієнтів. Ось стисле пояснення:

- Оптова торгівля — це купівля та продаж товарів великими партіями, орієнтована не на кінцевого споживача, а на роздрібних торговців, промислових або комерційних користувачів, державні установи чи інших посередників.

- Оптові посередники (комісіонери, брокери, агенти, ФОП тощо) допомагають здійснювати операції, але часто самі не стають власниками товару.

- Є також торгові групи чи організації, які купують товари у власність і перепродають їх своїм членам з мінімальною націнкою.

- Фактично, через оптову торгівлю може реалізовуватися майже будь-який товар, але тільки частина цих товарів далі потрапляє у роздрібну торгівлю, тобто безпосередньо до кінцевих покупців.

Основні відмінності між оптовою та роздрібною торгівлею наведено в табл.1:

Таблиця 1

Основні відмінності між оптовою та роздрібною торгівлею

Ознака	Оптова торгівля	Роздрібна торгівля
Клієнти	Роздрібні торговці, промислові та комерційні користувачі, державні органи, інші посередники	Кінцеві споживачі (населення)
Обсяги закупівель	Великі партії товарів	Невеликі обсяги, зазвичай у штуках або малих кількостях
Мета	Подальший перепродаж або використання у діяльності	Задоволення особистих потреб покупців
Націнка	Низька, компенсується великим обсягом продажу	Вища, бо покриває витрати на обслуговування покупців
Характер угод	Договори з посередниками, оптовими покупцями, підприємствами	Продаж безпосередньо населенню
Приклади	Оптові бази, дистриб'ютори, брокери, комісіонери, торгові групи	Магазини, супермаркети, онлайн-магазини, торгові точки

Оптова торгівля є одним із найприбутковіших видів економічної діяльності в Україні. Вона тісно пов'язана з іншими галузями, стимулюючи розвиток національного виробництва, сільського господарства та суміжних секторів. Компанії цього ринку забезпечують суттєві надходження до державного бюджету, що підкреслює їхнє стратегічне значення для економіки країни.

Сьогодні оптовий сектор динамічно нарощує свій вплив, особливо у сфері збуту продовольчих товарів. Основними завданнями його діяльності є формування ефективних товарних потоків, організація швидких і надійних поставок від виробника до кінцевого споживача з мінімальними витратами, управління запасами та їх збереження. Важливим напрямом також є стимулювання попиту на нові товари та просування інноваційної продукції на ринок.

Сфера оптової та роздрібної торгівлі охоплює не лише товари споживчого призначення, а й широкий спектр ресурсів: обладнання та спеціалізовані механізми,

сировину, паливо, енергетичні й хімічні продукти. Така багатогалузевість робить її одним із ключових елементів системи [1, с. 15].

Незважаючи на всі труднощі та надзвичайні обставини, сектор оптової та роздрібної торгівлі зумів адаптуватися до викликів повномасштабної війни, відновити діяльність та продовжити функціонування. Компанії провели масштабні трансформації, оптимізували бізнес-процеси, запровадили нові підходи до організації роботи та методи управління на оптових та роздрібних ринках. Частина підприємств налагодила співпрацю з іноземними постачальниками, що дозволило компенсувати втрати внутрішніх ресурсів та забезпечити безперервність поставок.

На українському оптовому та роздрібному ринках функціонує велика кількість підприємств із різними формами власності та масштабами діяльності. Їх класифікація здійснюється за низкою критеріїв, серед яких:

- Організаційно-правова форма – підприємства можуть діяти як приватні, колективні чи державні структури, що визначає їхню специфіку управління та регулювання.

- Функціональний рівень – компанії займають різні позиції в системі товароруку: від виробників-дистриб'юторів до незалежних посередників та спеціалізованих операторів.

- Місце у процесі просування товарів – оптові компанії виконують функції посередників між виробниками та роздрібною торгівлею, формуючи ефективні логістичні ланцюги та сприяючи оптимізації витрат.

Різноманітність підприємств у цій сфері забезпечує гнучкість оптового та роздрібного ринку, його здатність швидко реагувати на зміни попиту та економічних умов, а також створює конкурентне середовище, що стимулює підвищення якості послуг та розвиток нових стратегій.

Таким чином, маркетинг у сфері торгівлі спрямований на створення цінності для покупця і формування конкурентних переваг підприємства. В оптовій торгівлі важливими є стабільність поставок, договірні відносини та оптимізація логістики, тоді як у роздрібній – ключове значення мають дослідження потреб населення, імідж бренду, якість обслуговування та активні інструменти просування.

Література.

1. Торговельний маркетинг: метод. рекомендації / уклад.: І.М.Буднікевич, В.А. Нікульча, Н.В. Романюк. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2024. 64 с.

УДК 657

С.М. Співак д.е.н., проф.; Ю.А. Муравель

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ОБЛІКУ ГРОШОВИХ КОШТІВ НЕКОМЕРЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

S. Spivak Dr. Sc., Prof.; Yu. Muravel

FEATURES OF ACCOUNTING FOR CASH IN A NON-PROFIT ENTERPRISE

Для некомерційних підприємств (НПО, благодійних організацій, комунальних, бюджетних установ тощо) грошові кошти становлять надзвичайно важливий ресурс, що забезпечує їх функціонування. Умови діяльності таких організацій полягає у цільовому фінансуванні, надходженні благодійних внесків, грантів, бюджетних

асигнувань, що зумовлює підвищену увагу до їх обліку, аналізу та аудиту. Незалежно від комерційної чи некомерційної мети, кошти повинні використовуватися прозоро, з належним контролем і звітністю. Грошові кошти — це актив, що характеризується високою ліквідністю, зокрема, це готівка, кошти на поточних рахунках банку, інші еквіваленти. Для некомерційного підприємства грошові кошти — це окремий, надзвичайно важливий об'єкт обліку, і методика має бути адаптована з урахуванням специфіки діяльності підприємства [1].

Організація обліку грошових коштів на некомерційному підприємстві складається з кількох етапів, а саме:

1. Первинний та синтетичний/аналітичний облік. Усі операції надходження або вибуття коштів повинні документуватися — прибутковими та видатковими касовими ордерами (якщо операції готівкові), або через банківські виписки для безготівкових транзакцій. Для синтетичного обліку коштів зазвичай використовуються рахунки, що відповідають готівці в касі та коштам на банківських рахунках. Залежно від обраної облікової політики, може вестися детальний аналітичний облік: за напрямками надходжень (благодійні внески, гранти, членські внески, бюджетні кошти тощо), за призначенням витрат, за джерелами коштів, що дає змогу забезпечити прозорість і звітність. Це особливо важливо для некомерційних підприємств.

2. Формування фінансової звітності та внутрішньогосподарський контроль. На підставі облікових реєстрів готують звіти про залишки коштів, рух грошових коштів, виконання кошторисів чи бюджетів організації. Це дозволяє аналізувати, як кошти надходили та куди були спрямовані. При цьому внутрішній контроль включає перевірку правильності ведення первинних документів, актуальності залишків, відповідності операцій до затверджених планів/кошторисів, контролю за зберіганням готівки (ліміти каси, матеріальна відповідальність, безпечне зберігання).

3. Аналіз грошових коштів та їх руху, що передбачає оцінку ліквідності організації, структури коштів (готівка/безготівка), динаміки надходжень і вибуття, ефективності використання ресурсів. Як правило, для аналізу використовують звіт про рух грошових коштів і показники, які дозволяють визначити, чи достатньо коштів для виконання статутних завдань, чи є ризики нестач, чи є надлишки, їх оптимальне використання. Можливий факторний аналіз ліквідності із врахуванням грошових потоків: надходження/видатки по операційній, інвестиційній чи фінансовій діяльності (за наявності відповідних напрямів) [1, 2, 4].

Аудит грошових коштів передбачає перевірку фактичних залишків у касі та на рахунках, правильності документального оформлення операцій, відповідності облікових записів первинним документам. Аудитор (внутрішній або зовнішній) перевіряє: наявність і актуальність залишків, дотримання вимог до зберігання готівки (ліміти, матеріальна відповідальність), правильність ведення облікової політики, своєчасність і правильність документального оформлення надходжень і витрат.

У разі виявлення порушень — встановлюється відповідальність, складаються коригувальні документи, може бути рекомендована зміна процедур, політики, внутрішнього контролю [3].

Таблиця 1. Етапи проведення аудиту грошових коштів

Етап	Зміст
1. Первинна документація	Оформлення прибуткових/видаткових касових ордерів, банківських виписок, інших платіжних документів.
2. Синтетичний та аналітичний облік	Записи на рахунках: каса, банківські рахунки; аналітика за джерелами коштів, напрямками витрат.

Етап	Зміст
3. Ведення облікових регістрів і контролю	Касова книга, журнали/ордера, внутрішній контроль, інвентаризації, ліміти готівки.
4. Формування звітності і аналіз	Звіт про залишки, звіт про рух коштів, аналіз ліквідності, аналіз джерел і напрямів коштів.
5. Аудит (внутрішній/зовнішній)	Перевірка відповідності обліку первинним документам, перевірка залишків, процедур контролю, висновки та рекомендації.

Для забезпечення прозорості, відповідальності та ефективності використання ресурсів, незалежно від джерел їх надходжень (членські внески, гранти, благодійні пожертви, бюджетні кошти) необхідно впровадити чітку систему обліку: від первинних документів до синтетичного та аналітичного обліку; забезпечити належний внутрішній контроль над готівкою та банківськими коштами (матеріальна відповідальність, ліміти, інвентаризації); здійснювати регулярний аналіз руху коштів, структури, ліквідності та ефективності їх використання; а також проводити аудит — внутрішній або зовнішній — з перевіркою залишків, документації, облікової політики, що дає змогу виявити помилки або ризики, виправити їх, підвищити довіру до організації.

Для некомерційного підприємства таке комплексне ведення обліку і контролю грошових коштів — запорука стабільності, прозорості, можливості планування та виконання своїх статутних завдань.

Література

1. Про затвердження Методичних рекомендацій з бухгалтерського обліку для суб'єктів державного сектору : наказ Міністерства фінансів України від 23.01.2015 р. №11. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0011201-15#Text>.
2. Сілівончик, О., Скрипник, М. Організація обліку та методика аудиту грошових коштів на підприємстві. *Економіка та суспільство*. 2011, № 29. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-29-42>
3. Співак С., Королюк Т., Капустяк Р., Сушинський В. Удосконалення механізму управління витратами підприємства в сучасних умовах. Галицький економічний вісник. 2025. Том 94. № 3. С. 49–56. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.03.049
4. Стратегії модернізації бухгалтерського обліку системи бухгалтерського обліку та фінансової звітності в державному секторі на період до 2025 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.06.2018 р. № 437-р. Верховна Рада України. Законодавство України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/437-2018-%D1%80#Text>.

УДК 657

С.М. Співак д.е.н., проф.; Г.І. Фойт

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗВІТНОСТІ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ДЕРЖАВНОГО СЕКТОРА

S. Spivak Dr. Sc., Prof.; H. Foit

FEATURES OF REPORTING FOR PUBLIC SECTOR ENTERPRISES

Складання звітності для підприємств державного сектору має свої специфічні особливості, обумовлені як законодавчими вимогами, так і характером їх діяльності. На відміну від приватних компаній, бюджетні установи, державні та комунальні підприємства зазвичай мають справу з бюджетними коштами, цільовим використанням ресурсів, підзвітністю перед державою чи громадою. Саме тому звітність має не лише показувати фінансові результати, але й забезпечувати прозорість, контроль за використанням коштів, інформувати про виконання статутних або бюджетних завдань.

Основним нормативно-правовим актом, що регулює бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні для суб'єктів державного сектору використовують НП(С)БО 101 «Подання фінансової звітності», затверджений наказом Міністерство фінансів України. Згідно з цим стандартом, фінансова звітність державних установ складається за формами № 1-дс — 5-дс: баланс, звіт про фінансові результати, звіт про власний капітал, звіт про рух грошових коштів та примітки до річної звітності. А подання звітності регламентується Порядком подання фінансової звітності (постанова КМУ № 419 від 28.02.2000р.) [1].

Таким чином, державне підприємство має дотримуватись чітко визначених форм і строків подання звітності, що забезпечує єдність підходів, прозорість і можливість контролю.

Таблиця 1. Основні компоненти звітності державного сектору

Форма звітності	Призначення
Баланс (форма 1-дс)	Відображає майно, зобов'язання і власний капітал на певну дату — показує фінансовий стан.
Звіт про фінансові результати (форма 2-дс)	Відображає доходи і витрати, результати діяльності за період.
Звіт про власний капітал (форма 3-дс)	Демонструє зміни у власному капіталі за звітний період.
Звіт про рух грошових коштів (форма 4-дс)	Показує надходження і використання грошових коштів — важливий для аналізу ліквідності.
Примітки до річної звітності (форма 5-дс)	Містять додаткову інформацію, пояснення, розкриття суттєвих аспектів — забезпечують повноту і зрозумілість звіту.

Така структура фінансової звітності дозволяє зафіксувати як фінансовий результат, так і рух ресурсів, що особливо актуально для бюджетних чи державних установ, які оперують коштами державного чи місцевих бюджетів [2].

Основні особливості та відмінності складання та подання звітності державними підприємствами:

1. **Цільове використання коштів і бюджетна підзвітність.** Державні та бюджетні установи мають на меті не максимізацію прибутку, а виконання певних функцій або завдань — надання послуг, реалізація проєктів, виконання державних/комунальних функцій. Тому звітність має містити інформацію про джерела надходжень (асигнування, бюджетні кошти, спеціальні фонди) та напрямки їх використання.

2. **Спеціальні вимоги до розкриття інформації.** Примітки до річної фінзвітності дозволяють пояснити, як використовувались бюджетні асигнування, на що направлені кошти, які є зобов'язання, наявні ризики, а також дають контекст до цифр (наприклад, зміни у власному капіталі, резерви, зобов'язання перед бюджетом тощо).

3. **Особливості обліку у державному секторі.** Установи державного сектору ведуть облік відповідно до НП(С)БО 101, це зумовлено специфікою їх діяльності — управління бюджетними ресурсами, майном держави чи територіальної громади, контроль ефективності, цільового використання коштів.

4. **Аудит та перевірка.** Згідно з коригуваннями до законодавства, деякі державні підприємства (наприклад, у формі державного унітарного підприємства) підлягають обов'язковому зовнішньому аудиту.

5. **Строки та подання звітності.** Для державного сектору річна звітність складається за бюджетний (звітний) період — зазвичай календарний рік (з 1 січня по 31 грудня). Новостворені суб'єкти подають звіт за фактичний період діяльності — з дати створення до кінця звітного року [4].

Інформація у фінансовій звітності розкривається у розрізі надходжень коштів за окремими видами діяльності (рис.1.)

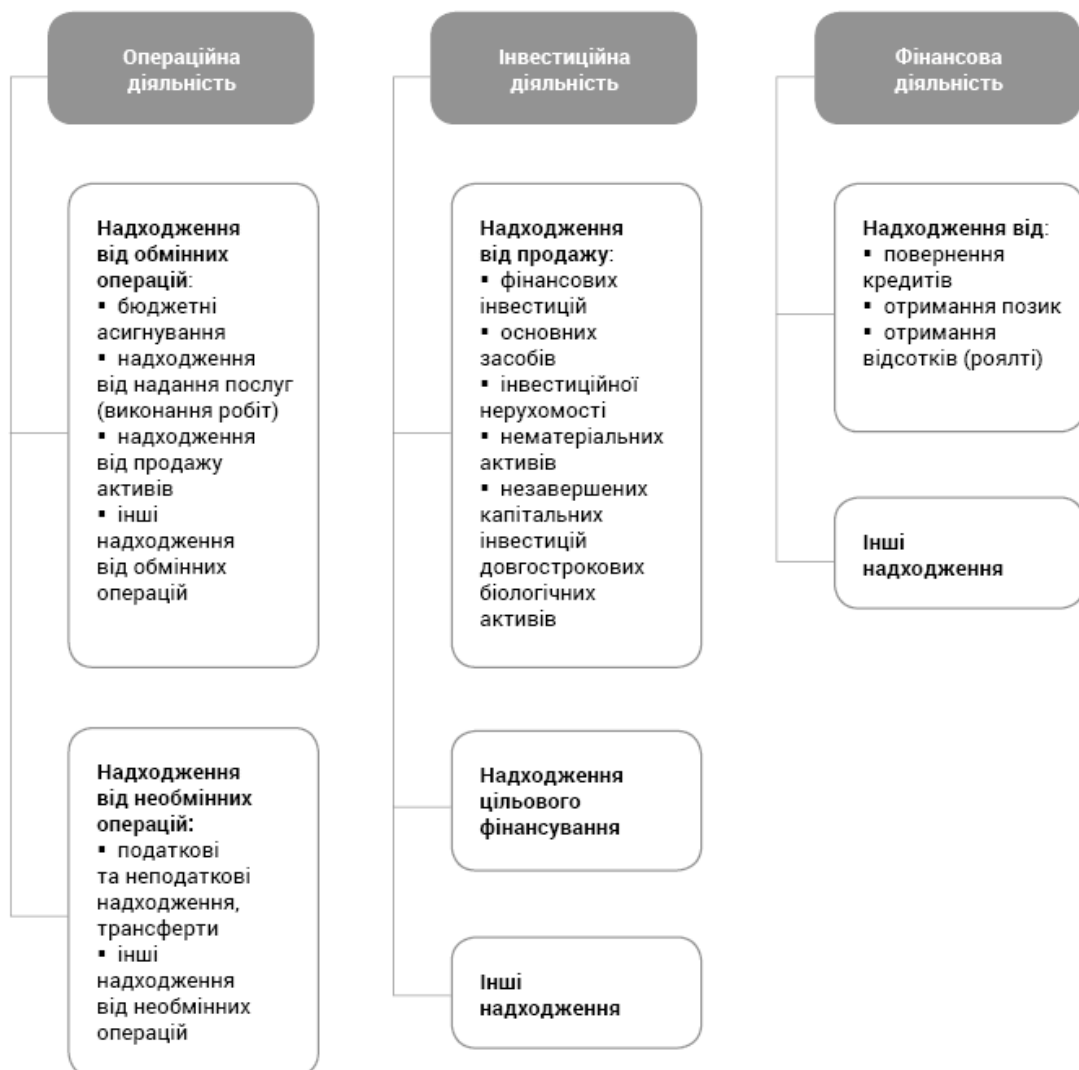


Рис. 1. Надходження коштів за видами діяльності державних підприємств

Процес формування фінансової звітності, враховуючи особливості державного сектора складається з таких етапів:

1. Збір та облік первинних документів — облік доходів, видатків, руху коштів, асигнувань, надходжень, витрат.

2. Обробка даних: запис операцій у бухгалтерських книгах, аналітичний облік доходів, асигнувань, видатків.

3. Формування форм звітності (баланс, звіт про фінансові результати, звіт про рух коштів, звіт про капітал).

4. Підготовка приміток — роз'яснення суттєвих статей, джерел і напрямків коштів, особливостей використання бюджетних асигнувати.

5. Затвердження звіту керівництвом, подання у визначені державні органи, органи Казначейства або інші уповноважені органи.

6. У разі необхідності — проведення зовнішнього аудиту [3].

Таким чином, формування звітності для підприємств та установ державного сектору це — процес, що вимагає уваги до законодавства, дотримання специфічних стандартів та форм, а також прозорості щодо використання ресурсів. Основні цілі такої звітності:

- забезпечення підзвітності перед державними/муніципальними органами, громадськістю;

- контроль за цільовим і ефективним використанням бюджетних коштів;

- демонстрація фінансового стану, результатів діяльності, руху коштів;

- створення передумов для аудиту, оцінки управління, підвищення довіри.

Правильне дотримання стандартів, своєчасне формування та подання звітів, якісні примітки — усе це є запорукою того, що державне підприємство або установа зможе виконувати свої функції максимально ефективно, прозоро та відповідально.

Література

1. Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку в державному секторі 101 «Подання фінансової звітності»: наказ Міністерства фінансів України від 28.12.2009 р. №1541. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0103-10#Text>.

2. Про затвердження Методичних рекомендацій з бухгалтерського обліку для суб'єктів державного сектору : наказ Міністерства фінансів України від 23.01.2015 р. №11. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0011201-15#Text>.

3. Стратегії модернізації бухгалтерського обліку системи бухгалтерського обліку та фінансової звітності в державному секторі на період до 2025 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.06.2018 р. № 437-р. Верховна Рада України. Законодавство України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/437-2018-%D1%80#Text>.

4. Войтко В., Кудіна О., Серікова Т. Проблеми обліково-аналітичного забезпечення грантів як альтернативних джерел фінансування підприємств. Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” (економічні науки). 2019. № 24. С. 81-89. URL: <http://es.khpi.edu.ua/article/view/2519-4461.2019.24.81>.

УДК 664:338.45(477)

Х.Трач, Г.Ціх

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Trach H, Tsikh H.

MODERN CHALLENGES IN THE DEVELOPMENT OF UKRAINE'S FOOD INDUSTRY

Науковий сучасний етап розвитку національної економіки України характеризується функціонуванням у стані екстремальної невизначеності. Харчова промисловість, яка є фундаментальним сектором, що забезпечує продовольчу безпеку та значні валютні надходження від експорту, зіткнулася з безпрецедентним комплексом викликів. Актуальність дослідження полягає в необхідності системного аналізу цих проблем для формування ефективної стратегії відновлення та сталого розвитку галузі [3]. Здатність підприємств адаптуватися до нових умов стає базовою умовою їх виживання та збереження експортного потенціалу.

Інтеграція зовнішніх і внутрішніх шоків безпосередньо позначається на ключових показниках діяльності компаній. Цей вплив можна структурувати за кількома основними векторами.

1. Руйнування виробничих активів та сировинна криза. Внаслідок бойових дій значна частина потужностей (особливо в олійно-жировій, плодоовочевій та м'ясопереробній галузях) була знищена або пошкоджена [1]. Додатковою проблемою є скорочення посівних площ через замінування та окупацію, що призвело до дефіциту сировини та значного здорожчання закупівельних цін. Це змушує виробників шукати альтернативні джерела постачання або релокувати потужності, що вимагає значних інвестицій в умовах обмеженого доступу до кредитування.

2. Логістична криза та обмеження експорту. Блокування ключових морських портів та періодичні ускладнення на західних прикордонних переходах створили логістичний колапс [2]. Переорієнтація на дорогий авто- та залізничний транспорт спричинила зростання логістичних витрат у 3–5 разів. Це критично знижує конкурентоспроможність української продукції на світових ринках, зокрема зерна та продуктів його переробки [3].

3. Енергетична нестабільність та зростання собівартості. Харчова промисловість є енергоємною, а безперебійне електропостачання є критичним для забезпечення технологічних циклів (охолодження, пастеризація). Масштабні обстріли енергетичної інфраструктури змусили підприємства інвестувати в дорогі генератори. Це підвищує собівартість кінцевого продукту, що в умовах падіння купівельної спроможності населення (за деякими оцінками, реальні доходи скоротилися на 25–30%) тисне на внутрішній попит [1].

4. Кадровий голод та необхідність прискореної модернізації. Мобілізація та міграційні процеси призвели до дефіциту кваліфікованої робочої сили. Водночас, євроінтеграційний вектор вимагає прискореної гармонізації стандартів: впровадження систем HACCP, ISO та забезпечення повної простежуваності продукції [2]. Це вимагає модернізації обладнання та навчання персоналу, але реалізується в умовах дефіциту обігових коштів.

Отже, вплив сучасних викликів на харчову промисловість має комплексний характер, охоплюючи виробничий, логістичний та соціально-економічний рівні. Ефективність галузі сьогодні залежить від здатності підприємств до швидкої адаптації та підтримки з боку держави.

Які можуть бути ключові механізми трансформації? Це, насамперед, необхідність інвестицій у глибоку переробку сировини для збільшення доданої вартості, диверсифікація логістичних шляхів та впровадження енергоефективних технологій.

Успішна стратегія розвитку має включати державне страхування воєнних ризиків та пільгове кредитування, орієнтоване на відновлення потужностей у безпечних регіонах. Ігнорування цих проблем призведе до довгострокової втрати конкурентоспроможності на міжнародній арені.

Література:

1. Соціально-економічне становище України у 2023 році : експрес-випуск. Київ : Державна служба статистики України, 2024. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 20.11.2025).
2. Власюк В. В. Вплив війни на агропромисловий комплекс та продовольчу безпеку України. *Економіка та держава*. 2023. № 4. С. 12–18.
3. Стратегія розвитку агропромислового комплексу та сільських територій в Україні до 2030 року. Кабінет Міністрів України. URL: <https://minagro.gov.ua> (дата звернення: 20.11.2025).

УДК 368.914:330.322:336.1

Т.А.Трут

ІНВЕСТИЦІЙНА МОДЕЛЬ ПЕНСІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ ДЕРЖАВИ

T.A.Trut

INVESTMENT MODEL OF PENSION PROVISION AS A TOOL FOR ENHANCING THE FINANCIAL STABILITY OF THE STATE

Сучасна пенсійна система України функціонує в умовах глибоких структурних та демографічних викликів. Запланована на 2025 рік пенсійна реформа передбачає запровадження бальної моделі розрахунку пенсій, відповідно до якої виплати складатимуться з базової та страхової частин. Проте ефективність цієї моделі значною мірою залежить від здатності держави забезпечити достатній фінансовий ресурс у перехідний період, що формує ризики додаткової фіскальної нестабільності.

Однією з ключових проблем солідарної пенсійної системи є виражений демографічний дисбаланс. Нині на одного пенсіонера припадає лише один платник внесків, тоді як економічно обґрунтованим вважається співвідношення не менше 1,5:1. Масштабна трудова міграція, високий рівень тінізації економіки та скорочення чисельності працездатного населення поглиблюють дефіцит Пенсійного фонду. За таких умов солідарна система втрачає ознаки довгострокової стійкості та потребує запровадження альтернативних підходів до пенсійного забезпечення.

Однією з потенційно ефективних альтернатив є інвестиційна модель, що передбачає спрямування частини доходів громадян на формування індивідуального пенсійного капіталу шляхом інвестування у державні облігації, акції, індексні фонди та інші фінансові інструменти під державним контролем. Такий підхід сприяє накопиченню персонального пенсійного ресурсу протягом усього трудового життя, забезпечуючи додаткове джерело стабільного доходу в пенсійному віці.

Аналіз потенціалу інвестиційної моделі засвідчує низку її ключових переваг. По-перше, акумуляція коштів населення у державних цінних паперах створює довгостроковий фінансовий ресурс, що може бути спрямований на реалізацію інфраструктурних та інноваційних проєктів. Це зменшує потребу у зовнішніх запозиченнях та зміцнює макрофінансову стабільність держави. По-друге, участь громадян в інвестиційному процесі сприяє підвищенню рівня фінансової грамотності та розвитку навичок управління особистими заощадженнями.

По-третє, інвестиційна модель забезпечує більш високий рівень фінансової автономії у пенсійному віці, адже майбутні виплати залежать від накопиченого капіталу, а не від поточного стану економіки чи демографічних трендів. Це мінімізує

ризика, пов'язані з коливаннями чисельності працездатного населення, та сприяє стабільності добробуту громадян.

Поступовий перехід до змішаної пенсійної системи, що поєднує солідарні та інвестиційні механізми, здатний зменшити дефіцит Пенсійного фонду й знизити фінансове навантаження на державний бюджет. На початковому етапі частина внесків може продовжувати надходити до солідарної системи, тоді як інша частина — інвестуватися в державні фінансові інструменти. Надалі частку інвестиційної складової доцільно поступово збільшувати, забезпечуючи безпечний і прогнозований перехід до повноцінної накопичувальної моделі.

Отже, інвестиційна модель пенсійного забезпечення є перспективним напрямом модернізації чинної системи. Вона поєднує індивідуальну відповідальність громадян за власне фінансове майбутнє з можливістю держави ефективно управляти залученими ресурсами в інтересах економічного розвитку. Її впровадження може стати стратегічним кроком до формування фінансово стійкої пенсійної системи, здатної забезпечити гідний рівень життя громадян у старості та зміцнити макроекономічну стабільність держави.

Література

1. Тимошик Н.С. Загальний стан та пріоритетні напрями розвитку фінансового ринку в умовах війни. Modern science: challenges of today: Collective monograph. Bratislava, Slovakia, 2023. pp. 89 – 124. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42700/1/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F%20Modern%20science%20FINAL.pdf>
2. Юрчик І.Б. Перспективи розвитку корпоративної соціальної відповідальності страхового бізнесу в Україні. Економіка та суспільство. 2023. Вип. 55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-53> (дата звернення: 12.11.2025).

УДК 339.13

В.А.Фалович, д.е.н., професор; В.Ю.Башняк

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МАРКЕТИНГ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ПІДПРИЄМСТВА

V.Falovych Dr. Prof., V.Bashniak

MARKETING AS A STRATEGIC INSTRUMENT FOR SHAPING ENTERPRISE COMPETITIVE ADVANTAGES

У сучасних умовах ринкової нестабільності, глобалізації та швидкої цифровізації економіки маркетинг трансформується з допоміжної функції у стратегічний елемент управління підприємством. Його роль виходить далеко за межі просування товарів — маркетинг стає основою формування стратегії розвитку, що поєднує аналітичні, інноваційні, комунікаційні та соціально-відповідальні аспекти діяльності. Саме завдяки ефективній маркетинговій політиці підприємство здатне створювати довгострокові конкурентні переваги, які важко відтворити конкурентам.

Ключові напрями впливу маркетингу на формування та зміцнення конкурентних переваг підприємства, систематизуючи інструменти, результати та приклади їх практичної реалізації відобразимо в табл. 1. Кожен із зазначених напрямів виступає

окремим вектором стратегічного розвитку, який забезпечує синергійний ефект у процесі управління маркетинговою діяльністю.

Таблиця 1. Маркетингові інструменти формування конкурентних переваг

Напрямок впливу маркетингу	Інструменти реалізації	Очікуваний результат	Приклад практичного застосування
Стратегічне позиціонування бренду	Розробка унікальної торгової пропозиції, формування іміджу, емоційний брендинг	Зміцнення ринкової ідентичності, підвищення лояльності споживачів	Використання storytelling у комунікаціях для створення емоційного зв'язку з клієнтами
Інноваційний маркетинг	Використання Big Data, аналітики штучного інтелекту, цифрових платформ	Точне прогнозування попиту, скорочення витрат на просування	Впровадження системи автоматизованого аналізу поведінки споживачів
Клієнто-орієнтований підхід	CRM-системи, програми лояльності, омніканальні продажі	Підвищення рівня задоволеності клієнтів і повторних покупок	Впровадження «Customer Journey Map» для покращення клієнтського досвіду
Соціально-відповідальний маркетинг	ESG-стандарти, зелений брендинг, прозора комунікація	Зростання репутаційного капіталу	Використання біоупаковки, участь у соціальних та екологічних ініціативах
Аналітичний маркетинг	Маркетингові дослідження, конкурентний аналіз	Прийняття рішень на основі даних, гнучка адаптація стратегії	Застосування BI-систем для виявлення нових ринкових можливостей

Примітка: розроблено авторами на основі [1,2]

Стратегічне позиціонування бренду виходить за межі сприйняття бренду як символу чи візуального образу. Йдеться про створення системи ціннісних асоціацій, що вкорінюються у свідомості споживачів і визначають емоційну лояльність. Розробка унікальної торгової пропозиції, цілісного іміджу та емоційного брендингу спрямована на формування символічного простору, де бренд стає носієм філософії, стилю життя та культурної ідентичності. Важливу роль відіграє storytelling, що передає цінності бренду через емоційні наративи, поглиблюючи комунікацію та емоційне залучення споживачів.

Блок інноваційного маркетингу відображає технологічний аспект сучасних стратегій. У XXI столітті маркетинг перетворився на високотехнологічну систему, що використовує Big Data, алгоритми ШІ, цифрові екосистеми та автоматизовані платформи. Це дозволяє виявляти закономірності поведінки споживачів, прогнозувати попит, мінімізувати ризики та формувати адресні пропозиції. Інноваційний маркетинг

також передбачає нові формати взаємодії бізнесу і споживача з акцентом на швидкість реагування, персоналізацію та інтелектуалізацію комунікацій, переводячи маркетинг у площину адаптивного управління майбутнім і забезпечуючи стійкість підприємства.

Клієнтоорієнтований підхід набуває особливої ваги, зміщуючи фокус із продуктового мислення на управління відносинами. Він передбачає довгострокові партнерські зв'язки, засновані на розумінні потреб і поведінки споживачів. Використання CRM-систем, програм лояльності та омніканальних стратегій забезпечує персоналізовану взаємодію. «Customer Journey Map» виступає не лише інструментом візуалізації, а методологічним підходом для інтеграції маркетингу, сервісу, логістики та післяпродажної підтримки, формуючи стійку довіру до бренду.

Соціально-відповідальний маркетинг трансформує комерційні цілі у соціально значущі результати. Сучасний споживач очікує демонстрації етичної позиції бізнесу, поваги до екології та прозорості управління. Застосування ESG-стандартів, розвиток зеленого брендингу та участь у соціальних ініціативах стають стратегічними складовими репутаційного менеджменту. Це формує довіру громадськості, підвищує інвестиційну привабливість і створює репутаційний капітал, який важко скопіювати конкурентам.

Завершальним елементом системи є аналітичний маркетинг, що перетворює дані на стратегічні знання. У умовах інформаційного перенасичення здатність ефективно збирати, структурувати та інтерпретувати інформацію стає джерелом конкурентної переваги. Маркетингові дослідження, аналіз ринкових трендів, поведінки споживачів і конкурентного середовища формують основу управлінських рішень. Використання BI-платформ і предиктивної аналітики дозволяє моделювати сценарії розвитку, оцінювати ризики й формувати адаптивні стратегії, роблячи аналітичний маркетинг центральним елементом стратегічного менеджменту підприємства.

Література

1.Шпилик С. В., Фалович В.А. Екомаркетинг як інструмент поліпшення іміджу підприємства. *Соціально-економічні проблеми і держава*. 2012. Вип. 2 (7). С. 289-298.

2.Irtyshcheva, I., Sukhostavets, A., Falovych, V., Kovbasa, O., Liashok, O., & Kolesnik, E. (2021). Modelling the Innovative Competitiveness of an Enterprise with a Change in Investment Provision. *Studies of Applied Economics*, 39 (5). URL: <https://doi.org/10.25115/eea.v39i5.5041>

3.Фалович В.А. Використання засобів логістичної інфраструктури в ланцюгу поставок. *Економіка та суспільство (Електронне наукове фахове видання)* – Мукачєво 2017. Випуск №10, С. 389 – 395. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/10_ukr/68.pdf

УДК 339.13

В.А.Фалович, д.е.н., професор; Б.З. Весна

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПОЛІТИКИ ПРОСУВАННЯ ТОВАРІВ У СИСТЕМІ МАРКЕТИНГУ ПІДПРИЄМСТВА

V.Falovych Dr. Prof., B. Vesna

MODERN APPROACHES TO IMPROVING PRODUCT PROMOTION POLICY WITHIN ENTERPRISE MARKETING SYSTEM

У сучасній економіці, де швидкість інформаційних потоків і мінливість споживчих пріоритетів зростають у геометричній прогресії, політика просування товарів набуває стратегічного значення. Вона визначає не лише спосіб комунікації підприємства зі своєю цільовою аудиторією, а й формує його конкурентоспроможність, ринкову стійкість і рівень споживчої довіри. Ефективність маркетингової системи нині значною мірою залежить від того, наскільки гнучко підприємство реагує на трансформації у поведінці споживачів, технологічні зрушення та структурні зміни в медіасередовищі.

Політика просування – це комплекс заходів, спрямованих на формування попиту, створення позитивного іміджу та стимулювання продажів. Традиційно вона охоплює чотири основні напрями: рекламу, стимулювання збуту, зв'язки з громадськістю та персональний продаж. Проте із розвитком цифрових технологій межі цих інструментів стали розмитими: сучасний маркетинг оперує інтегрованими системами комунікацій, де класичні інструменти взаємодіють із цифровими форматами у єдиному інформаційному полі. В умовах цифровізації бізнесу з'являється необхідність розглядати політику просування як динамічну систему, що адаптується до змін середовища. Вона має ґрунтуватися на комплексному аналізі ринку, поведінкових патернах споживачів і технологічних трендах (табл. 1).

Таблиця 1. Сучасні підходи до вдосконалення політики просування товарів у системі маркетингу підприємства

№ п/п	Напрямок удосконалення	Зміст і практична реалізація	Очікувані результати
1	Інтегровані маркетингові комунікації	Узгодження реклами, PR, стимулювання збуту, digital-каналів у межах єдиної концепції просування.	Формування цілісного брендового іміджу, оптимізація витрат, синергія каналів комунікації.
2	Цифровізація маркетингових процесів	Використання соціальних мереж, SEO, контент- та інфлюенсер-маркетингу, автоматизованих CRM-платформ.	Підвищення охоплення аудиторії, швидке реагування на зміни попиту, точне таргетування.
3	Персоналізація комунікацій	Аналіз споживчих даних, створення індивідуалізованих повідомлень і рекомендацій.	Зростання лояльності клієнтів, підвищення конверсії продажів.
4	Контент-орієнтований маркетинг	Розроблення інформативного, емоційно насиченого та автентичного контенту.	Підвищення довіри до бренду, залучення органічного трафіку.
5	Оmnіканальний підхід	Поєднання онлайн- і офлайн-каналів просування, узгодження комунікацій у всіх точках контакту.	Забезпечення безперервності споживчого досвіду, розширення охоплення ринку.

Примітка: розроблено авторами на основі [1, 2, 3]

Зокрема, особливої уваги потребує інтеграція digital-маркетингу, аналітики великих даних, автоматизації комунікацій та персоналізації пропозицій. Серед актуальних напрямів удосконалення політики просування можна виокремити кілька системних тенденцій. Як свідчить практика, ефективна політика просування нині потребує аналітичного мислення та цифрової компетентності. Роль маркетолога зміщується від простого координатора рекламних активностей до стратегічного

аналітика, здатного прогнозувати поведінку споживачів і приймати рішення на основі даних.

Одним із найважливіших напрямів удосконалення політики просування є персоналізація комунікацій. Вона дозволяє адаптувати рекламні повідомлення до конкретних потреб споживача, враховуючи його попередній досвід, стиль життя, уподобання та навіть емоційний стан. Для цього підприємства активно використовують CRM-системи, алгоритми штучного інтелекту, машинне навчання та автоматизовані аналітичні модулі. Висока ефективність персоналізованих стратегій зумовлена тим, що вони формують відчуття індивідуального підходу до клієнта, зменшують інформаційне перевантаження й підсилюють емоційний зв'язок із брендом. У результаті підвищується ймовірність повторних покупок і формується стійка лояльність до підприємства.

Цифровізація просування дає змогу підприємствам не лише оптимізувати витрати, а й підвищити точність комунікації. Сучасні інструменти – таргетована реклама, SEO, контент-маркетинг, інфлюенсерська співпраця, відеоформати, подкасти – забезпечують широку присутність бренду у віртуальному середовищі. Водночас важливо, щоб цифрові активності були узгоджені з традиційними методами просування. Збалансування онлайн- та офлайн-інструментів створює омніканальну комунікаційну систему, у межах якої споживач отримує єдиний досвід взаємодії з брендом незалежно від платформи. Наприклад, поєднання соціальних мереж із торговими заходами, промоакціями чи дегустаціями дозволяє не лише підсилити вплив на аудиторію, а й зміцнити довіру до підприємства.

Удосконалення політики просування товарів у системі маркетингу підприємства – це не просто модернізація окремих інструментів, а глибока трансформація всієї комунікаційної філософії бізнесу. Сучасні реалії вимагають від підприємств комплексного підходу, що поєднує аналітику, креативність і технологічну інноваційність. Саме гармонійне поєднання цифрових і традиційних інструментів, персоналізація та інтегровані комунікації дозволяють сформувати конкурентні переваги, забезпечити стабільне зростання ринкової частки та підвищити репутаційну стійкість бренду.

Отже, підприємство, яке сприймає політику просування не як набір тактичних дій, а як стратегічний процес формування довготривалих відносин із клієнтами, отримує не лише економічні вигоди, а й стійку позицію на ринку.

Література

- 1.Бакуліна Н.М., Фалович В.А. (2020). Маркетингові технології формування репутації роботодавця в умовах гіг-економіки. *Вчені записки таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «економіка і управління»*. Т.31 (70), № 2, С. 150-153.
- 2.Голда Н., Піняк І., Фалович В. (2020). Моделювання психосоматичних процесів у рекламній діяльності. *Галицький економічний вісник, Том 66. № 5. С. 148-154. URL: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.05.148*
- 3.Фалович В.А. Структурування ланцюга поставок у контексті ідентифікації джерел формування емерджентних властивостей. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Логістика». 2017. № 863. С. 213–232.*

УДК 656:504

А.А. Федорук, ст. гр. БМ-31; Л. Я. Малюта, д.е.н., професор

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ BIG DATA ТА ІoT ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ

A.A. Fedoruk; L. Ya. Maliuta, Doctor of Economics, Professor

INTEGRATION OF BIG DATA AND IoT TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF "GREEN" LOGISTICS AND CARBON FOOTPRINT MONITORING

Як відомо, транспортна індустрія є ключовим елементом у забезпеченні руху продукції, однак її діяльність водночас спричиняє суттєві екологічні виклики. Оскільки логістичні процеси переважно залежать від використання традиційного палива та енергоресурсів, що мають обмежений характер, це призводить до значного негативного впливу на довкілля. У цих умовах компанії змушені шукати баланс між економічною ефективністю та екологічною відповідальністю.

Розвиток логістики привів до появи концепції "Зелена логістика 5.0", яка використовує сучасні технології для досягнення екологічної стійкості. У цьому підході, штучний інтелект об'єднує інформацію з датчиків Інтернету речей (IoT), телематичних систем та інших джерел, забезпечуючи прозорість всього ланцюга постачання в реальному часі. ШІ має важливе значення для покращення логістичних процесів з метою зменшення споживання енергії, викидів шкідливих речовин та кількості відходів, сприяючи таким чином ключовим завданням екологічної логістики.

Сучасні науковці у своїх працях комплексно розкривають підходи до екологізації логістики та зниження вуглецевого сліду. Наприклад, З. Герасимчук і А.Прокопенко [1]. наголошують на значенні зеленої логістики як інструменту сталого розвитку, тоді як М. Заяць і В. Новак [2] підкреслюють роль технологій Big Data та IoT у підвищенні екологічної ефективності ланцюгів постачання. Своєю чергою, В. Іванов і О. МIRONYUK [3] акцентують на концепції «Логістика 5.0» та її впливі на скорочення вуглецевих викидів, а Коваль А. [4]. пропонує методичні підходи до точного обліку парникових газів за Score 3 у транспортній логістиці. Сукупно ці дослідження формують наукове підґрунтя для інтеграції цифрових технологій у розвиток екологічно безпечних логістичних систем.

Метою даного дослідження є обґрунтування та розроблення підходів до інтеграції технологій Big Data та Інтернету речей (IoT) у систему «зеленої» логістики 5.0 з метою підвищення прозорості ланцюгів постачання, оптимізації енергоспоживання, точного моніторингу та зниження вуглецевого сліду, а також забезпечення ефективності логістичних процесів відповідно до принципів економіки замкнутого циклу та стратегій досягнення нульових викидів.

Проведені дослідження показали, що використання великих даних та Інтернету речей (IoT) має велике стратегічне значення для розвитку економіки замкнутого циклу. Аналіз великих обсягів даних покращує ефективність ланцюгів постачання в рамках цієї економічної моделі. Це робить більш точними та ефективними такі процеси, як переробка з замкнутим циклом та екологічно відповідальне постачання. Поєднання IoT та великих даних дозволяє компаніям не лише дотримуватися нормативних вимог, а й активно брати участь у реалізації національних та міжнародних стратегій, зокрема, плану дій щодо досягнення нульового рівня викидів вуглецю до 2030 року [2].

В основі екологічної логістики лежить використання сучасних інтелектуальних систем моніторингу активів. Ці системи застосовують комплекс технологій, таких як радіочастотна ідентифікація, глобальне позиціонування та різноманітні датчики, для постійного збору інформації у режимі реального часу. Отримані дані охоплюють не лише географічне положення, а й показники температури, вологості, вібрації та загального стану товарів.

Згодом ці потоки інформації передаються на хмарну платформу. Там відбувається їхнє збереження, опрацювання та вивчення за допомогою інструментів аналізу великих обсягів даних і машинного навчання. Подібна структура дозволяє логістичним підприємствам повністю бачити і керувати своїми ресурсами вздовж усього ланцюга постачання, що має важливе значення для вдосконалення маршрутів і прискорення доставки, а також для ретельного відстеження викидів вуглецю.

Датчики інтернету речей (IoT) відкривають шлях до моніторингу та оптимізації енергоспоживання з винятковою деталізацією. Скажімо, мікроконтролери здатні обчислювати середньоквадратичне значення струму, що застосовується для більш точного визначення впливу на сумарний вуглецевий слід. Такий рівень деталізації має важливе значення для коректного обліку викидів Scope 3 [4].

Поєднання великих даних та Інтернету речей (IoT) є критично важливим для впровадження екологічної логістики 5.0 та результативного відстеження вуглецевого сліду. Ця взаємодія перетворює інформацію про логістику на важливий стратегічний ресурс: IoT надає детальну інформацію в реальному часі, яка, після обробки за допомогою аналізу великих даних (BDA) та штучного інтелекту (AI), стає інструментом для гнучкого планування маршрутів та передбачуваного управління. Це дає змогу суттєво зменшити викиди CO₂ (можливе зниження на 40-50%) та витрати (скорочення транспортних витрат до 40%) [3].

Сучасні технології, наприклад, віртуальні моделі, дають можливість симулювати та розробляти нові системи з акцентом на екологічність (забезпечуючи правильність з першого разу), що має велике значення для зменшення викидів вуглецю у великих та складних комплексах, таких як інтелектуальні порти. Аналіз великих даних не тільки покращує роботу, але й гарантує точну та підтверджену звітність, зменшуючи час перевірок та збільшуючи впевненість зацікавлених сторін.

Отже, інтеграція технологій Big Data та IoT є ключовою умовою розвитку зеленої логістики 5.0, забезпечуючи збирання детальних даних у реальному часі та прозорість ланцюгів постачання. Поєднання цих сучасних технологій підтримує принципи економіки замкнутого циклу та сприяє відповідності міжнародним екологічним стандартам. Цифрові інновації забезпечують значні екологічні та економічні переваги, знижуючи витрати та викиди CO₂. Узгоджене використання зазначених технологій робить логістику стратегічним інструментом сталого розвитку та підвищення конкурентоспроможності компаній.

Література

1. Герасимчук З. В., Прокопенко А. В. Зелена логістика як інструмент забезпечення сталого розвитку. *Економіка та суспільство*. 2020. № 23.

2. Заяць М. І., Новак В. О. Роль Big Data та Інтернету речей у підвищенні екологічної ефективності ланцюгів постачання. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2022. № 1 (305). С. 138–144.

3. Іванов В. Г., Миронюк О. П. Концепція «Логістика 5.0» та її вплив на формування вуглецевого сліду підприємств. *Науковий вісник Ужгородського торговельно-економічного інституту*. 2023. Вип. 1. С. 98–105.

4. Коваль А. П. Методичні підходи до обліку викидів парникових газів за Score 3 у транспортній логістиці. *Екологічний вісник*. 2024. № 4. С. 55–62.

УДК 658

Х. Федчик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИДИ ТА МЕТОДИ ФІНАНСОВОГО АНАЛІЗУ В СУЧАСНІЙ ЕКОНОМІЦІ

Fedchyk Khrystyna

TYPES AND METHODS OF FINANCIAL ANALYSIS IN THE MODERN ECONOMY

Фінансовий аналіз – це процес дослідження, фінансового стану та основних результатів фінансової діяльності підприємства. Метою дослідження є виявлення резервів подальшого підвищення ринкової вартості й забезпечення ефективного розвитку.

В узагальненому вигляді він охоплює три головні напрямки:

- 1) оцінювання фінансових потреб підприємства;
- 2) розподіл грошових потоків залежно від конкретних планів підприємства, визначення додаткових обсягів залучених фінансових ресурсів та каналів їх одержання - кредити, пошук внутрішніх резервів, додатковий випуск акцій, облігацій;
- 3) забезпечення системи фінансової звітності, яка б об'єктивно відображала процеси та забезпечувала контроль за фінансовим станом підприємства. [1]

За організаційними формами проведення виділяють два головні види фінансового аналізу:

- зовнішній фінансовий аналіз – здійснюється сторонніми щодо підприємства аналітиками і ґрунтується на даних публічної фінансової звітності;
- внутрішній фінансовий аналіз – здійснюється аналітиками підприємства і використовує всю достовірну, в тому числі й оперативну, інформацію про підприємство, якою володіє лише певне коло осіб (як правило, керівництво підприємства та його підрозділів).

Тобто, внутрішній і зовнішній фінансовий аналіз доповнюють один одного і разом дають реальну картину надходження, стану і використання фінансових ресурсів на підприємстві.

За обсягом дослідження виділяють такі види фінансового аналізу:

- повний фінансовий аналіз – здійснюється з метою комплексного вивчення всіх аспектів фінансової діяльності підприємства;
- тематичний фінансовий аналіз – обмежується вивченням окремих аспектів фінансової діяльності підприємства.

За об'єктами аналізу розрізняють наступні види фінансового аналізу:

- аналіз фінансової діяльності підприємства в цілому;
- аналіз фінансової діяльності окремих структурних одиниць та підрозділів підприємства;

- аналіз окремих фінансових операцій.

За термінами та цілями проведення розрізняють такі види фінансового аналізу:

- попередній (ретроспективний) фінансовий аналіз – пов’язаний з вивченням умов фінансової діяльності підприємства в цілому чи здійснення окремих фінансових операцій;

- поточний (оперативний) фінансовий аналіз – здійснюється в процесі поточної фінансової діяльності з метою оперативного впливу на результати фінансової діяльності підприємства;

- прогнозний (перспективний) фінансовий аналіз – здійснюється аналітиками підприємства за прогнозними (очікуваними) даними у порівнянні з даними відповідного звітного періоду. Такий аналіз дає змогу більш глибоко і повно проаналізувати фінансовий стан і результати фінансової діяльності підприємства, ніж попередній і поточний, і дає можливість прогнозувати діяльність підприємства у майбутньому.[2]

Метод фінансового аналізу – це системне, комплексне дослідження, взаємопов’язане із вивченням, обробкою та використанням інформації фінансового характеру з метою виявлення та мобілізації резервів ефективності використання фінансових ресурсів та встановлення оптимальної структури їх джерел для забезпечення сталого розвитку підприємства. [3]

Перший рівень класифікації відокремлює неформалізовані та формалізовані методи аналізу.

Неформалізовані методи аналізу ґрунтуються на описуванні аналітичних процедур на логічному рівні, а не в жорстоких аналітичних взаємозв’язках та залежностях. До неформалізованих належать такі методи: експертних оцінок і сценаріїв; теорії катастроф (програми вивчення та прогнозування нестійких економічних систем); деталізації (за часом, місцем дії, центром відповідальності); психологічні; морфологічні; порівняльні; побудови системи показників; побудови системи аналітичних таблиць. Ці методи характеризуються певним суб’єктивізмом, оскільки в них велике значення мають інтуїція, досвід та знання аналітика.

Формалізовані методи аналізу побудовані на жорстко формалізованих аналітичних залежностях між показниками.

Формалізовані методи залежно від використання математичного апарату поділяють на кілька підвидів:

- традиційні методи

За їх допомогою здійснюється первісне аналітичне оброблення інформації:

- групування та порівняння,
- відносні, середні, модальні та медіанні показники;
- графічні;

Методи детермінованого факторного аналізу використовуються, коли існує функціональна залежність між показниками:

- елімінування (ланцюгових підстановок, абсолютних різниць тощо);
- інтегральні;
- логарифмічні;
- пропорційного поділу;
- балансові;
- індекси;
- ряди динаміки;

- простих та складних відсотків (нарощування, компаундинг);
- дисконтування

У фінансовому аналізі використовують різні методи дослідження економічних показників. Балансовий метод дає змогу визначити один показник через інші. Метод групування застосовується для вивчення структури, типів і взаємозв'язків явищ. Метод відносних та середніх величин використовують для порівняння та узагальнення інформації, а медіанних і модальних — для визначення типових показників.

Елімінування, інтегральний, логарифмічний та пропорційного ділення методи допомагають оцінити вплив факторів на результати. Індексний метод виявляє динаміку показників, рядів динаміки — розвиток у часі. Нарощування і дисконтування дозволяють визначити вартість грошей у часі.

Дисперсійний, кореляційний, регресійний і коваріаційний аналізи досліджують взаємозв'язки між показниками. Методи оптимізації, теорія ігор, теорія масового обслуговування та теорія графів використовуються для пошуку оптимальних рішень і моделювання фінансових процесів. [4]

Таким чином, у ході фінансового аналізу можуть використовуватися різноманітні види та методи аналізу. Їх кількість та широта застосування залежить від конкретних цілей аналізу та визначаються його завданнями в кожному окремому випадку. Незважаючи на існування великої кількості методів аналізу ефективності фінансової діяльності, метод, який обирається для оцінки фінансової діяльності підприємства повинен задовольняти потреби аналізу, базуватись на доступних даних, охоплювати науково-інформаційний, технічний, технологічний та економічний рівень підприємства та відповідати сучасним ринковим умовам

Література

1. Конспект: Аналіз активів підприємства та джерел їхнього фінансування: Фінансовий аналіз: поняття, види та методи URL:
2. Класичний фаховий коледж СумДУ. URL: <https://dl.kfk.sumdu.edu.ua/mod/book/view.php?id=26806&chapterid=9933&lang=en>
3. Саварин П. Електронний посібник із дисципліни «Комп'ютерні системи та мережі». Луцький національний технічний університет, факультет цифрових, освітніх та соціальних технологій. Луцьк, 2022. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload
4. Методи фінансового аналізу. Finances.in.ua. URL: <https://finances.in.ua/metody-finansovoho-analizu>
5. Ковальчук Т.І., Ковальчук І.В. Фінансовий аналіз: навчальний посібник / Кропивницький: Центральний український національний технічний університет, 2020. — 228 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/df5df982-0d35-417c-85e6-c74842de2d41/content>

УДК 338

В.П. Ференц, ст. гр. ППС-41; І.Г. Химич, к.е.н., доцент

(Тернопільський національний технічний університет, імені Івана Пулюя, Україна)

ОЦІНКА ФІНАНСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СГ ТОВ «ДОБРОБУТ» ЯК ОСНОВА ЙОГО СТІЙКОСТІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

V.P. Ferents, st. gr. PPs-41; I.G. Khymych, Ph.D., Assoc. Prof.

ASSESSMENT OF FINANCIAL SECURITY OF AG LLC «DOBROBUT» AS THE BASIS OF ITS SUSTAINABILITY IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Стабільність діяльності бізнесу держави, що перебуває в умовах воєнного стану, є надважливим завданням урядового рівня. Адже, саме завдяки підтримці ефективного функціонування та забезпечення його майбутньої діяльності значно відобразатиметься на загальному стані всієї країни та житті населення. А для такої підтримки має бути відповідне фінансово-економічне підкріплення щодо бізнесу.

Зрозуміло, що умови кризи, яка відбувається за наявності воєнних дій в країні, тягнуть за собою невизначеність та нестабільність майбутнього. Проте, оскільки дані чинники вже враховуються в діяльності бізнесу в цілому, та у функціонуванні кожного із підприємств зокрема, то це надає певний шанс та можливості в напрямі розвитку та підтримки власних конкурентних позицій. Тобто, врахування наявності та впливу певних негативних чинників, а також існуючих загроз, ризиків та викликів, підприємства, таким чином, адаптуються до діяльності в умовах кризового бізнес-середовища та шукають й реалізують стратегічно-орієнтовані напрями для підтримки своєї діяльності за такого стану тощо.

Варто зазначити і те, що за даних умов невизначеності, досить стрімко розвиваються та функціонують на високому рівні саме ті підприємства, що відносяться до сфери агробізнесу держави. В умовах війни в країні, це один із найпотужніших напрямів діяльності, для якого виділяється велика кількість різноманітної допомоги, й фінансово-економічна у тому числі, яка надається як на національному, так і на міжнародному рівнях. Тобто, можна стверджувати, що саме наявність глобальних кризових бізнес-умов стали тим чинником, який напряду посприяв розвитку та забезпечує значну підтримку в діяльності цієї сфери. Так, протягом 2024 р. для агробізнесу України було виділено 881 млн. грн. із її державного бюджету та надано фінансову допомогу від країн ЄС у розмірі 800 млн. грн. На 2025 р. для підтримки функціонування агросектору країни заплановано допомогу на суму 4,7 млрд. грн. [1].

Власне, фінансово-економічне забезпечення бізнесу відображає повний комплекс заходів, що включає перегляд, дослідження, ґрунтовний аналіз, комплексну оцінку, визначення очікуваної потреби та застосування всіх можливих способів й механізму щодо мобілізації та залучення необхідної кількості фінансових ресурсів, а також планування й прогнозування щодо формування, використання та ефективної реалізації таких ресурсів для забезпечення безперервності й успішності та підтримки діяльності загалом, на основі отримання позитивних фінансових результатів у підсумку й на перспективу. В загальному, фінансове забезпечення може відбуватися як на внутрішньому (державне, самофінансування), так і на зовнішньому (міжнародна допомога) рівнях.

Загальний стан щодо фінансово-економічного забезпечення для СГ ТОВ «Добробут» за 2023-2024 роки його діяльності (рис. 1) досліджено на основні результатів таких фінансових показників як: коефіцієнт захисту власного капіталу та коефіцієнт ризику власного капіталу [2-3].

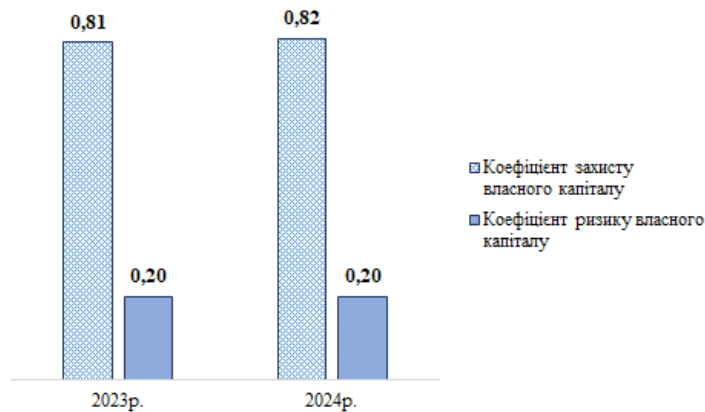


Рисунок 1. Динаміка результатів фінансових показників, що відображають стан фінансового забезпечення СГ ТОВ «Добробут» за 2023-2024 роки

Визначені й проаналізовані результати фінансових показників відображають наступні моменти, а саме:

1) результати коефіцієнта щодо захисту власного капіталу вказують на позитивну їх динаміку: 2023 р. – значення цього показника дорівнювало 0,81 пункт; 2024 р. – значення даного коефіцієнта дещо зросло відносно його минулорічного значення (0,01 пункт) та склало 0,82 пункти в підсумку; дана тенденція показує те, що власний капітал цього підприємства досить ефективно демонструє реалізацію свого прямого завдання – ефективного виконання захисної функції щодо забезпечення та підтримки стану його фінансової стійкості й стабільності;

2) результати коефіцієнта щодо ризику власного капіталу є такими: 2023 р. – значення цього показника дорівнювало 0,20 пунктів; 2024 р. – значення даного коефіцієнта також становило 0,20 пунктів; дана тенденція свідчить про те, що на цьому моменті варто зосередити увагу та взяти на контроль, адже, дещо низький результат цього показника відносно його рекомендованого значення може свідчити про наявність існуючої проблеми щодо втрати власних фінансових ресурсів.

Також, вартими уваги є отримані результати і таких фінансових показників щодо діяльності даного підприємства протягом 2024 р., як: коефіцієнт оборотності активів із значенням 0,90 пунктів та коефіцієнт оборотності оборотних активів із значенням 3,60 пунктів. Вони позитивно характеризують як наявність власних фінансових ресурсів, так і ефективність використання й чіткого застосування власних оборотних коштів, та, в загальному, вказують на те, що дане підприємство отримує позитивні фінансові результати на основі правильно сформованих й вдало реалізованих фінансової стратегії та фінансової політики щодо використання власних фінансово-економічних ресурсів загалом.

На основі досліджених тенденцій щодо діяльності СГ ТОВ «Добробут», перш за все, доцільно наголосити на тому, що його фінансовий менеджмент повністю спрямований на забезпечення та підтримку відносно стійкого рівня функціонування за наявних бізнес-умов невизначеності ринкового середовища та на збереженні рівня фінансової стабільності на основі адаптаційного механізму до таких змін.

Література

1. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України: офіційний веб-сайт. URL: <https://me.gov.ua>.
2. Фінансова звітність СГ ТОВ «Добробут» за 2023 рік.
3. Фінансова звітність СГ ТОВ «Добробут» за 2024 рік.

РОЛЬ РЕКЛАМИ У ФОРМУВАННІ СОЦІАЛЬНИХ ЦІННОСТЕЙ

Victoriya Filinska, Oksana Burlitska, Ph.D., Assoc. Prof.

THE ROLE OF ADVERTISING IN THE FORMATION OF SOCIAL VALUES

Сучасне суспільство розвивається під впливом інформаційних потоків, серед яких реклама займає особливе місце. Вона є не лише інструментом стимулювання збуту товарів і послуг, а й важливим соціокультурним феноменом, який формує уявлення про норми, мораль, стиль життя, гендерні ролі, суспільну ієрархію та життєві цінності. Реклама, проникаючи в усі сфери людської діяльності, виконує функції соціалізації, впливу на поведінкові моделі та світоглядні орієнтири.

Актуальність теми зумовлена тим, що реклама сьогодні стала одним із чинників формування суспільної свідомості та культури споживання. Вона здатна не лише інформувати, а й формувати стандарти моралі, естетики, взаємоповаги та соціальної відповідальності. Проте цей вплив може бути як позитивним, так і деструктивним – залежно від етичних принципів рекламної діяльності.

Реклама як соціокультурне явище стала об'єктом вивчення багатьох науковців. Так, Ф. Котлер [2] розглядає рекламу як комунікаційний процес, що сприяє побудові взаєморозуміння між брендом і споживачем, підкреслюючи її психологічну та емоційну складову. Вітчизняні дослідники, зокрема О. Зозульов [1] та Г. Почепцов [4], наголошують, що реклама виконує не лише економічну, а й соціальну функцію — вона передає певні моделі поведінки, формує уявлення про успіх, добробут і соціальні ролі.

Методологічну основу аналізу становлять принципи соціальної комунікації, культурологічний і когнітивний підходи. З позицій соціальної комунікації реклама розглядається як інструмент впливу на суспільні установки через повторюваність повідомлень, символи, образи та мову. Культурологічний підхід дозволяє оцінити рекламу як частину культурного коду суспільства, що репрезентує його морально-ціннісну структуру.

Основними соціальними функціями реклами є:

1. Інформаційна – реклама інформує суспільство про нові товари, технології, послуги та соціальні ініціативи.
2. Соціалізуюча – формує у громадян певні соціальні моделі поведінки, закріплює моральні норми та соціальні ролі.
3. Виховна – реклама може пропагувати доброчесність, чесність, толерантність, екологічну та соціальну відповідальність.
4. Ідентифікаційна – допомагає індивіду співвідносити себе з певними соціальними групами, ідеалами чи брендами.
5. Інтеграційна – сприяє об'єднанню суспільства навколо спільних цінностей, наприклад, через соціальну рекламу.

Таким чином, реклама є потужним засобом формування ціннісних орієнтацій, оскільки вона не лише передає інформацію, а й створює певні уявлення про те, «що є добрим» або «престижним» у суспільстві.

Реклама активно впливає на ціннісну систему особистості через повторення, емоційне навантаження та символічну мову. Як зазначає Ж.-Б. Бодуен [6], реклама

формує не просто споживчі потреби, а нові соціальні ідеали. Вона створює уявлення про те, що означає бути успішним, красивим, сучасним або моральним.

У сучасних умовах цифрової трансформації реклама використовує персоналізовані підходи до формування цінностей. Алгоритми соціальних мереж дозволяють брендам впливати на індивідуальні переконання, формуючи у користувачів певні моделі поведінки. Особливо важливою є поява соціально відповідальної реклами, спрямованої на популяризацію здорового способу життя, гендерної рівності, екологічної свідомості та підтримки вразливих груп населення.

Водночас існує і зворотний ефект – маніпулятивна реклама, яка нав'язує споживачеві хибні цінності: культ матеріального успіху, гіперспоживання, стереотипні гендерні ролі. Це підкреслює необхідність етичного регулювання рекламної діяльності.

Етична складова реклами є ключовою у контексті формування соціальних цінностей. На думку В. Москаленко [3], саме етичні стандарти визначають, чи стане реклама чинником морального розвитку суспільства, чи навпаки – джерелом деструктивних стереотипів.

У країнах ЄС активно розвиваються стандарти self-regulation advertising, що базуються на принципах чесності, прозорості, толерантності та недискримінації. В Україні подібні норми відображені у Законі України «Про рекламу» [5], який забороняє дискримінаційні та антисоціальні образи. Соціальна реклама, підтримувана державою та громадськими організаціями, є важливим чинником гуманізації суспільства.

Реклама є потужним засобом соціальної комунікації, який здатен не лише відображати, а й формувати систему суспільних цінностей. Її вплив виходить за межі економічної функції та охоплює культурний, моральний і виховний аспекти. Від рівня етичної відповідальності рекламодавців залежить, чи стане реклама інструментом розвитку соціальної свідомості, чи чинником маніпуляцій.

Отже, у дослідженні нами розглянуто роль реклами як одного з провідних соціальних інститутів сучасного суспільства, здатного впливати на формування системи цінностей, норм і соціальних орієнтирів. Проаналізовано підходи до визначення соціальної функції реклами, її вплив на суспільну свідомість та особистісні установки. Визначено основні напрями соціалізації реклами, її етичні та культурні аспекти. Обґрунтовано, що реклама не лише відображає існуючі суспільні цінності, а й формує нові соціальні орієнтири, стимулюючи розвиток соціально відповідальної поведінки. Особлива увага приділяється питанням гуманізації рекламних повідомлень, репрезентації соціальних груп та конструювання ідеалів через рекламний дискурс.

Реклама має величезний потенціал у формуванні позитивних соціальних установок, розвитку культури споживання, підвищенні громадянської активності та популяризації гуманістичних цінностей. Вона може і повинна бути не лише засобом продажу, а й каналом соціального діалогу, який підтримує моральне здоров'я суспільства.

Література

1. Зозульов О. В. Маркетингова політика комунікацій: підручник / О. В. Зозульов. Київ: КНЕУ, 2020. 384 с.
2. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер. Київ: Основи, 2018. 912 с.
3. Москаленко В. В. Соціальна психологія: підручник / В. В. Москаленко. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 512 с.
4. Почепцов Г. Г. Теорія комунікації / Г. Г. Почепцов. Київ: Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2019. 468 с.
5. Про рекламу: Закон України URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/270/96-%D0%B2%D1%80>

6. Baudrillard J. The Consumer Society: Myths and Structures / J. Baudrillard. London: Sage. 240 p.

УДК 336

Я. Швирида

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КРИПТОВАЛЮТИ В ЕКОНОМІЦІ УКРАЇНИ: РИЗИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Shvyryda Yaroslav

CRYPTOCURRENCY IN THE UKRAINIAN ECONOMY: RISKS AND PROSPECTS

Криптовалюти стали одним із найсуперечливіших економічних явищ, що впливають на фінансову стабільність і безпеку держав. Для України, яка переживає повномасштабну війну й одночасно модернізує власну економіку, цифрові активи мають подвійний характер: вони здатні забезпечити швидкі фінансові надходження, формувати нові ринки й підтримувати населення в кризові моменти, але водночас створюють значні ризики, пов'язані з корупцією та відтоком капіталу.

Під час війни криптовалюти продемонстрували свою практичну цінність - вони дозволили оперативно залучити міжнародну допомогу й стали інструментом фінансової автономії в умовах обмеженої роботи банківської системи. Крім того, Україна має передумови для розвитку інноваційної криптоіндустрії [1].

Однак паралельно цифрові активи можуть збільшувати рівень корупційних ризиків, масштаби тіньових операцій, а значна волатильність крипторинку й виведення капіталу посилюють фінансову вразливість держави. Технологічна залежність від іноземного обладнання та додаткове навантаження на енергосистему також формують критичні виклики.

Таким чином, криптовалюти одночасно відкривають можливості для фінансової мобільності та інноваційного розвитку, але можуть спричинити масштабні довгострокові ризики. Тому ключове питання полягає не у відмові чи повній інтеграції криптовалют, а в пошуку збалансованої моделі регулювання, яка мінімізує загрози й дозволяє використати потенціал цифрових активів у національних інтересах.

Попри суперечливість, криптовалюти відкривають для України низку важливих економічних можливостей:

- оперативність міжнародних переказів - надходження коштів у межах секунд/хвилин та можливість отримання фінансової підтримки навіть за відсутності доступу до банківських каналів;
- стійкість у періоді банківських обмежень - можливість населення зберігати й переміщувати кошти незалежно від роботи банківської інфраструктури;
- потенціал для створення криптоіндустрії - розвиток стартапів, бірж, майнінг-центрів та притік інвестицій у високотехнологічний сектор;
- підвищення фінансової суверенності - альтернативний канал міжнародних розрахунків, що зменшує залежність від SWIFT і долара.

Разом із перевагами криптовалюти несуть велику кількість системних ризиків, які для України можуть бути навіть масштабнішими за потенційні вигоди:

- обхід санкцій росією - використання криптовалют для експортних схем і збереження значної частки доходів, що посилює її воєнний потенціал;
- відмивання коштів та корупція - суттєва частка криптооперацій має сумнівне походження, що ускладнює боротьбу з тіньовою економікою;
- фінансові втрати населення - шахрайські схеми та відсутність гарантій збереження активів;
- відтік капіталу та недоотримання податків - легке перетікання коштів за кордон і низький рівень оподаткування підривають бюджетну стабільність;
- енергетичні та технологічні ризики - високе споживання електроенергії майнінгом і залежність від імпортного обладнання.

Подальший розвиток криптовалютного середовища в Україні залежить від здатності держави поєднати інноваційні можливості з ефективним управлінням ризиками. Попри значний потенціал цифрових активів у сфері міжнародних розрахунків, технологічного розвитку та залучення інвестицій, без системного регулювання вони можуть стати каталізатором економічної дестабілізації. Тому першочерговим завданням є формування зрозумілих, передбачуваних та сумісних із європейським законодавством правил, які дозволять відокремити легальний криптобізнес від тіньових потоків.

У перспективі створення збалансованої екосистеми цифрових активів потребує не лише контролю, а й підтримки технологічних проєктів, які здатні працювати прозоро й забезпечувати додаткові економічні стимули. Важливим кроком стане розвиток державної цифрової валюти - е-гривні, яка може поєднати швидкість та інноваційність криптовалют з гарантіями і стабільністю традиційних фінансових інститутів. Це також сприятиме підвищенню довіри населення та зменшенню спекулятивних ризиків.

Загалом, майбутнє криптовалют в Україні визначатиметься тим, наскільки вдало буде знайдено баланс між відкритістю до інновацій та захистом стратегічних інтересів держави. За умови виваженого регулювання цифрові активи можуть стати корисним доповненням до фінансової системи, проте їх масова та неконтрольована інтеграція нині несе більше загроз, ніж вигод. Саме тому оптимальним шляхом є поступова, але чітко керована інтеграція криптотехнологій, що дозволить використати їхній потенціал без підриву економічної та національної безпеки.

Література

1. Україна посіла шосте місце в світі за рівнем прийняття криптоактивів. <https://finclub.net/>. 12.09.2024. URL: <https://finclub.net/news/ukraine-posila-shoste-mistse-v-sviti-za-rivnem-pryiniattia-kryptoaktyviv.html> (дата звернення: 23.11.2025).

КЛЮЧОВІ ДЕТЕРМІНАНТИ ВИБОРУ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ

Yuriy Shelyak, Oksana Burlitska, Ph.D., Assoc. Prof.

KEY DETERMINANTS OF MARKETING STRATEGY SELECTION

В умовах динамічного ринкового середовища, глобалізації економічних процесів та інтенсивного розвитку цифрових технологій особливого значення набуває стратегічний підхід до управління маркетинговою діяльністю підприємств. Вибір ефективної маркетингової стратегії є одним із найскладніших завдань менеджменту, адже він визначає не лише напрями розвитку організації, а й її здатність адаптуватися до змін зовнішнього середовища.

Детермінанти вибору маркетингової стратегії відображають сукупність чинників, що формують стратегічні пріоритети підприємства, визначають рівень конкурентоспроможності, структуру ринку, поведінку споживачів та внутрішній потенціал фірми. Їх системне дослідження є основою для формування цілісного стратегічного управління маркетингом.

Маркетингова стратегія – це система довгострокових рішень, спрямованих на досягнення цілей підприємства шляхом оптимального використання ринкових можливостей і внутрішнього потенціалу [4]. На думку Ф. Котлера [2], стратегія маркетингу передбачає розробку програми дій, спрямованих на створення стійких конкурентних переваг на цільових ринках. За І. Ансоффом [1], процес стратегічного планування включає аналіз зовнішнього середовища, оцінку внутрішніх ресурсів, визначення стратегічних цілей і вибір оптимальної стратегії зростання. Подібні підходи підтримують сучасні науковці, зокрема М. Портер [5], Ж.-Ж. Ламбен [3], які наголошують на необхідності системного поєднання ринкових і корпоративних цілей.

Отже, вибір маркетингової стратегії – це багатофакторний процес, що передбачає врахування як об'єктивних умов зовнішнього середовища, так і суб'єктивних характеристик внутрішнього потенціалу підприємства.

Зовнішні чинники мають вирішальний вплив на формування стратегічних рішень, адже вони визначають умови функціонування підприємства у ринковому середовищі. До макrorівневих детермінант належать економічна ситуація в країні, рівень інфляції, валютна стабільність, державна політика, правове регулювання підприємницької діяльності. Ці фактори формують стратегічне середовище, у межах якого компанія визначає свої маркетингові пріоритети. Так, у періоди економічної нестабільності підприємства зазвичай орієнтуються на стратегії зниження витрат або диверсифікації ризиків, тоді як в умовах економічного піднесення домінують стратегії зростання та інноваційного розвитку [4].

Галузеві умови, рівень конкуренції та сила конкурентного тиску є визначальними при формуванні маркетингової стратегії. Підприємства, що діють на висококонкурентних ринках, змушені шукати унікальні конкурентні переваги, інвестувати в бренд, сервіс, цифрові канали просування, тоді як компанії з монопольним або нішевим становищем можуть концентруватися на стратегіях підтримки позицій чи розширення асортименту.

Зміна поведінкових моделей споживачів, розвиток цифрових технологій, поширення електронної комерції, соціальних мереж і штучного інтелекту створюють нові можливості та загрози для підприємств. У цьому контексті стратегія повинна

враховувати тенденції до персоналізації комунікацій, автоматизації маркетингових процесів та екологізації бізнесу. Компанії, які швидко адаптують свої стратегії до технологічних інновацій, отримують вищий рівень конкурентоспроможності на глобальному ринку.

Внутрішні фактори визначають потенційні можливості підприємства реалізувати обрану стратегію. Матеріальні, фінансові, людські та інформаційні ресурси формують основу стратегічного вибору. Відповідно до ресурсної теорії фірми, стійкі конкурентні переваги виникають тоді, коли ресурси підприємства є цінними, рідкісними, важко відтворюваними та незамінними. Недостатність фінансових чи кадрових ресурсів обмежує можливості реалізації агресивних стратегій зростання, тоді як наявність інноваційного потенціалу стимулює вибір стратегій диференціації чи лідерства за якістю [1; 3].

Вибір маркетингової стратегії залежить від стилю управління, рівня централізації, гнучкості організаційної структури. Підприємства з інноваційною культурою більш схильні до ризику, експериментів, цифрових трансформацій, тоді як бюрократизовані структури віддають перевагу стабільним, консервативним стратегіям.

Стратегічна поведінка компаній формується під впливом корпоративних цінностей, компетенцій керівництва та наявності стратегічного мислення у топменеджменті. Здатність підприємства здійснювати глибокий ринковий аналіз, прогнозувати попит, ефективно використовувати інструменти маркетингових комунікацій і CRM-систем є важливим внутрішнім детермінантом стратегічного вибору. Наявність власних аналітичних підрозділів, розвиненої системи маркетингового контролю та інформаційно-комунікаційних активів сприяє прийняттю обґрунтованих стратегічних рішень.

У сучасній науці виділяють системний підхід до аналізу детермінант вибору маркетингової стратегії. Зовнішні та внутрішні чинники взаємодіють між собою, створюючи синергетичний ефект або, навпаки, стратегічні обмеження. Наприклад, високий технологічний рівень ринку (зовнішній фактор) у поєднанні з недостатньою компетентністю персоналу (внутрішній фактор) може знизити ефективність стратегії цифрової трансформації. Тому для обґрунтованого вибору стратегії необхідне застосування інтегрованих аналітичних методів: SWOT-, PEST-, SPACE-, BCG-, GAP-аналізу тощо. Системне оцінювання факторів дозволяє забезпечити баланс між можливостями і загрозами ринку та сильними і слабкими сторонами підприємства.

Вибір маркетингової стратегії є складним багаторівневим процесом, який формується під впливом комплексу зовнішніх та внутрішніх детермінант. Оптимальний стратегічний вибір можливий лише за умови глибокого аналітичного дослідження ринку, врахування динаміки зовнішнього середовища та адекватної оцінки внутрішніх можливостей підприємства. Таким чином, саме поєднання гнучкості стратегічного мислення та науково обґрунтованого підходу до аналізу детермінант визначає конкурентоспроможність підприємства у сучасній економіці.

Література:

1. Ансофф І. Стратегічне управління. К.: Основи, 2020. 520 с.
2. Котлер Ф., Армстронг Г. Основи маркетингу. Київ: Науковий світ, 2023. 880 с.
3. Ламбен Ж.-Ж. Стратегічний маркетинг. Львів: БаК, 2022. 640 с.
4. Ніколайчук О. Маркетингова стратегія : сутність й особливості. Галицький економічний вісник. 2019. № 6(61). С. 111-118.
5. Портер М. Конкурентна стратегія: методика аналізу галузей і конкурентів. К.: Вільямс, 2019. 480 с.

СУТНІСТЬ, СТРУКТУРА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ АКТИВІВ

Sholomeichuk Serhii

ESSENCE, STRUCTURE, AND CLASSIFICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION ASSETS

У сучасних умовах цифрової трансформації інформація та комунікація стають не просто допоміжними елементами діяльності підприємства — вони перетворюються на ключові ресурси, що впливають на конкурентоспроможність, інноваційний потенціал і вартість бізнесу. Під інформаційно-комунікаційними активами (далі – ІКА) розуміють сукупність інформаційних, комунікаційних та пов'язаних із ними нематеріальних ресурсів організації, які забезпечують формування знань, комунікацію зовні й всередині організації, підтримку бізнес-процесів та створення додаткової вартості.

ІКА – це сукупність ресурсів, що мають інформаційну або комунікаційну природу та здатні приносити економічні, організаційні або репутаційні вигоди [2]. До них належать: дані й бази даних; інформаційні системи (ПЗ, платформи); корпоративні знання і ноу-хау; контент (тексти, зображення, відео, інфографіка); бренд-комунікації (меседжі, образи, tone of voice); робочі процеси комунікації та канали (внутрішні: інтра-портали, CRM, корпоративні месенджери; зовнішні: сайти, соцмережі, PR-канали); відносини з аудиторіями (клієнти, партнери, медіа); права інтелектуальної власності, пов'язані з інформацією (ліцензії, домени, торгові марки).

Ключові властивості ІКА [1]:

- нематеріальність – більшість ІКА не має фізичної форми, але здатні генерувати цінність;
- відтворюваність та масштабованість – інформацію можна реплікувати з мінімальними додатковими витратами;
- залежність від організаційних процесів та культури – цінність ІКА визначається тим, як ефективно організація їх використовує;
- взаємозв'язок з іншими активами – ІКА підсилюють матеріальні та фінансові активи (наприклад, інтернет-маркетинг збільшує продаж фізичних товарів).

Пропонована структура ІКА організована в кілька рівнів: ресурсний, функціональний і процесний [2].

1. Ресурсний рівень.

- Дані й інформаційні ресурси: операційні дані, клієнтські бази, аналітичні набори.
- Технічні інформаційні системи: бази даних, CRM, ERP, CMS, комунікаційні платформи.
- Контентні активи: маркетингові матеріали, навчальні ресурси, PR-контент.
- Інтелектуальна власність: авторські права, доменні імена, патенти (якщо містять інформаційну складову).

2. Функціональний рівень.

- Комунікаційні канали: веб-ресурси, соцмережі, email-маркетинг, преса.
- Комунікаційні практики: тон голосу бренду, стандарти відповіді на запити, crisis-communication playbooks.

- Аналітичні та управлінські інструменти: системи аналітики, ВІ, звітність.
- 3. Процесний рівень.
 - Процеси створення знань: накопичення, обмін і кейс-база.
 - Процеси комунікації: внутрішні канали взаємодії, зовнішні PR-активності.
 - Політики й регламенти: політика інформаційної безпеки, правила публічних виступів, стандарти якості контенту.

Така багаторівнева структура дозволяє ідентифікувати активи, оцінити їхній вплив і розробити заходи з управління.

Класифікація інформаційно-комунікаційних активів корисна для обліку, оцінки ризиків і формування стратегії управління.

Пропонуємо наступні підходи до класифікації [1]:

1. За функціональною роллю: операційні ІКА – підтримують щоденні бізнес-операції (CRM, ERP-дані); стратегічні ІКА – формують довгострокову конкурентну перевагу (бренд, унікальний контент, знання експертів); підтримуючі ІКА – забезпечують допоміжні функції (довідкові бази, шаблони комунікацій).

2. За власністю і доступом: власні – створені організацією і контрольовані нею (контент, внутрішні бази); спільні/партнерські – створені у партнерстві або доступні за ліцензією.

Зовнішні (публічні) – відкриті джерела, соцмережі, публічні бази даних.

3. За носієм і форматом: цифрові – електронні документи, медіа, бази даних; аналогові – друковані архіви, офлайн-матеріали (з роками перетворюються в цифрові); гібридні – документи з фізичними і цифровими компонентами.

4. За ступенем чутливості й конфіденційності: конфіденційні – персональні дані, комерційні таємниці; обмежені – внутрішня службова інформація; публічні – маркетинговий контент, прес-релізи.

5. За можливістю кількісної оцінки: оціночні – активи, вартість яких можна прямо або опосередковано кількісно визначити (дані клієнтів: ARPU, конверсії); неоціночні/важко оціночні – корпоративна репутація, тон голосу.

Інформаційно-комунікаційні активи – це сукупність нематеріальних ресурсів, які визначають здатність організації ефективно збирати, обробляти й передавати інформацію, формувати знання та взаємодіяти з внутрішніми й зовнішніми аудиторіями. Їхня структура охоплює ресурсний, функціональний і процесний рівні, а класифікація повинна враховувати функціональну роль, формат, ступінь чутливості та можливість оцінки. Для практики важливо впроваджувати інвентаризацію, політики безпеки, метрики ефективності та інвестиції в людський капітал. Теоретична база проблеми спирається на роботи дослідників у галузі управління знаннями, інтелектуального капіталу та інформаційного менеджменту; для практичної дисертаційної роботи доцільно доповнити міжнародні джерела сучасними українськими дослідженнями.

Література

1. Budnyk, V. The essence of digital assets: conceptual foundations and challenges. Вісник [університетське видання]. 2025. URL: https://visnykj.wunu.edu.ua/index.php/htneu/article/view/1732?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 09.11.2025).
2. Celoza A. Information management for digital asset development and delivery: processes, enablers and barriers, 2024. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580524002541?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 09.11.2025).

УДК 339.1

Л. В. Шпак група БРМ-61, І.П. Вовк к. е. н.

(Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна)

ВДОСКОНАЛЕННЯ НАДААННЯ ПОСЛУГ ГОТЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА

L.V. Shpak, I.P. Vovk

IMPROVEMENT OF CORE SERVICE DELIVERY AT A HOTEL ENTERPRISE

Дослідження якості послуг ТОВ «Готельний комплекс «Глобус», який розташований в м. Тернопіль, вул. С. Бандери, 18, здійснювалося шляхом вивчення задоволеності клієнтів за певними параметрами. Зокрема ми здійснили опитування споживачів закладу за допомогою програмного забезпечення ExperienceFellow, яке розроблене на основі системи вимірювання досвіду клієнтів, є SERVQUAL. Розроблений А. Парасураманом та його асоціацією, це одна з загальноприйнятих методик багатьох вимірювань якості послуг. Невідчутність, неоднорідність, швидкознижуваність і невіддільність були визнані чотирма відмінними рисами послуги та зіграли значну роль у розробці конструкції моделі якості послуги. Інструмент SERVQUAL базується на розриві між очікуваннями клієнта та уявленнями про фактичну продуктивність наданої послуги.

Модель SERVQUAL допомагає визначити як клієнти сприймають якість обслуговування в закладі громадського харчування на основі п'яти критеріїв. Для того щоб клієнт міг взяти участь в опитуванні він повинен скачати на свій телефон додаток і скористатися запропонованим QR-кодом або коду маркера для документування досвіду з ExperienceFellow. Дослуп до проекту є безкоштовним та здійснюється на платформах iOS в App Store і для Android у Google Play. Після того як учасник приєднався до проекту, на його мобільному пристрої з'являється екран профілю, на якому необхідно заповнити загальну інформацію. Після того учасник звітує в програмі про отримані враження від рівня та якості обслуговування в закладі. Учасника просять визначити назву для «кожної точки дотику», висловити особисту емоційну оцінку за допомогою шкали, а також за бажанням додати опис.

Після того як учасник обрав усі точки дотику, він дані потрібно завантажити ExperienceFellow, щоб відбулася так звана синхронізація даних і дослідник побачив результати опитування у веб-інтерфейсі. На рис. 1.1 представлені остаточні компоненти, які визначають враження від ресторану, шляхом класифікації обраних точок дотику. Як свідчать результати опитування 196 респондентів за п'ятьма запропонованими критеріями (якість їжі, якість обслуговування, загальна атмосфера, якість напоїв, справедливість цін) найвища оцінка, Яка відображає середнє значення емоційного досвіду 96% учасників створили 58 точок дотику, які пов'язані з якістю обслуговування, пропонованої в ресторані.



Рисунок 1.1 Точки дотику маркетингової компоненти ТОВ «Готельний комплекс «Глобус»

Загальний досвід клієнтів ТОВ «Готельний комплекс «Глобус» можна описати як позитивний для гостей. Про це свідчить середнє значення 1,4 46 учасниками за 196 точками дотику.

УДК 336

І. Юречко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ФІНАНСУВАННЯ ДЕФІЦИТУ ДЕРЖАВНОГО БЮДЖЕТУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Yurechko Ilyia

FINANCING THE DEFICIT OF THE STATE BUDGET OF UKRAINE IN WAR CONDITIONS

Повномасштабна збройна агресія спричинила фундаментальну трансформацію фіскальної політики держави. Фінансова система перейшла від парадигми розвитку до парадигми виживання, де пріоритетом стало не збалансування бюджету, а оперативне покриття критичних видатків на оборону та підтримку життєдіяльності держави.

Масштаб фіскального шоку є безпрецедентним: дефіцит державного бюджету зріс із 197,9 млрд грн (3,6% номінального ВВП) у 2021 році до 914,7 млрд грн (17,6% номінального ВВП) у 2022 році, досягнувши піку у 20,4% ВВП у 2023 році [1, 2]. За три роки війни сукупний дефіцит становить понад 3,6 трлн грн, що перевищує річний довоєнний бюджет більш ніж удвічі. Це актуалізує питання джерел покриття такого масштабного дисбалансу та довгострокової боргової стійкості України.

В умовах внутрішнього дефіциту ресурсів ключову роль у покритті бюджетного розриву відіграли запозичення. Основним інструментом мобілізації внутрішніх фінансових ресурсів стали військові облігації внутрішньої державної позики. Паралельно визначальним фактором збереження фіскальної стійкості стала міжнародна фінансова допомога, яка у 2022-2024 роках набрала системного характеру та компенсувала нестачу власних бюджетних доходів.

Наслідком такої моделі фінансування стало стрімке зростання державного боргу. Це означає формування значного боргового навантаження на майбутні бюджетні періоди, особливо з урахуванням того, що відновлення економіки, за оцінками експертів, буде тривалим у часі. За таких умов пікові виплати за борговими зобов'язаннями можуть припасти на фазу ще недостатньо відновленої економіки, що істотно звужує фіскальний простір держави.

Водночас ситуація не є безвихідною, оскільки навіть за умов війни Україна зберігає потенціал для керованого боргового та бюджетного відновлення за умови реалізації виваженої фінансової стратегії.

Шляхи вирішення окреслених фінансових дисбалансів потребують комплексного підходу, що поєднує боргове, інституційне та інвестиційне перезавантаження післявоєнної фінансової політики держави:

- проведення комплексної реструктуризації державного боргу з метою зниження пікового навантаження на бюджет та подовження строків обслуговування зобов'язань;
- використання заморожених російських активів як джерела часткового покриття воєнних збитків та зменшення боргового тиску на державні фінанси;
- раціоналізація післявоєнних бюджетних видатків шляхом поступового скорочення частки оборонних витрат і переорієнтації ресурсів на відбудову економіки;
- диверсифікація джерел фінансування відновлення через розвиток державно-приватного партнерства та залучення інвестиційних інструментів розвитку.

Фінансування дефіциту державного бюджету України в умовах воєнного стану здійснюється в режимі надзвичайного навантаження на фінансову систему. Різке зростання дефіциту, активне використання внутрішніх і зовнішніх запозичень та прискорене нарощування державного боргу формують складні виклики для післявоєнного розвитку. Водночас збереження міжнародної підтримки, ефективне управління борговими ризиками та структурна перебудова бюджетної політики створюють передумови для поступового відновлення фінансової рівноваги. У довгостроковій перспективі саме якість фінансового управління визначатиме здатність держави перейти від моделі виживання до моделі сталого економічного зростання.

Література

1. Державний веб-портал бюджету для громадян [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://openbudget.gov.ua> (дата звернення: 08.11.2025).
2. Державна служба статистики України : офіційний вебсайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 08.11.2025).

УДК 159.9:616

С.П.Янів, ст.гр. БП-31

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З. ФРОЙДА , ОКРІМ ПСИХОАНАЛІЗУ

S.P.Yaniv

A GENERAL OVERVIEW OF Z. FREUD'S SCIENTIFIC RESEARCH, EXPECT FOR PSYCHOANALYSIS

Зигмунд Фройд відомий передусім як засновник психоаналізу, однак його наукова діяльність охоплювала значно ширше коло досліджень. Ще до створення основ психоаналітичної теорії Фройд активно займався експериментальною та клінічною роботою у сфері неврології, фізіології та анатомії. Його ранні наукові праці присвячені будові нервової системи, дослідженню мозку, функцій окремих його частин, а також механізмам мовлення та порушенням афазії. Учений прагнув поєднати біологічний підхід із розумінням психічних явищ, що на той час було новаторським. Особливу

увагу Зигмунд Фройд приділяв зв'язку між фізіологічними процесами і поведінкою людини, намагаючись знайти матеріальні основи психічних проявів.

Фройд розпочав наукову кар'єру з досліджень нервової системи, ще до переходу до психоаналізу. Він займався гістологічним вивченням спинного мозку нижчих тварин; зокрема, його першими публікаціями стали роботи про спинні ганглії риби *Petromyzon* (лампреї). Також розробив власну методику фарбування мозкових тканин, щоб досліджувати будову довгастого мозку людини. Це свідчило про його ґрунтовну підготовку в анатомії, гістології та фізіології нервової системи.

Другий напрямок його ранньої діяльності — клінічна неврологія. Науковець вивчав афазії, дитячий церебральний параліч, поліневропатії, сирінгомієлію та інші патології дитячої неврології. Зокрема, він наголошував, що судомні напади при дитячій церебральній паралічі є наслідком, а не причиною, підкреслюючи функціональний підхід до уражень нервової системи [1].

Фройд почав наукову кар'єру як невролог, і однією з перших тем його досліджень були мовні порушення — афазії. У монографії *Zur Auffassung der Aphasien* (1891) він критично аналізує панівні тоді локалізаторські теорії (Брока, Верніке), які пов'язували окремі мовні функції з чіткими ділянками кори. Фройд стверджував, що такі моделі надто спрощені, а афазії краще розуміти як порушення взаємодії нервових мереж, а не як «випадіння» однієї зони.

Він спирався на ідеї Джексона про рівні нервової організації: симптоми можуть бути результатом дисбалансу між різними рівнями контролю. Це дозволило Зигмунду Фройді трактувати афазії не як дефіцит певної ділянки, а як зміну відносин між системами, що забезпечують артикуляцію, розуміння й доступ до слів — підхід, який передбачив мережеві концепції мови ХХ століття.

У *On Aphasia* він розмежував рівні мовних порушень — від моторних і інструментальних до розладів значення та доступу до концептів. Це пояснювало, чому подібні ураження мозку можуть спричиняти різні мовні профілі. Таке диференціювання вплинуло на подальші класифікації моторних і сенсорних афазій.

Критика «діаграмників» була одним із головних внесків Фройда: він підкреслював, що мовлення — це динамічний процес взаємодії багатьох елементів, а прості схеми цього не пояснюють. Попри те, що його висновки переважно спиралися на клінічні спостереження, вони відіграли важливу роль у відмові від надмірно спрощених локалізаторських моделей [2].

У ранній науковій кар'єрі Фройд займався анатомією та гістологією нервової системи ще до переходу до психології. Працюючи під керівництвом Ернста Брюкке у Віденській фізіологічній лабораторії, він досліджував нервові структури нижчих хребетних: вивчав спинний мозок риби *Petromyzon planeri*, аналізував задні нервові корені та розробляв методику забарвлення тканин, що поліпшувала видимість структур мозкового стовбура. У своїх перших публікаціях він розглядав походження задніх коренів спинного мозку лампреї та висловлював припущення щодо еволюції нервової системи.

Також досліджував мозковий стовбур людини, зокрема довгастий мозок і тракти, що з'єднують мозок зі спинним мозком. Використавши нову техніку гістологічного фарбування, як було зазначено вище, він зміг показати раніше малодоступні волокна та зв'язки. Ця анатомічно-мікроскопічна база надала йому методологічні навички, які згодом вплинули на його підхід до психіки, хоча він і відкинув ідею жорсткої локалізації функцій.

Важливою темою його ранніх робіт була не лише анатомічна будова, а й функціональна організація мозку. Історичні огляди відзначають, що Фройд формував

уявлення про мозок як про мережеву, інтегровану систему, а не набір ізольованих модулів — підхід, який передував сучасним нейронним мережевим моделям [1].

На початку 1880-х кокаїн активно досліджували як стимулятор і анестетик. Молодий Зигмунд Фройд зацікавився препаратом і в 1884 році опублікував огляд *Über Coca*, де узагальнив тодішні знання про його фізіологічну дію, фармакологію та можливі терапевтичні застосування. Він описав власні спостереження та висловив оптимізм щодо медичного потенціалу кокаїну.

Дослідник проводив самоексперименти, фіксуючи підвищення настрою, енергії та зниження втоми. На основі цього й чужих спостережень він пропонував використовувати кокаїн для лікування депресії, неврастенії, болю та навіть як засіб у терапії морфінової залежності. Проте вже невдовзі з'явилися повідомлення про високу адиктивність і серйозні побічні ефекти, що різко обмежило такі практики.

Історики медицини оцінюють цю фазу подвійно: з одного боку, *Über Coca* — важлива й методично ретельна рання праця Фрейда; з іншого — його надмірний оптимізм щодо безпеки препарату виявився помилковим і частково шкідливим. Хоча ця «кокаїнова епопея» не пов'язана безпосередньо з психоаналізом, вона вплинула на його наукову репутацію й стала прикладом ризиків некритичного використання нових фармакологічних засобів.

Дослідження Зигмунда Фрейда щодо кокаїну є важливим історичним епізодом: воно сприяло поширенню знань про місцеву анестезію (зокрема, через відкриття Кольєра), але також стало застереженням щодо швидкого впровадження неперевіраних препаратів у медичну практику[3].

Рання наукова діяльність Фрейда — важливий етап у розвитку медицини та неврології. Він досліджував анатомію й фізіологію нервової системи, закладаючи підґрунтя нейропсихологічного підходу. А у роботах про афазії Фройд показав, що порушення мовлення зумовлені не лише локальними ураженнями, а й взаємодією нервових центрів, що випередило пізніші нейропсихологічні концепції.

Його експерименти з кокаїном, попри суперечливі наслідки, продемонстрували інтерес до хімічного впливу на психіку та сприяли розвитку місцевої анестезії.

У сучасній науці ранні дослідження Зигмунда Фрейда дедалі частіше переосмислюють у ширшому міждисциплінарному контексті. Хоча психоаналіз став найвідомішою частиною його спадщини, саме неврологічні, анатомічні та експериментальні роботи Фрейда привертають увагу нейробіологів, психологів та істориків медицини як передбачення багатьох сучасних ідей. Його критика локалізаціонізму в афазіях і твердження про важливість взаємодії нервових мереж фактично збігаються з принципами сучасної когнітивної нейронауки та концепцією мозку як динамічної мережевої системи. Його суперечливий епізод із кокаїном сьогодні розглядають у світлі проблем доказової медицини, етики експериментів і ризиків швидкого впровадження нових психоактивних речовин.

Таким чином, рання наукова діяльність Фрейда не є лише історичним етапом — вона стала підґрунтям для багатьох сучасних напрямів дослідження мозку, поведінки та взаємодії біологічних і психічних процесів, підтверджуючи його значення як мислителя, що стояв на межі між медициною, біологією та психологією.

Література

1. «Лікар Фрейд: ранні наукові відкриття». URL: <https://www.freud.org.uk/exhibitions/freud-the-physician/> (дата звернення: 24.11.2025).

Supervisor: Professor Stotsky Y. V.

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ

L. Maliuta, Doctor of Economics, Professor; H. Marushchak

THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE ECONOMIC SECURITY SYSTEM OF THE HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS

Сучасний етап розвитку глобальної економіки характеризується високою динамікою ринкових змін, посиленням конкурентного тиску та тотальною цифровізацією бізнес-процесів [2]. В умовах формування інформаційного суспільства забезпечення економічної безпеки (ЕБ) підприємства стає стратегічною вимогою, що визначає його здатність до стабільного функціонування та розвитку [1]. ЕБ розглядається як стан захищеності від зовнішніх і внутрішніх загроз, які можуть призвести до значних фінансових, репутаційних або операційних втрат [3].

Особливої актуальності ця проблематика набуває у сфері готельно-ресторанного бізнесу (ГРБ), що є високоризиковим сектором через інтенсивну взаємодію з клієнтськими даними, великі обсяги онлайн-транзакцій та залежність від зовнішніх цифрових платформ (систем бронювання) [4]. Таким чином, цифрові технології трансформуються з допоміжного інструменту в основний механізм управління ризиками та ключову складову архітектури економічної безпеки підприємств ГРБ.

Ефективне використання цифрових технологій дозволяє систематизувати контроль за ключовими бізнес-процесами та мінімізувати ризики, пов'язані з людським фактором і шахрайством [4]. Важливим напрямом є оптимізація внутрішніх процесів за допомогою сучасних інформаційних систем. Зокрема, впровадження спеціалізованих CRM-систем (наприклад, Fidelio, Vnovo) автоматизує процеси бронювання, обліку лояльності, сегментації клієнтів і фінансової аналітики. Це сприяє запобіганню помилок при ручному внесенні даних, зменшенню ймовірності втрати клієнтів через неякісний сервіс (ризик репутаційної ЕБ) та прогнозуванню завантаженості (ризик недоотримання доходу). Інтегровані ERP-системи забезпечують контроль над запасами, закупівлями, витратами та доходами в режимі real-time. Це дає змогу оперативно виявляти несанкціоновані списання або надлишкові витрати, що є прямим інструментом захисту фінансового ресурсу підприємства. POS-системи, своєю чергою, гарантують точність і прозорість розрахункових операцій. Використання Big Data та бізнес-аналітики (BI) стає критично важливим для формування стратегічної безпеки [2,4]. Інструменти, що аналізують фінансові потоки, моніторять key performance indicators (KPI), а також прогнозують попит і цінову еластичність, дозволяють своєчасно виявляти відхилення (аномалії) у роботі підприємства. Це забезпечує можливість превентивного реагування на потенційні загрози, такі як падіння попиту, нераціональне використання ресурсів або недобросовісні дії персоналу.

В умовах тотальної цифровізації кіберзахист стає ключовим складником економічної безпеки підприємства. Безпека інформаційних активів безпосередньо пов'язана з фінансовою стабільністю та репутаційною стійкістю бізнесу [3,4]. Одним із пріоритетних напрямів захисту є забезпечення безпеки даних і транзакцій. Підприємства готельно-ресторанного бізнесу повинні впроваджувати сучасні засоби шифрування (end-to-end encryption) для захисту персональних даних клієнтів

відповідно до вимог GDPR та аналогічних регуляцій, а також для безпечного оброблення фінансової інформації, зокрема даних платіжних карток. Не менш важливим аспектом є управління доступом до інформаційних систем. Впровадження багаторівневої автентифікації (MFA), чітке розмежування прав користувачів відповідно до принципу мінімальних привілеїв (Least Privilege) та постійний моніторинг мережевого трафіку допомагають запобігти несанкціонованому доступу й інсайдерським загрозам [3,4]. Особливу увагу слід приділяти резервному копіюванню та хмарним рішенням. Регулярне створення резервних копій даних, зокрема із використанням хмарних сервісів із підвищеним рівнем захисту, забезпечує можливість швидкого відновлення бізнес-процесів після кібератак (наприклад, вірусів-вимагачів) або технічних збоїв. Це мінімізує простой та фінансові втрати підприємства.

Крім того, цифровізація виступає інструментом формування довіри клієнтів і позитивного іміджу підприємства. Прозорість і надійність цифрової інфраструктури, зокрема безпека онлайн-платежів і швидке вирішення проблем через чат-боти, підвищують рівень задоволення клієнтів і знижують ризик репутаційних втрат, спричинених технічними чи інформаційними інцидентами. Надійна цифрова інфраструктура демонструє відповідальність бізнесу та його готовність до викликів сучасного цифрового середовища [5].

Отже, цифрові технології сьогодні є не лише інструментом підвищення ефективності бізнес-процесів, а й невід'ємним елементом системи економічної безпеки підприємств готельно-ресторанного бізнесу. Вони сприяють комплексному контролю, прозорості фінансових операцій і своєчасному виявленню ризиків, забезпечуючи стабільність і конкурентоспроможність підприємства. Використання сучасних ІТ-рішень та засобів кіберзахисту формує довіру клієнтів, зміцнює репутацію й дозволяє бізнесу впевнено функціонувати в умовах цифрової економіки.

Література

1. Гесць В. М. Економічна безпека: концептуальні засади формування та механізм реалізації : монографія. Київ : КНЕУ, 2017. 450 с.
2. Захаров О. І. Цифрова економіка: стратегії розвитку та безпекові виклики : підручник. Київ : Ліра-К, 2020. 312 с.
3. Шевчук В. О., Мельник Л. Г. Безпека підприємницької діяльності в умовах цифрової трансформації : монографія. Львів : Магнолія, 2021. 380 с.
4. Бланк І. О., Семенова К. П. Вплив ІТ-рішень на фінансову безпеку готельного бізнесу. Економіка та фінанси. 2022. № 3 (121). С. 15–24.
5. Міністерство цифрової трансформації України. Звіт про цифрову трансформацію економіки України, 2023. URL: <https://thedigital.gov.ua/> (Дата звернення: 10.11.2025).

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Краківський економічний університет (Польща)
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет «Опольська Політехніка» (Польща)
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Вінницький національний аграрний університет
Львівський національний університет ім. І. Франка
Головне управління Пенсійного фонду в Тернопільській області
Наукове товариство ім. Шевченка
Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти
Сумський державний педагогічний університет
Запорізький національний університет

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

**XIV Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів
11-12 грудня 2025 року**

ISBN 978-614-8751-08-1

Підписано до друку 15.12.2025 Формат 60×90, 1/16.
Друк лазерний. Папір офсетний. Гарнітура TimesNewRoman.
Умовно–друк. арк. 38,6. Наклад – 100 прим.
Замовлення № 2-15122025

Друк ФОП Паляниця В. А.
Свідоцтво ДК №4870 від 20.03.2015 р.
м. Тернопіль, вул. Б. Хмельницького, 9а, оф.38.
тел. (0352) 528–777.

