

The background of the entire image is a deep space scene. It features a large, detailed Earth in the lower-left corner, showing continents and oceans. In the upper-right corner, there is a large, bright, yellowish-white sphere, likely representing the Moon or a distant star, with a soft glow. Several thin, glowing yellow lines arc across the dark blue and black space, representing orbital paths or trajectories. Numerous small, distant stars are scattered throughout the background.

**Матеріали
XII Всеукраїнської
науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти
та молодих вчених
з автоматичного управління**

***присвячена
Дню ракетно-космічної галузі України***

**10-12 квітня 2025 р.
Херсон-Хмельницький**

Міністерство освіти і науки України
Херсонський національний технічний університет
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Вінницький національний медичний університет
ім. М. І. Пирогова
Луцький національний технічний університет
Вінницький національний технічний університет
Кременчуцький національний технічний університет
ім. Михайла Остроградського
Сумський державний університет
Херсонський державний аграрно-економічний університет
Херсонська державна морська академія
Київський національний університет технологій і дизайну

**Матеріали
ХІІ Всеукраїнської
науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти
та молодих вчених
з автоматичного управління**

присвячена Дню ракетно-космічної галузі України



10-12 квітня 2025р.
Херсон- Хмельницький

Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої Дню ракетно-космічної галузі України: збірник матеріалів конференції (10-12 квітня 2025 р., м. Херсон, м. Хмельницький) / за ред. Г.В. Рудакової та ін. – Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2025. – 145 с.

Рекомендовано до друку Науково-технічною радою Херсонського національного технічного університету (протокол № 1 від 03 червня 2025 року)

ISBN 978-617-8187-44-6 (електронне видання)

Тези наукової конференції містять результати наступних досліджень: автоматизоване управління технологічними процесами; комп'ютеризовані системи та мережі перетворення та обробки інформації; інформаційно-аналітичні та інформаційно-керуючі системи; системи відображення інформації і комп'ютерні технології; новітні технології в енергетичних системах та в галузі енергозбереження; прогнозування та запобігання техногенних та екологічних катастроф; використання сучасних технологій для підвищення ефективності і безпеки в транспортній галузі (автомобільні, морські, залізничні та авіаперевезення); використання нових інформаційних технологій в медичній галузі; сучасні комп'ютеризовані засоби в галузі механічної інженерії і мехатроніки.

Роботи друкуються в авторській редакції, в збірці максимально зменшено втручання в обсяг та структуру відібраних до друку матеріалів. Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, що надано в рукописах, та залишає за собою право не розподіляти поглядів деяких авторів на ті чи інші питання.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

ГОЛОВА:

Рудакова Г.В. – д.т.н., професор кафедри АРМ, ХНТУ (м. Херсон).

ЧЛЕНИ КОМІТЕТУ:

Бісікало О.В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри АІТ ВНТУ (м. Вінниця);
Букетов А.В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри ТТС ХДМА (м. Херсон);
Дмитрієв Д.О. – д.т.н., доцент, професор кафедри АРМ ХНТУ (м. Херсон);
Кулик А.Я. – д.т.н., професор, завідувач кафедри БІтаМА, ВНМУ ім. М.І. Пирогова (м. Вінниця);
Конох І.С. – д.т.н., професор кафедри АІС КрНУ ім. М.Остроградського (м. Кременчук);
Прус В.В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри електротехніки КрНУ ім. М.Остроградського (м. Кременчук);
Шарко О.В. – д.т.н., професор кафедри ТТС ХДМА (м. Херсон);
Шевченко І.В. – д.т.н., професор кафедри АІС КрНУ ім. М.Остроградського (м. Кременчук);
Шушура О.М. – д.т.н., професор кафедри ЦТЕ (АПЕПС), НН ІАТЕ, НТУУ КПІ ім. І. Сікорського (м. Київ);
Баклан І.В. – к.т.н, доцент кафедри інформатики і програмної інженерії НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ);
Єдинович М.Б. – к.т.н., доцент кафедри АРМ ХНТУ (м. Херсон);
Лебеденко Ю.О. – к.т.н., доцент кафедри ІКТ КНУТД (м. Київ);
Поливода О.В. – к.т.н., доцент кафедри АРМ ХНТУ (м. Херсон);
Поліщук В.М. – к.т.н., доцент кафедри АРМ ХНТУ (м. Херсон);
Решетило О.М. – к.т.н, доцент кафедри АКІТ ЛНТУ (м. Луцьк);
Кулінченко Г.В. – к.т.н., доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління СумДУ (м. Суми).

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

ГОЛОВА:

Сарафаннікова Н.В. – к.т.н., доцент кафедри АРМ, ХНТУ (м. Херсон).

ЧЛЕНИ КОМІТЕТУ:

Димова Г.О. – к.т.н., доцент кафедри менеджменту, маркетингу та ІТ, ХДАЕУ (м. Херсон);
Сімінченко І.П. – ст. викладач кафедри АРМ, ХНТУ (м. Херсон).

АДРЕСА ОРГКОМІТЕТУ

73008, Україна, м.Херсон, Бериславське шосе, 24,
ХНТУ, 3 корп., ауд. 309, 314, кафедра автоматизації, робототехніки і мехатроніки,
тел. (0552) 32-69-37, 32-69-57
29016, Україна, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ»

Білий Д.Ю., Шушура О.М.	
Торговий бот для криптовалютних бірж	7
Деркаченко Т.О., Поливода О.В.	
Аналітичний огляд алгоритмів керування сонячними трекерами	9
Заглада І.О., Поліщук В.М.	
Застосування систем бездротового зв'язку в магазинах без персоналу	14
Катріч С.Г., Дмитрієв Д.О.	
Автоматизоване управління адитивними технологічними процесами	17
Кобченко О.В., Скідан В.В., Лебеденко Ю.О.	
Автоматизована система контролю і захисту транспортного обладнання елеватора	23
Колесник К.А., Сарафаннікова Н.В.	
Основні компоненти IoT-систем опалення	26
Мазур О.П., Скідан В.В., Лебеденко Ю.О.	
Підходи до автоматизації моніторингу технологічних параметрів зернових елеваторів ..	30
Мірзоян М.С., Єдинович М.Б., Кузьміна Т.О.	
Прилад для оцінки якості лляного волокна на основі його оптичних характеристик	33
Мулярчук К.Є., Єдинович М.Б.	
Узагальнена модель датчика контролю лінійних деформацій тканини	36

СЕКЦІЯ «МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ»

Клевцов М.К., Рудакова Г.В.	
Аналіз методів розв'язання задачі промислового розкрою паперу	41
Ніконов О.Я., Гасанлі Е.	
Гібридна архітектура адаптивного управління мобільними роботизованими платформами в умовах невизначеності	43
Ніконов О.Я., Ткач В.С.	
Адаптивна автоматизована система стабілізації руху мобільних роботизованих платформ	45
Степанчиков Д.М., Колесник К.А.	
Дослідження впливу різних принципів автоматичного керування на генерацію потужності вітроенергетичної установки	47

СЕКЦІЯ «КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ»

Димова Г.О., Застєнкіна С.І.	
Інтелектуальний аналіз даних з використанням оптимізаційного підходу до побудови кластерів	52
Зярко Д.В., Дудник Б.М., Боскін О.О.	
Масштабні атаки та витoki даних і чому важлива безпека у великих соцмережах	57
Ігнатов Д.А., Шушура О.М.	
Інтеграція прогнозування навантаження та динамічного вибору віртуальних машин для ефективного управління ресурсами	60
Ларін К.П., Поліщук В.М.	
Об'єднання Web та Embedded розробок з використанням технології REST API	63

Лінінський Є.О., Сарафаннікова Н.В.	
Модернізація систем обліку теплопостачання	65
Неласов І.О., Шульженко Д.П., Боскін О.О.	
Кіберзагрози в соціальних мережах на прикладі Facebook	69
Псьол М.С.	
Метод розроблення та налаштування системи оперативної зміни параметрів радіозв'язку літальних апаратів	73

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ»

Батунін М.Г., Бісікало О.В.	
Інтелектуальна система аналізу текстів на основі бібліотеки Python та нейронної мережі	78
Зелінський В.Я., Шушура О.М.	
Модель інтеграції асистента на основі штучного інтелекту в ERP-систему Odoo	79
Криворучко Б.В., Єдинович М.Б.	
Моделювання системи АСС сучасного автомобіля	81
Мартинюк Б.О., Грига В.М.	
Спеціалізована комп'ютерна система ідентифікації особи на базі нейронної мережі	85
Мінаєв Д.Д., Сидорук М.В.	
Розробка web-служб з елементами штучного інтелекту	88
Окунович Б.О., Поліщук В.М.	
Загрози безпеки SQL-ін'єкцій у вебдодатках та способи їх запобігання	90
Прокопчук Б.О., Грига В.М.	
Спеціалізована комп'ютерна система мінімізації автомобільних заторів на базі нейронної мережі	91
Хорканін М.Ю., Медяков О.О.	
Model of LLM-based Multiagent System For Automatic Planning And Controlling of Heterogenous Intellectual Distributed Systems	93
Chumak M.O., Shakhnovsky A.M., Bondarenko S.G., Sanginova O.V.	
Dynamic Process Models For Decision-Making In the Management of the Water-Chemical Regime of a Nuclear Power Plant	96
Шур Г.О., Думин І.Б.	
Підхід з використання проміжного злиття мультимодальних даних для покращення виявлення небезпечних об'єктів	99

СЕКЦІЯ «СИСТЕМИ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ І КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Шевчук І.О., Думин І.Б.	
Покращення взаємодії зі смарт-пристроями за допомогою класифікації емоцій в голосовому керуванні	103

СЕКЦІЯ «НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ ТА В ГАЛУЗІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ»

Андропова О.В., Петренко А.Є.	
Моделювання системи сонячного гарячого водопостачання в програмному середовищі MATLAB/Simulink	107

Кнівець Є.Г., Поліщук В.М.

Багатоканальний циклічний програмований таймер для керування системою опалення 109

Курак В.В., Лісова В.В.

Порівняння вироблення енергії фасадними та даховими фотоелектричними системами 111

СЕКЦІЯ «СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ І БЕЗПЕКИ В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ»

Артемчук О.А., Поливода В.В.

Аналіз потужності суднової аварійної електричної станції з використанням платформи автоматизації CODESYS 114

Багін Є.П., Поливода В.В.

Автоматизація розрахунку ємності акумуляторних батарей суднової електроенергетичної системи 118

Бігун С.В.

Проблеми інтеграції систем керування головною енергетичною установкою в умовах цифровізації судноплавства 120

Канєвський М.В., Лазарєв О.В.

Використання оптоволоконних датчиків для моніторингу цілісності залізничних рейок на основі аналізу вібрацій 122

Коза Д.Є., Поливода В.В.

Реалізація схеми прямого та реверсивного пуску електродвигуна з використанням платформи автоматизації CODESYS в судновій автоматизованій електроенергетичній системі 123

Русанов С.А., Шильцин Я.В., Шатохіна І.А., Дроздов М.С.

Моделювання аеродинаміки автомобілів з врахуванням антикрила для покращення зчеплення з трасою 128

Славич В.П., Лісовська Н.М.

Особливості процесу моделювання транспортних паркувань 130

Череднюк Р.О., Поливода В.В.

Моделювання системи захисту приймачів електроенергії в судновій автоматизованій електроенергетичній системі 132

СЕКЦІЯ «НОВІТНІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕДИЧНІЙ ГАЛУЗІ»

Невінський Д.В., Мартянов Д.І.

Вплив соціально-економічних, медичних і демографічних чинників на динаміку туберкульозу в Україні 137

СЕКЦІЯ «СУЧАСНІ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ЗАСОБИ В ГАЛУЗІ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ І МЕХАТРОНІКИ»

Кузмічов М.Ф., Дмитрієв Д.О.

Забезпечення механічних властивостей матеріалів технологіями 3D-друку та постмеханічної обробки 141

Сімінченко І.П., Поніч Д.П.

Машинне навчання та нейромережі для оптимізації складу СОТС та управління процесами різання в реальному часі 143

СЕКЦІЯ

«АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ

ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ»

ТОРГОВИЙ БОТ ДЛЯ КРИПТОВАЛЮТНИХ БІРЖ

У теперішній час спостерігається стрімке зростання ринку криптовалют та значне збільшення обсягів торгівлі на криптовалютних біржах. Автоматизація торгівлі за допомогою спеціалізованих ботів стає все більш затребуваною, оскільки дозволяє підвищити ефективність торгових операцій, зменшити вплив емоційного фактору при прийнятті рішень та забезпечити цілодобову роботу без перерв. Однак існуючі рішення часто обмежені підтримкою лише однієї біржі, мають недостатню гнучкість налаштування торгових стратегій або потребують значних технічних знань для їх впровадження.

Ринок криптовалют характеризується високою волатильністю та працює цілодобово, що ускладнює ручне управління торговими операціями. Саме тому розробка універсального, надійного та масштабованого торгового бота з можливістю підключення до різних бірж та налаштування різноманітних торгових стратегій є актуальною задачею.

Аналіз існуючих рішень показує, що більшість торгових ботів для криптовалютних бірж мають обмежену функціональність і не дозволяють повною мірою використовувати потенціал алгоритмічної торгівлі. Згідно з дослідженнями, автоматизовані системи торгівлі з правильно налаштованими стратегіями можуть демонструвати кращі результати порівняно з ручним трейдингом, особливо в періоди високої волатильності ринку [1, 2].

Сучасні підходи до розробки торгових ботів включають використання методів технічного аналізу, машинного навчання для прогнозування цін, а також інтеграцію з хмарними сервісами для забезпечення високої доступності та масштабованості [3, 4]. Однак недостатньо уваги приділяється створенню гнучкої архітектури, яка б дозволяла швидко адаптуватися до змін на ринку та підключати нові біржі й стратегії без необхідності значної переробки коду.

Метою роботи є розробка програмної системи у вигляді торгового бота для криптовалютних бірж, який дозволить автоматизувати процес торгівлі, мінімізувати вплив людського фактора та підвищити ефективність прийняття рішень. Система має забезпечувати підтримку кількох біржових платформ, надавати можливість налаштування та тестування різних торгових стратегій, а також гарантувати гнучкість та масштабованість для подальшого розвитку. Реалізація цього проекту передбачає вирішення таких завдань:

- визначити функціональні вимоги до системи торгового бота на основі аналізу потреб та існуючих рішень;
- обрати оптимальну архітектуру системи, яка забезпечить гнучкість, масштабованість та надійність;
- розробити модульну структуру системи з можливістю легкого підключення нових бірж та впровадження різних торгових стратегій;
- створити механізми отримання та аналізу ринкових даних для використання в торгових стратегіях;
- реалізувати базові торгові стратегії та протестувати їх ефективність в тестовому середовищі;
- розробити механізми розгортання системи в хмарній інфраструктурі з забезпеченням високої доступності;
- провести тестування системи в реальних умовах на різних біржах та оцінити її ефективність.

На основі аналізу потреб та існуючих рішень визначено ключові функціональні вимоги до системи: підтримка кількох бірж, можливість налаштування різних торгових стратегій, цілодобова робота, високий рівень безпеки, можливість моніторингу та аналізу результатів торгівлі.

Для реалізації системи обрано мікросервісну архітектуру. Вибір саме цієї архітектури обумовлений наступними перевагами: гнучкість та масштабованість, незалежність розробки та оновлення, технологічна різноманітність, висока надійність, легке підключення нових бірж та стратегій.

Архітектура системи (рис. 1) забезпечує гнучкість, масштабованість та надійність при високих навантаженнях. Основними компонентами є: Trader – керує процесом торгівлі; Strategy – набір взаємозамінних модулів, що реалізують різні торгові стратегії (наприклад, Moving Average, RSI, MACD тощо); TechnicalAnalyzer – модуль для проведення технічного аналізу ринкових даних; MarketService – сервіс для отримання ринкових даних з різних бірж; TradeService – сервіс для виконання торгових операцій; Client – абстракція для роботи з різними біржами (Spot1Client, Spot2Client, SpotNClient); Telegram Bot та REST API – інтерфейси взаємодії користувача з системою.

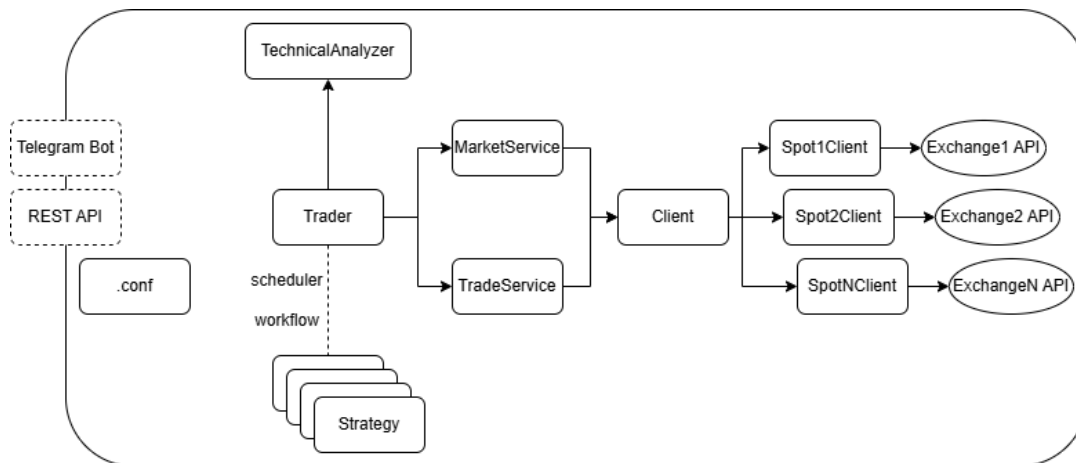


Рисунок 1 – Архітектура системи торгового бота

Система розгортається в хмарній інфраструктурі AWS з використанням сервісу Elastic Beanstalk, що забезпечує автоматичне масштабування та високу доступність. Компоненти системи запускаються в контейнерах Docker, що спрощує розгортання та оновлення. Для зберігання історичних даних та налаштувань використовується хмарна база даних.

Запропонована система торгового бота для криптовалютних бірж дозволяє автоматизувати процес торгівлі, зменшити вплив емоційного фактору при прийнятті рішень та забезпечити цілодобову роботу. Мікросервісна архітектура забезпечує високу надійність, масштабованість та гнучкість системи, дозволяючи швидко адаптуватися до змін на ринку та підключати нові біржі й стратегії.

Перспективи подальших досліджень включають інтеграцію методів машинного навчання для прогнозування цін, розробку більш складних торгових стратегій та впровадження механізмів адаптивного налаштування параметрів стратегій на основі аналізу їх ефективності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Hudson R., McGroarty F. Automated trading with performance weighted random forests and seasonality. *Journal of Asset Management*. 2023. T. 24, № 3. С. 207–222.
2. Nakano M., Takahashi A., Takahashi S. Bitcoin technical trading with artificial neural network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2018. T. 510. С. 587–609.
3. Garcia-Martinez J. A., Vicedo P., Vicedo J. L. Application of technical, fundamental and sentiment analysis in automated algorithmic trading systems for cryptocurrencies. *Mathematics*. 2023. T. 11, № 3. С. 572.
4. Hegazy S., Sayed H. H. Development of a cryptocurrency trading bot integrated with technical analysis. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2022. T. 13, № 6. С. 356-363.

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИМИ ТРЕКЕРАМИ

Використання відновлюваних джерел енергії стало важливою стратегією для багатьох розвинених країн, спрямованою на забезпечення енергетичної незалежності та сталого економічного розвитку. Для ефективного використання сонячної енергії необхідно застосовувати алгоритми автоматичного позиціонування сонячних панелей. У цій статті ми розглянемо переваги та недоліки таких алгоритмів як астрономічні, сенсорні, гібридні та алгоритми оптимізації за потужністю.

Астрономічні алгоритми – математичні алгоритми, що засновані на астрономічних посиленнях. Ці алгоритми використовують математичні моделі руху Сонця, зокрема залежність його координат від географічного положення, дати та часу.

Наприклад, алгоритм SPA (Solar Position Algorithm) розраховує азимут і кут висоти Сонця за реальним часом. Кут висоти Сонця – це відстань по дузі вертикального кола від математичного горизонту до Сонця або ж кут між площиною математичного горизонту та напрямком на світило. Азимутальний кут (азимут) визначає горизонтальну координату, що показує кут між напрямком на світило і напрямком на південь (рис.1). У дні рівнодення, незалежно від широти, Сонце сходить точно на сході й заходить строго на заході, тому його азимутальні кути дорівнюють 90° і 270° відповідно. Проте в інші дні року азимут Сонця змінюється залежно від широти та пори року [1].

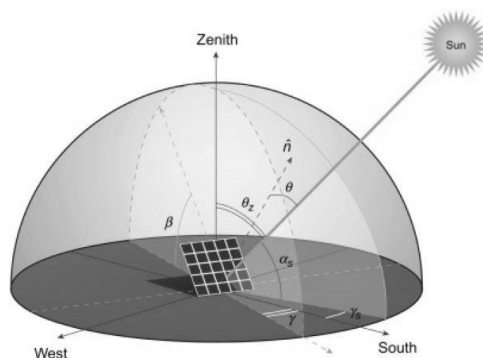


Рисунок 1 – SPA – астрономічний алгоритм

Для точного визначення кута висоти Сонця та азимутального кута необхідно попередньо розрахувати такі параметри:

- меридіан місцевого стандартного часу, що обчислюється за формулою:

$$LSTM = 15 \cdot T, \quad (1)$$

де T – різниця між місцевим часом і універсальним координатним часом (UTC), виражена в годинах (T також дорівнює часовому поясу);

- рівняння часу, яке враховує вплив ексцентриситету орбіти Землі та нахилу її осі:

$$EoT = 9,87 \cdot \sin 2B - 7,53 \cdot \cos B - 1,5 \cdot \sin B, \quad (2)$$

де B визначається за формулою $B = \frac{360}{365} (d - 81)$, де d – кількість днів з початку року;

- Місцевий сонячний час з урахуванням коригувань.

$$LST = LT + TC \cdot 60, \quad (3)$$

де LT – поточна година,

TC – поправка на час, яка знаходиться за виразом:

$$TC = 4 \cdot (l - LSTM) + EoT,$$

в якій l – координата довготи спостерігача;

– кут схилення Сонця, що залежить від дати та визначається за рівнянням:

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \cos\left(\frac{360}{365} \cdot (d + 10)\right), \quad (4)$$

де d – кількість днів з початку року;

– Часовий кут визначається за формулою:

$$HRA = 15 \cdot LST. \quad (5)$$

Провівши розрахунки згідно формул (1)-(5) можна визначити кут висоти світила:

$$\alpha = \sin(\sin(\delta) \cdot \sin(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(HRA)), \quad (6)$$

де φ – широта місця розташування,

δ – кут схилення сонця, що обчислюється за формулою (4),

HRA – часовий кут, що обчислюється за формулою (5). Азимутальний кут за виразом:

$$Az = \cos(\sin(\delta) \cdot \cos(\varphi) - \cos(\delta) \cdot \sin(\varphi) \cdot \cos(HRA) \cos(\alpha)), \quad (7)$$

де α – це висота над рівнем моря,

φ – широта місця розташування,

δ – кут схилення Сонця, що обчислюється за формулою (4),

HRA – часовий кут, що визначається згідно (5) [2].

Метод розрахунку покладено в основу алгоритму автоматизованої роботи сонячного трекара (рис.2).

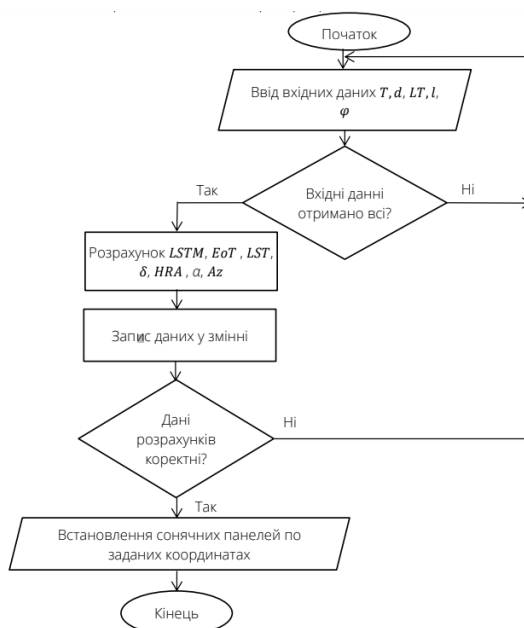


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму SPA

Алгоритм використовує часовий пояс T , кількість днів d , поточну годину LT та координати (довгота l , широта ϕ) для розрахунку кута висоти α та азимуту Az , що налаштовує панель на оптимальний кут до Сонця.

Ще одним прикладом астрономічних алгоритмів є керування положенням трекера за допомогою Азимута і Зенітного кута, що відбуваються за однією програмою. Керування трекером враховує добове зміщення, спричинене обертанням Землі навколо осі, та річне зміщення від руху Землі навколо Сонця. Система використовує таймер для регулювання циклів положення актуатори, проте точність позиціонування обмежена, оскільки Сонце змінює своє положення на небосхилі і моменти сходу та заходу кожного дня. Якщо коригування не відбуваються хоча б раз на місяць, це призводить до втрати енергії через неправильне орієнтування панелей вранці чи ввечері, відносно місяців року (рис.3) [3].

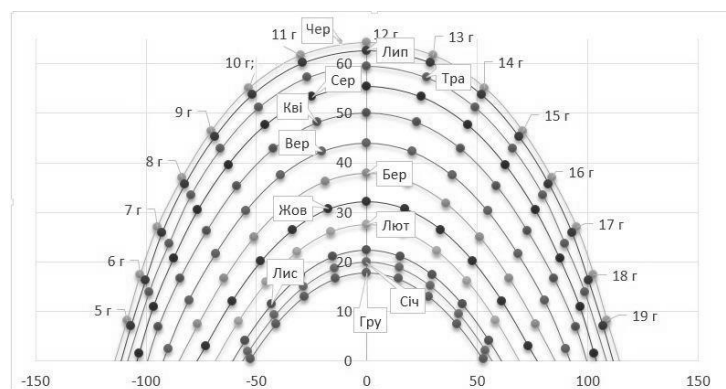


Рисунок 3 – Середні значення сонячного шляху для одного дня кожного місяця на широті 49°

Сенсорні алгоритми (алгоритми інтенсивності світла та ін.) – використовують датчики освітленості для коригування положення панелей у реальному часі, реагуючи на фактичний рівень сонячного випромінювання.

Наприклад, трекери з диференціальним вимірюванням (рис.4), використовують фотоприймачі (LDR), опір яких змінюється залежно від інтенсивності світла.



Рисунок 4 – Трекер з диференціальним вимірюванням

Якщо сонячні промені падають під кутом, різні фотоприймачі отримують неоднакову кількість світла, що створює різницю у вихідних сигналах. Аналізуючи ці дані, мікроконтролер визначає необхідний напрямок корекції та формує керуючі команди для механічного приводу. Панель змінює положення доти, доки інтенсивність світла на всіх фотоприймачах не вирівняється, що забезпечує максимальну ефективність її роботи.

Структурна схема цієї системи зображені на рис.5. Перевагою даної схеми є те, що вона не потребує точних моделей резисторів та елементів. Однак, суттєвий недолік – ефективність системи залежить від максимально точного налаштування програмного забезпечення [4].



Рисунок 5 – Схема структурна трекера з диференційним вимірюванням

Гібридні алгоритми – поєднують математичні моделі астрономічного відстеження з даними сенсорів, що дозволяє досягти більшої точності та адаптивності до змінних умов.

При комбінованому керуванні система позиціонування сонячної панелі може працювати за двома підходами. Перший базується на фотоприймачах, які реагують на зміну положення Сонця. Панель коригує орієнтацію, доки всі фотоприймачі не отримають однакову кількість світла. Однак цей метод залежить від погодних умов. Другий підхід використовує розрахунок положення Сонця за географічними координатами, що дозволяє коригувати орієнтацію незалежно від освітлення, але ускладнює реалізацію. У запропонованій системі поєднано обидва методи: основне керування здійснюється за фотоприймачами, а в умовах хмарності – за розрахованими положеннями Сонця та сенсорами положення.

На основі цього формується структурна схема системи (рис.7), що включає наступні основні блоки: мікроконтролер, блок фотоприймачів, блок синхронізації часу, блок сервоприводу та сенсори позиціонування [5].

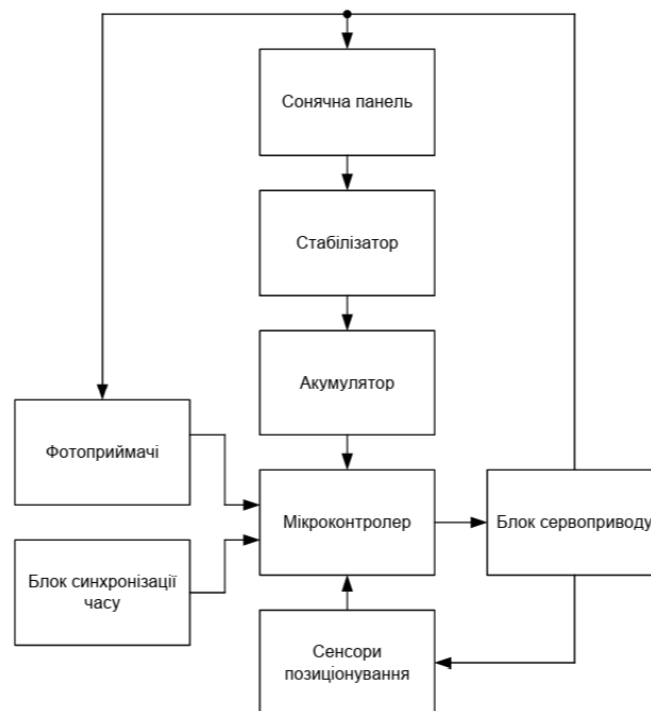


Рисунок 7 – Схема структурна комбінованого методу керування

Алгоритми оптимізації за потужністю MPPT (Maximum Power Point Tracking). Метод екстремального регулювання потужності (ЕРП), або MPPT, використовується для оптимального відбору енергії з фотоелектричних модулів (ФМ). MPPT-контролери використовують ШІМ для регулювання струму акумуляторів. Існують різні алгоритми пошуку максимальної потужності:

- Збурення та спостереження (P&O): контролер змінює напругу і аналізує зміну потужності, регулюючи її напрямом. Метод простий, але може спричинити коливання потужності.
- Метод зростаючої провідності (Incremental Conductance, IncCond): порівнює приріст провідності ($\Delta I / \Delta U$) з провідністю ФМ (I / U) для точнішого визначення максимальної потужності. Метод точніший за P&O, але складніший у реалізації, і також може спричинити коливання потужності.
- Метод струмового розгорнення (Current Sweep Method): аналізує струм модуля для визначення оптимальної напруги.
- Метод постійної напруги (Constant Voltage, CV): регулює напругу до фіксованого значення, що відповідає певній частині напруги холостого ходу модуля але менш ефективний, оскільки не враховує зміни умов освітлення.

Найбільш поширеним серед них є метод збурення та спостереження (ЗТС). Покращення цього алгоритму можливе за рахунок різних варіантів адаптації: перенастроюванням пошукового кроку, передбачуваною адаптацією, налаштуванням нечітким регулятором [6].

В результаті порівняльного аналізу алгоритмів керування сонячними панелями, можна зробити наступні висновки:

- Перевагою астрономічних алгоритмів є висока точність у ясну погоду, можливість використання для довгострокового планування. Недоліки: не враховують локальні умови, потребують точних вхідних даних, не враховують реальні умови освітлення.
- Сенсорні алгоритми відрізняються автоматичною орієнтацією на найкраще освітлення, реагування на локальні зміни, не потребують точних часових даних, проте вразливі до забруднення, погано працюють у похмуру погоду, потребують додаткового живлення.
- Гібридні алгоритми поєднують точність та адаптивність, працюють за різних погодних умов, менше залежні від точності вхідних даних, але складні в реалізації, потребують потужнішого процесора, мають вищу вартість.
- Метод оптимізації за потужністю (MPPT) забезпечує максимальну ефективність, автоматично адаптується до змін освітлення, широко використовується в комерційних інверторах, але має такі недоліки як складні обчислення, можливі коливання потужності при неправильному налаштуванні, існує потреба у MPPT-контролера.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Alboteanu I. L., Bratu C., Ravigan F. Small Scale Models of Solar Tracking Systems. Annals of the University of Craiova Electrical Engineering Series. 2023. Vol. 47. P. 95–102. URL: <https://doi.org/10.52846/aucee.2023.15>
2. Тиш Є., Гончаренко О. АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА. ГРААЛЬ НАУКИ. 2021. С. 268–271. URL: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.11.2021.050>
3. Булан, І. Л. Система автоматичного позиціонування сонячних панелей : дипломний проєкт ... бакалавра : 6.050201 Системна інженерія / Булан Ілля Леонідович. – Київ, 2019. – 64 с.
4. Шутько Ю. С. Електронна система керування трекером автономної сонячної електростанції : master's thesis. 2018. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/71282>
5. Парасунько І.І. Система автоматизованого позиціонування та управління сонячними батареями. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 – Комп'ютерна Інженерія, Вінниця: ВНТУ, 2022.
6. Бабешкий І.С. Система адаптивного керування фотоелектричною системою : магістерська робота. 2021. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19247>

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ В МАГАЗИНАХ БЕЗ ПЕРСОНАЛУ

В сучасній ері всеохоплюючої автоматизації, пов'язаною з все більшим здешевленням техніки, в порівнянні з людино-годинами, а також новітніми розробками в сферах логістики та роздрібної торгівлі, породжують нові концепції і формати магазинів. Одним з таких форматів, що набуває популярності на заході є магазини без персоналу.

В ході даної роботи було досліджено концепцію даних магазинів, проаналізовані доступні на світовому і українському ринках технологічні рішення, спроектована, легка для впровадження в Україні, мережа магазинів без персоналу.

Магазини без персоналу (Unmanned store) – це концепція магазинів, в яких участь персоналу відсутня повністю або зведена до необхідного для роботи мінімуму. Найчастіше зустрічається другий варіант, у якому персонал виконує завдання з розвантаження та викладки продукції через технічну складність цього процесу. Всі інші операції, такі як оплата товарів, контроль за безпекою та товарооблік, автоматизуються за допомогою сучасних технологій.

Такий вид ведення бізнесу зручний як для великих мереж малих магазинів, так і для підприємців, які хочуть відкрити власний магазин без необхідності найму великого штату працівників. Автоматизовані магазини можуть функціонувати цілодобово, що забезпечує додаткові конкурентні переваги.

Незважаючи на високу ціну входу та соціально-правові аспекти, є перспективним напрямком через зменшені витрати на персонал і маркетинговий потенціал.

Zabka-Napo – це мережа польських магазинів, що є одним з форматів магазинів Zabka. Формат представляє собою магазин без касирів і охорони. Серед персоналу присутні тільки 1-2 людини, що займаються прибиранням, прийомом та розкладанням товару. На момент написання цієї роботи працює понад 50 магазинів формату Napo і їх кількість з часом збільшується.

Серед груп товарів з обмеженим обігом, таких як енергетичні напої, використовуються системи підтвердження віку на основі біометричних даних або інформації з мобільного додатку.

Найбільш вдалою виявилася ідея розташування таких магазинів всередині підприємств. Так перший подібний магазин був відкритий на мега фабриці Тесла в Німеччині. В Польщі високо успішними виявилися магазини відкриті на території будівельного магазину Leroу Merlin та спортивного комплексу EasyFit.

Сучасні магазини без персоналу використовують комплексні технологічні рішення, які забезпечують зручність для покупців та ефективність управління бізнесом. В ході роботи були проаналізовані технологічні рішення та виділені основні з них.

Основні технології:

- Каси самообслуговування – дозволяють покупцям сканувати товари та оплачувати їх самостійно.
- Електронні цінники – дозволяють змінювати ціни дистанційно без необхідності заміни паперових етикеток.
- Системи видачі товару – забезпечують автоматичну видачу товарів на підтвердження віку.
- AI-аналіз покупок – розпізнає товари в кошику покупця без необхідності сканування.

Для роботи автоматизованих магазинів використовуються різні бездротові технології, які забезпечують зв'язок між пристроями та системами управління. В роботі було проаналізовано та описано переваги та недоліки найбільш уживаних технологій.

Використовувані технології:

- Wi-Fi (2.4 ГГц) – забезпечує стабільне, шифроване з'єднання для мережі пристроїв.
- Інфрачервоний зв'язок – використовується рідко через обмеження в дальності передачі, але являється енергоефективною технологією.
- LoRa та ZigBee – дозволяють зв'язувати пристрої з низьким енергоспоживанням на великі відстані, набувають все більшого поширення.

Результатом виконаної роботи є спроектована мережа магазинів, та проєкт окремого магазину цієї мережі. Ієрархічна структура мережі магазинів була обрана як найбільш зручна для подальшого управління та з міркувань кібербезпеки. Її схема представлена на рис.1.

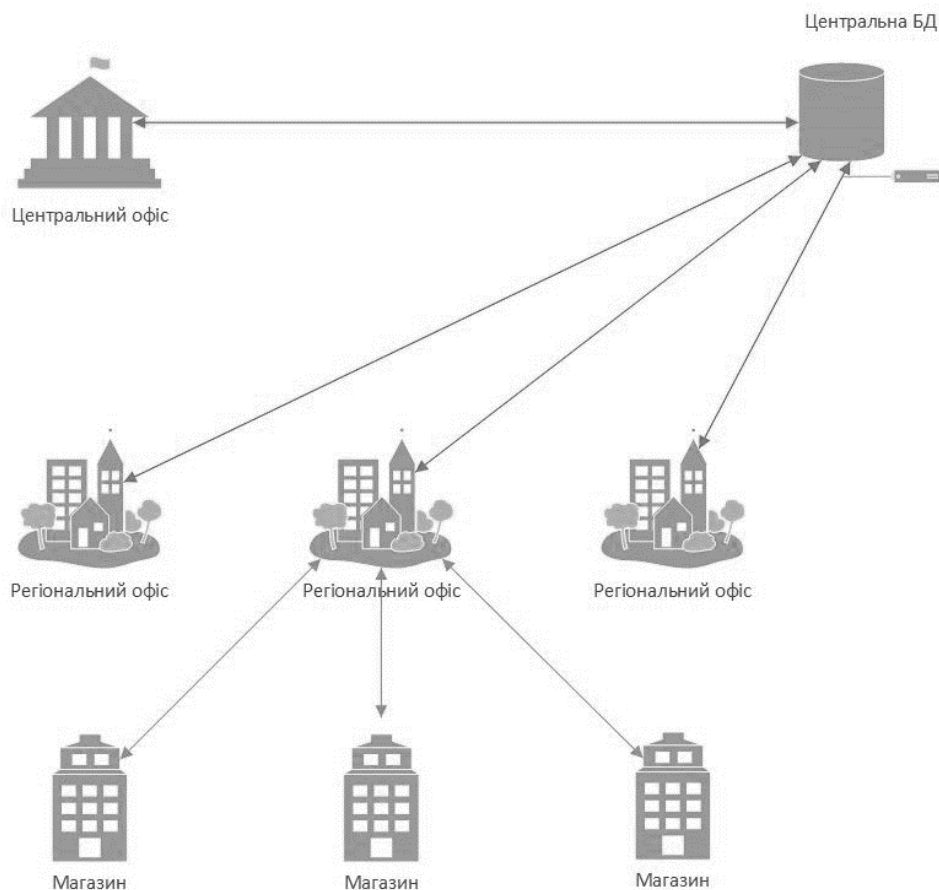


Рисунок 1 – Схема мережі магазинів

Ієрархічна структура:

- Центральний офіс – забезпечує управління мережею магазинів та обробку аналітики.
- Центральна база даних – база даних, в яких зберігається інформація о цінах в мережі а також організаційна та податкова інформація з магазинів.
- Регіональні офіси – відповідають за моніторинг стану окремих магазинів.
- Окремі магазини – працюють автономно без зв'язку між собою.

Для забезпечення інформаційної безпеки були обмеженні зв'язки всередині одного рівня та використання локальних серверів для забезпечення функціонування блоків і як тимчасове сховище для інформації.

Структурна схема магазину була складена з окремих функціональних модулів (рис. 2). Центральною частиною є сервер з операційною системою Windows, що полегшує інтеграцію штучного інтелекту.

Відеоспостереження відіграє ключову роль у безпеці магазинів без персоналу, запобігаючи крадіжкам та контролюючи поведінку покупців. Було вибрано рішення фірми TP-LINK яка давно себе зарекомендувала як надійного виробника мережевого обладнання.

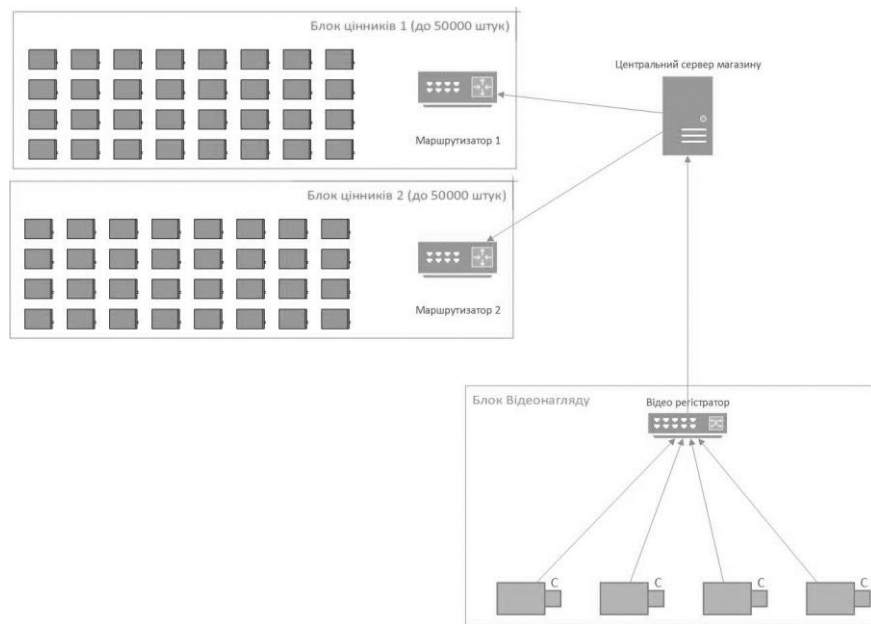


Рисунок 2 – Мережева структура магазину

Використані рішення:

- Камери TP-LINK VIGI C250 – забезпечують високу якість зображення.
- Реєстратор VIGI NVR1008H-8MP – дозволяє зберігати відеоархів та комутує систему камер.
- Живлення через PoE – спрощує монтаж, дозволяючи під'єднати камери одним кабелем, та забезпечує стабільну роботу камер.

Електронні цінники дозволяють гнучко змінювати ціни в магазині без необхідності друку нових паперових етикеток.

Основні переваги:

- Використання E-ink технології для економії енергії.
- Інтеграція з базами даних для швидкого оновлення цін.
- Автоматичне коригування цін у відповідь на зміни попиту та акційні пропозиції.

В проєкті було вжита система електронних цінників SOLUM, яка вже активно використовується у великих роздрібних мережах та найширше представлена в Україні.

У ході роботи було досліджено концепцію та розроблено власне рішення бездротової системи зв'язку для магазинів без персоналу. Основною метою роботи було вивчення технологічних рішень, що сприяють автоматизації торгівлі, та адаптація сучасних засобів представлених в Україні для забезпечення ефективної роботи таких магазинів.

Під час аналізу готових рішень було розглянуто модель Żabka Nano, що дозволило оцінити практичні аспекти впровадження безконтактної системи покупок. Було виявлено, що основні переваги автоматизованих магазинів полягають у зниженні витрат на персонал, зручному товарообліку та маркетинговому потенціалі. Водночас було відзначено певні труднощі, пов'язані з високою вартістю впровадження, технічними обмеженнями та юридичними аспектами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. E-paragony w urządzeniach Novitus – poradnik użytkownika. URL: <https://novitus.pl/>
2. Tp-link. URL: <https://www.tp-link.com/>
3. Douglas E. Comer – Internetworking with TCP/IP
4. Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall – Computer Networks
5. Козырев В.А., Левин А.И. Компьютерные сети: Архитектура, принципы построения и протоколы

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ АДИТИВНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Аддитивні технології (адитивне виробництво, 3D-друк) – це сукупність процесів виготовлення деталей шляхом послідовного додавання матеріалу шар за шаром на основі цифрової моделі. На відміну від традиційних субтрактивних методів (обробки різанням), адитивні методи дозволяють створювати геометрично складні вироби практично без відходів матеріалу. Вони охоплюють різні підходи: наприклад, екструзійний 3D-друк полімерів (FDM), стереолітографію (SLA) – твердіння рідкого фотополімеру лазером, селективне лазерне спікання/плавлення порошків (SLS/SLM) тощо. Ці процеси все ширше застосовуються в промисловості (авіакосмічна галузь, медицина, машинобудування), проте їх автоматизоване управління є викликом. Без належної автоматизації важко забезпечити стабільну якість виробів і інтегрувати 3D-принтери у промислові виробничі лінії.

Незважаючи на стрімкий розвиток адитивного виробництва, більшість відповідного обладнання досі працює як окремі автономні пристрої і не інтегроване повною мірою в системи промислової автоматизації. Багато адитивних машин не оснащені стандартизованими контролерами промислового класу і закриті для зовнішнього керування. Для порівняння, у сфері верстатів з ЧПК проблему інтеграції вирішено шляхом введення стандарту MTConnect, а виробники промислових роботів часто надають інтерфейси OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) для підключення до зовнішніх систем. Натомість ринок адитивних машин фрагментований: чимало виробників 3D-принтерів (особливо стартапи) зосереджені на самій технології друку, а можливості зовнішнього керування для них поки що не пріоритетні. Часто 3D-принтери використовуються лише для прототипування і працюють ізольовано від основної виробничої лінії, тому інтеграція таких установок в MES/ERP (Manufacturing Execution Systems/Enterprise Resource Planning) системи сприймається як другорядне завдання. До того ж, після друку багато виробів потребують ручних операцій постобробки (очищення, шліфування тощо), що ускладнює повну автоматизацію процесу. Все це гальмує впровадження адитивних технологій в концепцію Industry 4.0– “розумного” виробництва, де обладнання має бути взаємопов’язане та самокероване [2].

Мета дослідження– пошук та розробка підходів до автоматизованого управління адитивними технологічними процесами через інтеграцію сучасних апаратно-програмних засобів автоматизації. Зокрема, передбачається використання промислових контролерів (ПЛК- Програмовані Логічні Контролери) і SCADA-систем для керування процесами 3D-друку, моніторингу параметрів у режимі реального часу та ув’язки адитивних установок з іншими ланками виробництва. Очікувані результати включають створення концептуальної архітектури системи керування адитивним процесом, що забезпечить: автоматичне регулювання ключових параметрів друку, підвищення якості та відтворюваності виробів, збір технологічних даних для подальшого аналізу, а також легку інтеграцію 3D-принтера у загальний виробничий цикл. Таким чином, досягнення мети дозволить наблизити адитивне виробництво до стандартів промислової автоматизації та підвищити ефективність використання цих новітніх технологій.

Аддитивні процеси реалізуються різними методами, але всім їм притаманна поетапність (пошарове виготовлення) і висока чутливість до режимів керування. Наприклад, у технології FDM (Fused Deposition Modeling) пластикова нитка розплавляється і видавлюється через екструдер; критичними параметрами є температура сопла і стола, швидкість подачі та координовані рухи механізмів. BSLA-принтерах (стереолітографія) ультрафіолетовий лазер

полімеризує шар фотополімерної смоли – тут важливо точно контролювати потужність лазера, час експозиції та координати променя. У SLS/SLM (селективне лазерне спікання/плавлення) тонкий шар порошкового матеріалу локально плавиться потужним лазером; підтримання стабільної температури розплаву і рівномірного розподілу енергії лазера є вирішальним для якості готової деталі. В усіх цих випадках відхилення параметрів процесу (перегрів, недостатня потужність, неточність подачі матеріалу тощо) можуть призвести до дефектів: пористості, деформацій, тріщин або відхилення розмірів [3].

Більшість настільних 3D-принтерів відкритого типу працюють у режимі відкритого циклу: вони виконують заздалегідь згенерований G-код без зворотного зв'язку. У промислових умовах такий підхід не гарантує стабільності – потрібен моніторинг процесу та динамічне коригування параметрів. Сучасні дослідження підтверджують, що залучення датчиків і зворотних зв'язків значно підвищує якість адитивного виготовлення. Наприклад, для лазерного наплавлення металів впроваджено систему замкнутого керування температурою розплавленої ванни з використанням пірометрів та ПІ-регулятора (пропорційно-інтегральний регулятор). У результаті температура ванни стабілізувалася на заданому рівні, а отримані зразки мали рівнішу поверхню і були без ознак окислення – на відміну від зразків, надрукованих без такої системи керування. Таким чином, автоматичне регулювання технологічних параметрів у процесі друку здатне зменшити варіабельність якості деталей і запобігти виникненню бракованих виробів.

Окрім якості продукції, автоматизація контролю адитивних процесів важлива для забезпечення безпечної та стабільної роботи обладнання. Наприклад, перевищення температури екструдера чи лазера може спричинити аварійну ситуацію – тому система повинна вчасно виявити і скоригувати такі відхилення або зупинити процес. Вбудовані датчики (температури, тиску, оптичні камери тощо) та засоби автоматизованого управління дозволяють реалізувати подібні функції надійного контролю.

Програмовані логічні контролери (ПЛК). У промисловій автоматизації традиційно використовуються ПЛК – спеціалізовані промислові комп'ютери для детермінованого керування обладнанням. ПЛК відзначаються високою надійністю, помехостійкістю та адаптацією до важких умов виробництва. Сучасні моделі мають достатню обчислювальну потужність для виконання складних обчислень у реальному часі та підтримують різні мови програмування (ІЕС 61131-3). Використання ПЛК для керування навіть нестандартними роботизованими комплексами показало свою ефективність – такі контролери можуть замінити собою «рідні» системи керування, забезпечивши єдину уніфіковану платформу для всього виробничого процесу. Іншими словами, на базі одного ПЛК можна побудувати систему, що керує усіма вузлами адитивної машини (приводами, нагрівачами, лазерами) і при цьому інтегрується з зовнішнім світом через стандартні інтерфейси.

В останні роки спостерігається конвергенція ПЛК та ПК-технологій. Провідні виробники (Siemens, Beckhoff, Allen-Bradley та ін.) пропонують PC-based control – програмні ПЛК, що працюють на промислових комп'ютерах під спеціалізованими ОС реального часу. Такий підхід дозволяє поєднати функції класичного ПЛК, системи руху, людино-машинного інтерфейсу (HMI) і навіть високорівневих додатків на одній апаратній платформі. Наприклад, платформа Beckhoff TwinCAT в середовищі Visual Studio дає інженеру єдине інтегроване середовище для програмування логіки керування, приводів, збору даних та навіть алгоритмів комп'ютерного зору. Це спрощує розробку і супровід, знижує ліцензійні витрати, а також полегшує масштабування системи. Важливо, що такі рішення одразу підтримують розширені можливості: підключення до хмарних сервісів і Інтернету речей (IoT), виконання обчислень «на узлі» (edge computing), інтеграцію систем технічного зору, реалізацію предиктивної діагностики обладнання тощо. Таким чином, сучасний ПЛК – це вже не просто «феле на мікропроцесорі», а багатофункціональна платформа автоматизації [1].

SCADA-системи та програмні платформи. Для супровідного керування та моніторингу технологічних процесів широко застосовуються SCADA-системи (англ. Supervisory Control and Data Acquisition – диспетчерське керування та збір даних). SCADA забезпечує людино-машинний інтерфейс, візуалізацію параметрів, реєстрацію даних у базі (історичні тренди) і часто виконує роль інтеграційної платформи між рівнем обладнання (ПЛК, датчики) та рівнем виробничого менеджменту (MES, ERP). У контексті адитивного виробництва SCADA може стати центром збирання даних з 3D-принтера: температурних профілів, стану виконання завдання, сигналів аварій, тощо. Зібрана інформація зберігається і може бути використана для аналізу якості, налагодження процесу або віддаленого контролю. Наприклад, платформа Inductive Automation Ignition (SCADA) успішно застосовується для збору та збереження даних якості на кожному етапі адитивного процесу. Відомо, що її можна напряду інтегрувати з лабораторними вимірювальними приладами, щоб автоматично отримувати результати тестування матеріалів і виробів. Таким чином, SCADA в адитивному виробництві може слугувати і для контролю процесу, і для ведення електронного паспорта виробу (простежуваність умов друку).

Сучасні засоби автоматизації підтримують стандартизовані протоколи обміну даними для взаємодії між пристроями. Одним із найпоширеніших є OPC UA (від англ. Open Platform Communications Unified Architecture) – відкрита незалежна від платформи архітектура обміну даними, стандартизована IEC 62541. OPC UA забезпечує уніфікований доступ до даних пристроїв (зчитування показників, запис керуючих впливів) і має вбудовані засоби забезпечення безпеки. Цей стандарт здобув широке впровадження на традиційних виробництвах, і нині закладається в основу для систем промислового Інтернету речей (Industrial Internet of Things-IIoT). Виробники адитивного обладнання також починають підтримувати OPC UA як засіб моніторингу роботи 3D-принтерів. Іншим прикладом стандарту для інтеграції є MTConnect – специфікація для верстатів та обладнання з ЧПК, що дозволяє відстежувати стан верстатів у єдиному форматі. Хоча MTConnect здебільшого орієнтований на станки, його філософія може бути застосована і до 3D-принтерів. Ще один тренд – концепція цифрового двійника адитивної машини: створення програмної моделі принтера, що в реальному часі відображає стан фізичного пристрою і може прогнозувати його поведінку. Для реалізації цифрових двійників потрібна уніфікована передача даних, тому OPC UA та суміжні технології мають ключове значення [5].

Отже, сучасний арсенал автоматизації (ПЛК, промислові ПК, SCADA, стандартизовані протоколи) цілком здатен забезпечити розумне керування адитивними процесами. Далі розглянемо, як ці засоби інтегруються безпосередньо у сферу 3D-друку.

Інтеграція сучасних систем керування в адитивні процеси може відбуватися на кількох рівнях. Перший рівень – безпосереднє керування устаткуванням: заміна або доповнення «рідного» контролера 3D-принтера на промисловий ПЛК (або еквівалент). Це дає змогу виконувати алгоритми керування з високою надійністю та додати функції зворотного зв'язку. Практичні приклади такого підходу вже є. Зокрема, описано впровадження відкритої PLC-платформи B&R для керування експериментальним роботом-3D-принтером великого формату (для будівельного друку). Завдяки достатній обчислювальній потужності ПЛК та підтримці стандартних мов програмування, вдалося реалізувати навіть користувацькі алгоритми низькорівневого керування приводами і інтегрувати додаткові датчики – інклінометри для автоматичного вирівнювання платформи, лідар для навігації, тощо. Таке рішення підтвердило, що ПЛК можуть замінити пропріетарні контролери адитивних машин і надати більш гнучке середовище для експериментів та оптимізації процесу.

Другий рівень – підключення 3D-принтера до зовнішньої системи управління. Якщо немає можливості безпосередньо замінити контролер принтера, реалізується проміжний шар, що «перекладає» команди стандартної системи автоматизації у зрозумілий принтеру формат. Наприклад, дослідниками розроблено кібер-фізичну систему на основі мікрокомп'ютера

Raspberry Pi, яка виступає OPC UA-сервером для зв'язку зі звичайним FDM-принтером. Цей міні-комп'ютер підключено до принтера через USB (по протоколу G-Code) і одночасно – до Ethernet-мережі підприємства. Таким чином, нестандартний 3D-принтер став доступним для моніторингу і керування через стандартизований протокол OPC UA, як і інше промислове обладнання. Такий підхід відкриває шлях до інтеграції споживчих 3D-принтерів у виробничі процеси: контролер верхнього рівня або SCADA може запускати завдання друку, ставити паузу, зчитувати температуру тощо через уніфікований інтерфейс. Важливо, що до OPC UA-сервера можна під'єднати й додаткові датчики (наприклад, датчик вібрації або газовий аналізатор в камері друку), розширюючи обсяг даних про процес.

Третій рівень – ієрархічне керування та зворотні зв'язки. Сучасні концепції передбачають багаторівневу систему контролю адитивного процесу: швидкі локальні контури регулювання виконують корекцію під час друку, тоді як повільніші контури аналізують якість по шарах і вносять зміни перед наступними етапами. На рис. 1 показано приклад архітектури з двома контурами керування: реального часу та квазі-реального часу. Внутрішній контур відстежує ключові параметри процесу (температура лазера, подача матеріалу, положення механізмів) і миттєво коригує їх на основі показань датчиків. Зовнішній контур на рівні кожного шару аналізує ширші показники (форму отриманого шару, відхилення геометрії) та може оновлювати модель процесу або змінювати режим друку для наступних шарів. Таким чином досягається адаптивне керування, що враховує накопичені дані і покращує результат друку [4].

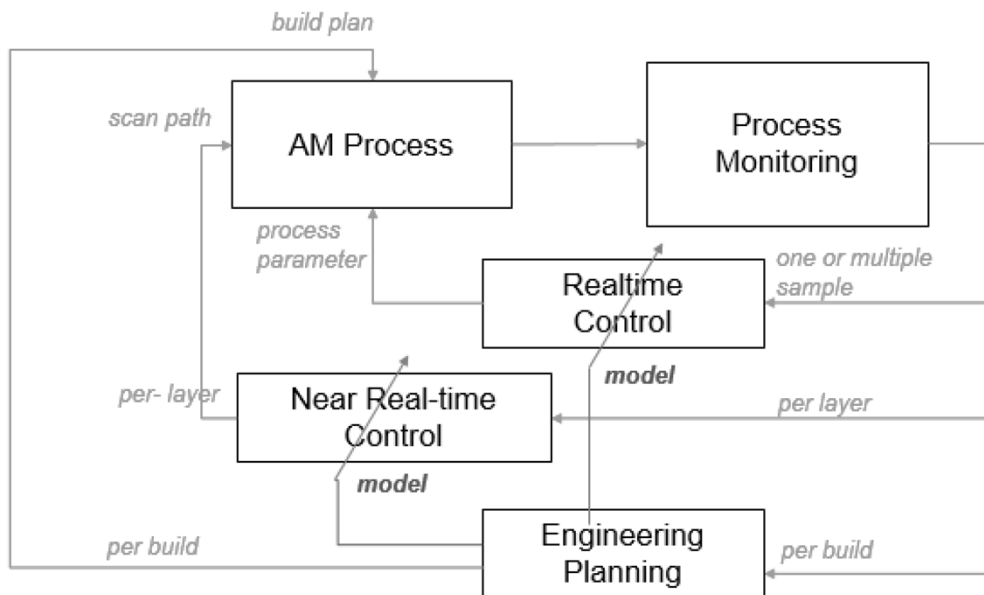


Рисунок 1 – Приклад архітектури з двома контурами керування

На рисунку 1 зображена спрощена схема мультипетлевої системи автоматичного керування процесом адитивного виробництва (внутрішній контур реального часу і зовнішній контур управління по кожному шару), де AM Process – адитивний процес (3D-друк), Process Monitoring – модуль моніторингу, Realtime Control – внутрішній регулятор, Near Real-time Control – зовнішній контур керування, Engineering Planning – модуль інженерних налаштувань/моделювання. Світло-сірим показано основні потоки даних за цикл друку (на вхід подається план побудови, по кожному шару збираються дані, які аналізуються на більш повільному рівні), чорним – оновлення моделі процесу для адаптивного керування.

Реалізація подібної багаторівневої системи потребує інтеграції різних засобів: високошвидкісних контролерів (ПЛК або модулі вводу-виводу) для внутрішнього контура,

потужних обчислювальних ресурсів (промисловий ПК або хмарний сервер) для аналізу даних і моделювання, а також мережевої інфраструктури для обміну даними між ними. В цьому контексті знову ж таки критично важливі стандартизовані інтерфейси – такі як OPC UA, MQTT, REST API – щоб забезпечити сумісність між компонентами. На практиці вже існують рішення, де 3D-принтер оснащено камерою, що відслідковує якість накладання шарів, а алгоритми машинного навчання на зовнішньому сервері аналізують зображення і надсилають назад на принтер коригувальні дії. Подібні експериментальні системи демонструють принципову здійсненність повністю автоматизованого адитивного виробництва з самонавчанням.

Впроваджуючи автоматизацію в адитивне виробництво, доводиться долати певні складнощі. По-перше, багато адитивних установок – закриті пропріетарні системи, і для доступу до їх внутрішніх параметрів потрібна співпраця з виробником або неформальні модифікації (хакінг) прошивки. Деякі виробники починають усвідомлювати важливість відкритості і надають API чи OPC UA-сервер для свого обладнання, але це швидше виняток, ніж правило на сьогодні. По-друге, інтеграція «в полі» часто потребує написання проміжного програмного забезпечення – драйверів, конвертерів протоколів, що вимагає додаткових ресурсів. Як зазначалося, пряме підключення до машини може потребувати або спеціальних опцій від вендора, або власних програмних рішень для збору даних. По-третє, забезпечення синхронної роботи адитивного процесу з іншими виробничими операціями потребує точного планування. Наприклад, 3D-друк може тривати багато годин, і відхилення за часом вплинуть на всю виробничу логістику. Тут допомагають системи диспетчеризації виробництва (MES) – вони, отримавши від SCADA дані про хід друку, можуть коригувати графік наступних операцій. Власне, одним із стимулів інтеграції є саме бажання включити 3D-принтери до загальної системи управління виробництвом для оптимального планування завантаження обладнання. І нарешті, питання кібербезпеки: підключення 3D-принтера до мережі відкриває новий потенційний рубіж атаки, тому необхідно впроваджувати засоби захисту (авторизація, шифрування, мережевий екран), особливо якщо мова про віддалений доступ або хмарне керування [6].

Загалом, результати аналізу свідчать, що інтеграція сучасних засобів автоматизованого управління та адитивних технологічних процесів є взаємовигідною. Адитивне виробництво переходить із розряду «чорних ящиків для прототипів» у статус повноцінних учасників розумних фабрик, а системи автоматизації збагачуються новим класом керованих пристроїв. Спостерігається поступове зближення цих світів: виробники 3D-принтерів додають можливості підключення до промислових мереж, а виробники ПЛК адаптують свої контролери для специфічних задач адитивного виробництва (наприклад, високошвидкісна обробка траєкторій, керування лазерною потужністю). Вже зараз деякі адитивні установки постачаються з інтерфейсом OPC UA для моніторингу стану, і очікується, що зі зростанням поширення АМ такі стандартизовані інтерфейси стануть нормою. Компанії-інтегратори також накопичують досвід інтеграції адитивних комплексів з SCADA/MES і пропонують готові рішення і повномасштабна інтеграція адитивних систем – справа часу, і поступово ці машини «наздоженуть» решту світу виробничої автоматизації.

Проведене дослідження підтвердило актуальність і доцільність впровадження сучасних засобів автоматизованого управління у процеси адитивного виробництва. В рамках роботи було сформульовано архітектурні підходи до інтеграції 3D-принтерів та суміжного обладнання в типову систему промислової автоматизації. Розглянуто приклади використання програмованих логічних контролерів для безпосереднього керування адитивними установками та підключення їх до SCADA-платформ для моніторингу й збору даних. Розглянуто концепцію мультипетлевої системи керування адитивним процесом, що поєднує швидкі контури регулювання в реальному часі з аналізом даних на вищому рівні.

Отримані результати демонструють, що інтеграція PLC, SCADA та суміжних технологій в адитивні процеси дозволяє суттєво підвищити ефективність 3D-друку: забезпечити стабільну якість виробів (за рахунок автоматичного регулювання параметрів друку та швидкого реагування на відхилення), підвищити рівень автоматизації виробництва (мінімізувати ручну працю при експлуатації принтерів, впровадити друк за розкладом, автоматичне перемикавання завдань тощо) і налагодити повну простежуваність процесу. Інтегровані адитивні системи краще вписуються в концепцію цифрового виробництва та «Industry 4.0», відкриваючи можливості для дистанційного керування, створення цифрових двійників, оптимізації процесів на основі великих даних та машинного навчання.

Разом з тим, впровадження автоматизованого управління в сфері адитивного виробництва потребує вирішення певних технічних задач, зокрема розробки стандартів інтерфейсів для адитивних машин, забезпечення кібербезпеки при підключенні до мережі, а також навчання персоналу новим підходам в експлуатації обладнання. Необхідна подальша науково-дослідна робота у напрямку створення уніфікованих моделей даних і протоколів для 3D-друку, що полегшить інтеграцію різних пристроїв.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що автоматизація – ключ до розкриття повного потенціалу адитивних технологій. Інтеграція сучасних засобів автоматизованого управління в адитивні процеси вже сьогодні дає позитивний ефект, а у майбутньому стане обов'язковою умовою для масштабування 3D-виробництва та його гармонійної роботи в складі розумних фабрик.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Adnan M., Lu Y., Jones A., Cheng F.-T., Yeung H. A New Architectural Approach to Monitoring and Controlling AM Processes. *Applied Sciences*. 2020. 10(18). Art. 6616.
2. Automating Additive Manufacturing. *Corso Systems*. URL: <https://corsosystems.com/posts/automating-additive-manufacturing> (дата звернення: 20.03.2025).
3. Baumann F.W., Odefey U., Hudert S., Falkenthal M., Zimmermann M. Cyber-physical System Control via Industrial Protocol OPC UA. *Proc. of the 11th Int. Conf. on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences (ADVCOMP 2017)*. 2017. P.25–30.
4. Kajzr D., Myslivec T., Černohorský J. An Open PLC-Based Robot Control System for 3D Concrete Printing. *Robotics*. 2023. Vol. 12, no. 4. Art. 96.
5. Shantz P. For the best additive solution, take a subtractive approach to your controls hardware. *Beckhoff USA Blog*. URL: <https://www.blog.beckhoffus.com/post/additive-manufacturing-automation> (дата звернення: 22.03.2025).
6. Wang Q., Zhang J., Zhu Q., Cao Y. Closed-Loop Control of Melt Pool Temperature during Laser Metal Deposition. *Sensors*. 2024. 24(15). P.5020.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І ЗАХИСТУ ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕВАТОРА

Одним із ключових шляхів підвищення ефективності зернової промисловості є впровадження механізації та автоматизації важких і трудомістких виробничих процесів. Це дозволяє створювати умови для реалізації прогресивних технологій, оптимізації роботи підприємств, збільшення обсягів переробки сировини, а також забезпечує зростання загальної культури виробництва [1]. Вантажно-розвантажувальні роботи, які є одними з найбільш енергоємних і важливих для аграрного сектору, здійснюються на всіх етапах виробничих процесів і потребують високого рівня механізації для підвищення продуктивності. Саме використання сучасного підйомно-транспортного обладнання сприяє ефективному переміщенню зерна, мінімізує втрати і пошкодження продукції, а також створює передумови для сталого розвитку переробної промисловості.

Автоматизовані системи контролю і захисту транспортного обладнання елеватора набувають актуальності через необхідність оптимізації процесів транспортування зерна. Така автоматизація сприяє підвищенню продуктивності за рахунок безперервної роботи, що значно збільшує обсяги перевезення зерна. Вона також дозволяє зменшити витрати на працю та мінімізувати втрати і пошкодження зерна, забезпечуючи його якісне транспортування. Крім того, використання автоматизованих технологій знижує вплив на довкілля, сприяючи сталому розвитку аграрного сектору.

Серед проблем існуючих систем контролю і захисту транспортного обладнання елеваторів можна виділити кілька основних [2]:

- недостатня інтеграція систем безпеки може призводити до аварій та пошкоджень обладнання;
- застарілі технології часто мають низьку енергоефективність, що збільшує витрати і негативно впливає на довкілля;
- деякі системи можуть мати обмежену здатність адаптуватися до сучасних потреб і специфічних умов роботи, наприклад, оброблення великих обсягів зерна.

Метою даного дослідження є підвищення точності, ефективності та безпеки керування приводом транспортуючого пристрою елеватора шляхом розробки рішень, які поєднують оптимальні апаратні витрати з високим рівнем функціональної ефективності.

Для запобігання падінню ходової частини елеватора при випадковому обриві ланцюга або стрічки використовуються спеціальні запобіжні механізми [3]. На ланцюгових елеваторах це ловачі ланцюга, а на стрічкових – система з'єднання ковшів по бічних стінках сталевими канатами, які без натягу розташовуються уздовж стрічки. У разі обриву стрічки ці канати запобігають падінню ходової частини. Окрім цього, на натяжних барабанах (або зірочках) елеватора встановлюються реле швидкості, які при обриві тягового елемента автоматично відключають електродвигун приводу елеватора.

Відповідно до правил безпеки, норії повинні бути обладнані такими пристроями, як реле контролю швидкості, датчики підпору і контролю збігання стрічки. У системах автоматизованого керування особливу увагу приділяють визначенню приладу, який видав сигнал аварійної зупинки механізму. Проблеми, такі як проковзування, пробуксовка або обрив стрічки, спричиняють спрацьовування реле контролю швидкості, тоді як збігання стрічки з барабанів норії фіксують відповідні сигналізатори. Сигнали, отримані від датчиків, вказують на необхідність негайної зупинки норії. У випадку підпору прийомної труби активується пристрій, який подає сигнал для відключення попереднього механізму технологічної лінії [4].

Структурна схема мікропроцесорної системи контролю та захисту ковшового елеватора зображена на рисунку 1.

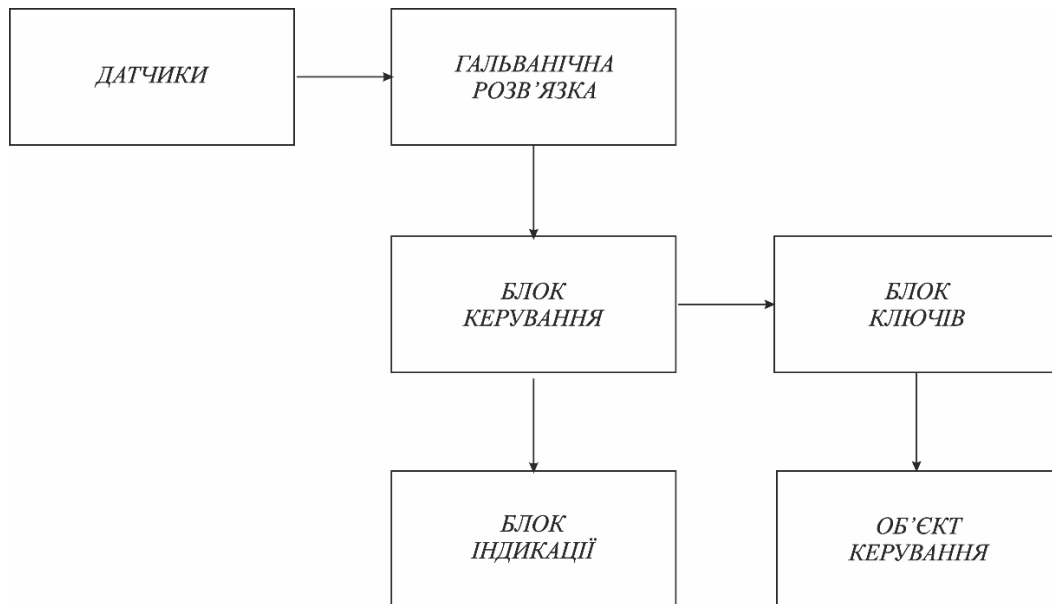


Рисунок 1 – Структурна схема автоматизованої системи контролю і захисту транспортного обладнання елеватора

Система складається з п'яти основних блоків:

- блоку гальванічної розв'язки,
- блоку керування,
- блоку ключів,
- блоку індикації,
- блоку живлення.

Блок гальванічної розв'язки забезпечує безпечний прийом інформації від датчиків шляхом перетворення сигналів у імпульсну форму, що дозволяє їх подальшу обробку у блоці керування. Завдяки цьому блоку гарантується електрична ізоляція між датчиками та основними елементами системи, що мінімізує ризики виникнення помилок через вплив перешкод або непередбачених змін напруги.

Блок керування реалізовано на основі мікропроцесора, який відповідає за обробку даних, що надходять від датчиків, таких як датчики швидкості та биття стрічки. Мікропроцесор виконує широкий спектр функцій: формування адрес команд, декодування даних, проведення математичних операцій, а також запис результатів у пам'ять. Система працює з урахуванням внутрішніх уставок, які задають межі допустимих параметрів роботи. Додатково мікропроцесор використовує інформацію, збережену у постійному енергонезалежному запам'ятовувальному пристрої (ПЗП), що забезпечує надійність і безперебійність функціонування системи навіть при тимчасовому відключенні живлення.

Блок індикації виконує роль візуального засобу, який відображає результати обробки даних блоком керування. Це дозволяє операторам оперативно оцінювати поточний стан системи та приймати необхідні рішення в разі виявлення відхилень або аварійних сигналів.

Блок живлення призначений для забезпечення стабільного енергопостачання усіх складових системи. Його конструкція враховує потреби кожного блоку, гарантуючи ефективну та безперебійну роботу навіть у складних умовах.

Алгоритм роботи блоку керування представлений у вигляді блок-схеми на рисунку 2. Після подачі напруги система переходить у режим очікування сигналу дозволу на початок руху. Після отримання цього сигналу мікроЕОМ виходить зі сплячого режиму та розпочинає виконання основної програми. У процесі роботи система активує підпрограму виведення, яка відповідає за демонстрацію поточних параметрів руху на блок індикації.

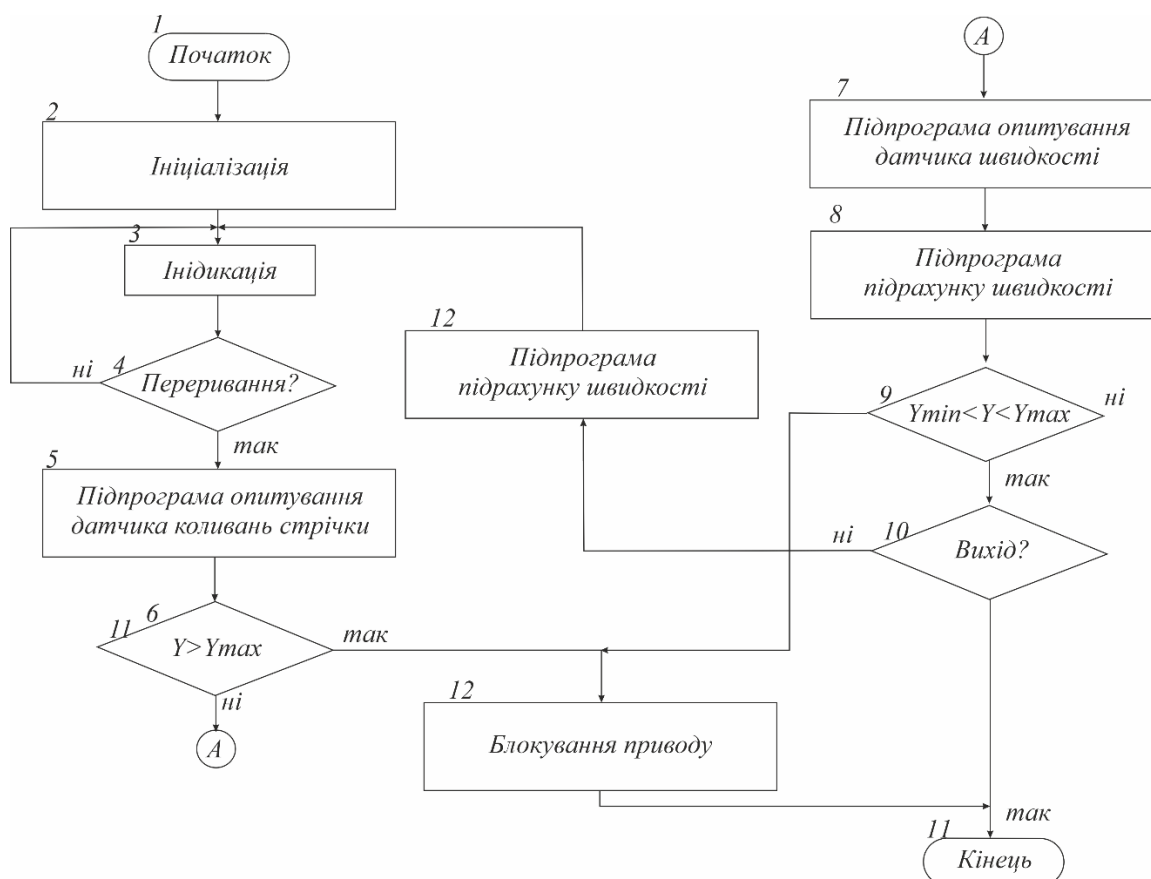


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму роботи блоку керування

Опитування датчиків здійснюється через механізм переривань. Сигнали від датчиків, таких як датчики коливань стрічки, є релейними та активуються лише при досягненні порогового значення. Якщо тривалість сигналу перевищує 5 мс, система подає команду на зупинку приводу для уникнення пошкоджень механізму.

Датчик швидкості працює за принципом вимірювання періоду імпульсів, що дозволяє контролеру розраховувати частоту обертання приводу.

Висока точність вимірювання забезпечується завдяки мінімальному інтервалу часу між замірами (один раз за оберт). У випадку виходу швидкості за межі допустимого діапазону (менше 90 об/хв або більше 130 об/хв) система зупиняє привід і активує сигнал "АВАРІЯ".

Розроблена автоматизована система контролю і захисту транспортного обладнання елеватора забезпечує оперативний збір даних з датчиків, що відслідковують обертання приводу елеватора. У випадку виходу параметрів швидкості за допустимі межі система автоматично активує аварійну сигналізацію та ініціює процес гальмування приводу. Такий механізм дозволяє суттєво зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій, забезпечуючи високий рівень безпеки виробничих процесів. Крім того, система сприяє ефективній роботі обладнання, створюючи умови для стабільного функціонування транспортних механізмів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Одеса: Друк, 2001. 348с.
2. Омельчук А.А., Лебеденко Ю.О., Рудакова Г.В. Проблеми узгодженого керування складною електромеханічною системою. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2013. Вип. 49. С. 19–23.
3. Ельперін І.В., Пупена О.М., Сідлецький В.М., Швед С.М. Автоматизація виробничих процесів: підручник. К.: Видавництво Ліра-К, 2015. 378 с.
4. Прилад контролю і захисту норії / транспортера ПКЗН-7. URL: <https://innovinnprom.com/poslugy/prylad-kontrolyu-i-zahystu-noriyi-transprotera-pkzn-7>

ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ІОТ-СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Вступ до теми ІоТ у системах опалення починається з розуміння самої концепції Інтернету речей (ІоТ – Internet of Things). ІоТ — це сукупність технологій, що дозволяє фізичним пристроям обмінюватися даними через інтернет або локальну мережу. У випадку з системами опалення (рис. 1) це означає, що елементи управління кліматом – такі як датчики температури, котли, клапани, насоси, термостати – з'єднуються між собою і можуть працювати в автоматичному режимі без участі людини.

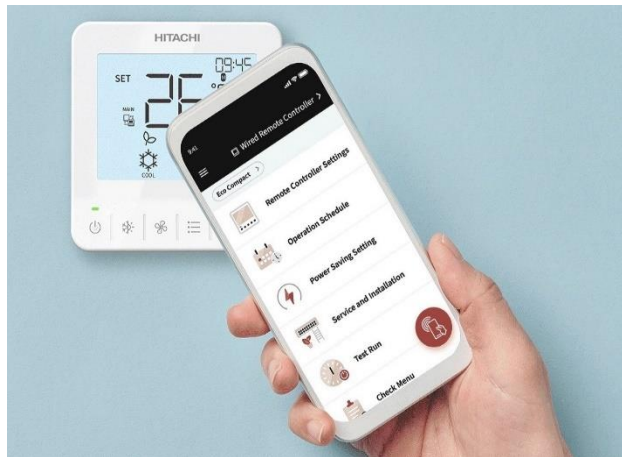


Рисунок 1 – Приклад використання ІоТ у опаленні

Впровадження ІоТ у системи опалення змінює традиційний підхід до опалення приміщень. Якщо раніше все зводилося до ручного регулювання температури, то тепер сучасні технології дозволяють враховувати безліч параметрів у реальному часі – від температури зовнішнього повітря до присутності людей у приміщенні. На основі цих даних система самостійно приймає рішення щодо вмикання чи вимикання обладнання, зміни режимів роботи або надсилання сповіщень користувачам.

Такі системи сприяють підвищенню енергоефективності та зниженню витрат на опалення. Завдяки використанню інтелектуальних алгоритмів управління, споживання енергії знижується без шкоди для комфорту. Крім того, власник отримує можливість дистанційно контролювати опалення зі смартфона або комп'ютера, бачити статистику роботи обладнання, а також вчасно реагувати на несправності або відхилення від нормального режиму.

ІоТ-системи опалення складаються з кількох ключових компонентів, кожен з яких виконує свою роль у забезпеченні ефективної та автоматизованої роботи опалювального обладнання. Основу таких систем становлять сенсорні елементи, контролери, виконавчі пристрої, модулі зв'язку та інтерфейси для користувача.

Датчики (сенсори) є джерелом первинної інформації. Вони вимірюють фізичні параметри, зокрема температуру, вологість повітря, рівень CO₂ або тиску, а також фіксують зміни в навколишньому середовищі. Отримані дані передаються до обчислювального пристрою для подальшої обробки. Наприклад, температурні сенсори (типу DS18B20) використовуються для контролю теплового режиму в приміщеннях.

Контролери – це центральна ланка ІоТ-системи, яка аналізує дані, отримані від сенсорів, і приймає рішення про регулювання системи. До прикладу, контролер може визначити, що температура в кімнаті опустилася нижче заданого рівня, і надіслати сигнал на запуск котла або

відкриття клапанів теплоносія. У сучасних системах найчастіше використовуються мікроконтролери (ESP32, Arduino, Raspberry Pi), які підтримують бездротовий зв'язок і можуть взаємодіяти з хмарними платформами (рис. 2).



Рисунок 2 – Raspberry Pi 4/4

Виконавчі пристрої реалізують фізичні дії за командами від контролера. Це можуть бути реле, електричні клапани, циркуляційні насоси або електроприводи. Завдяки ним здійснюється безпосереднє керування подачею тепла, відкриванням/закриванням контурів опалення чи перемиканням режимів роботи обладнання.

Комунікаційні модулі забезпечують передачу даних між пристроями та з інтернетом. У системах опалення часто застосовуються такі протоколи зв'язку, як Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave або LoRaWAN. Вибір залежить від умов: для квартир часто використовують Wi-Fi, тоді як для будинків або промислових об'єктів – LoRaWAN завдяки більшій дальності дії.

Інтерфейс користувача – це програмна частина, яка дозволяє власнику системи взаємодіяти з нею (рис. 3). Зазвичай це мобільні додатки або вебінтерфейси, через які можна переглядати поточні дані, змінювати налаштування, керувати системою вручну або налаштовувати розклад роботи. Інтерфейс також може показувати сповіщення про несправності, повідомлення про обслуговування або статистику споживання енергії.

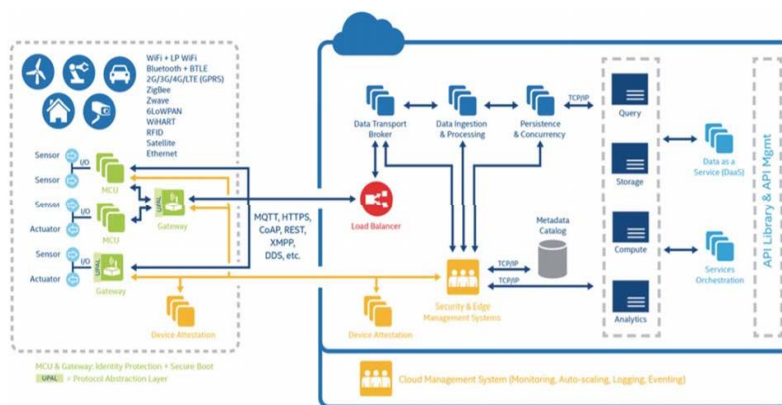


Рисунок 3 – Архітектура центральної системи управління IoT

Завдяки взаємодії всіх цих компонентів IoT-система опалення працює як єдиний інтелектуальний механізм, забезпечуючи оптимальний мікроклімат у приміщеннях і водночас економію енергоресурсів.

Виконавчі пристрої, або актуатори, є ключовими елементами IoT-систем опалення, що фізично реалізують команди, сформовані контролером на основі даних від сенсорів. Саме вони відповідають за безпосередню дію – наприклад, відкриття або закриття клапана, запуск насоса чи увімкнення нагрівального елемента. Без цих елементів система не змогла б активно впливати на стан середовища – вона лише пасивно збирала б дані (рис. 4).



Рисунок 4 – Вісьмь неоднорідностей IoT

До найпоширеніших виконавчих пристроїв у системах опалення належать електроклапани, реле, сервоприводи та циркуляційні насоси з електронним управлінням. Електроклапани використовуються для регулювання подачі теплоносія в певні контури опалення, що дозволяє зонувати обігрів і подавати тепло лише туди, де це потрібно. Реле використовуються для вмикання/вимикання котлів, електронагрівачів або насосів. Сервоприводи часто застосовуються на вентиляційних заслінках або в складних вузлах автоматизації.

Сучасні актуатори мають компактні розміри, низьке енергоспоживання та підтримують керування через цифрові інтерфейси. Більшість з них підключаються до контролера напряму або через модуль керування. Деякі можуть навіть мати зворотний зв'язок – надсилати дані про своє положення або стан (відкрито/закрито, увімкнено/вимкнено), що дозволяє реалізувати точні алгоритми керування. Надійна робота виконавчих пристроїв – запорука стабільної та ефективної дії всієї системи.

Цикл роботи IoT-системи опалення складається з послідовної взаємодії компонентів, які разом забезпечують автоматизовану, розумну та енергоефективну роботу опалення. Умовно цей цикл можна поділити на п'ять ключових етапів: збір даних, аналіз, прийняття рішень, виконання команд та зворотний зв'язок.

На першому етапі відбувається збір даних за допомогою сенсорів. Датчики фіксують температуру в приміщеннях, вологість повітря, температуру зовнішнього середовища, рівень вуглекислого газу, присутність людей тощо. Наприклад, якщо температура в кімнаті опустилася нижче встановленого порогу (наприклад, 20°C), датчик температури передає це значення далі в систему.

На другому етапі відбувається аналіз даних. Контролер (мікрокомп'ютер або спеціалізований пристрій) приймає ці дані від сенсорів і порівнює їх з заданими параметрами,

які були встановлені користувачем або адаптивно підібрані системою. Якщо параметри виходять за межі норми – наприклад, температура занадто низька або в приміщенні нікого немає – система ухвалює рішення змінити режим роботи.

Третій етап – прийняття рішень. На основі аналізу даних контролер вирішує, яку дію необхідно виконати. Це може бути запуск котла, відкриття електроклапану в певному контурі, зменшення потужності нагріву або вимкнення опалення при відсутності людей. У складних системах рішення може враховувати прогнози погоди або розклад активності мешканців.

На четвертому етапі відбувається виконання команд. Контролер надсилає сигнали на виконавчі пристрої – реле, клапани, серводвигуни, насоси, вентилятори тощо. Наприклад, відкривається клапан подачі теплоносія до радіатора у вітальні, вмикається насос для циркуляції води або підвищується температура на електронагрівачі.

П'ятий етап – зворотний зв'язок і контроль. Після виконання дій система продовжує моніторинг стану середовища через сенсори та перевіряє, чи досягнуто бажаного результату. Якщо, наприклад, температура досі не досягла 22°C, система може продовжити опалення. У разі успішного досягнення заданих умов – робота стабілізується або пристрої переходять у режим очікування. Одночасно з цим інформація передається до користувача через мобільний додаток або веб-інтерфейс, де можна переглянути поточний стан, змінити налаштування або отримати сповіщення про помилки.

Таким чином, IoT-система опалення працює в циклічному режимі – постійно вимірює, аналізує, реагує та коригує свою роботу, що дозволяє досягати високої енергоефективності, автоматизації та зручності управління.

Впровадження IoT у систему опалення забезпечує автоматизоване управління кліматом на основі реальних даних, що постійно оновлюються. Кожен етап – від збору інформації до виконання команд і контролю результату – працює як частина єдиного циклу, що повторюється без участі людини або з мінімальним втручанням. Такий підхід дозволяє не лише досягти стабільного температурного комфорту, а й істотно знизити споживання енергії за рахунок точного регулювання процесів. Завдяки гнучкості, віддаленому доступу та адаптивності, IoT-системи є ідеальним рішенням для створення сучасного, економного й розумного опалення у побуті та промисловості.

Крім цього, такі системи легко масштабуються – їх можна налаштувати як для окремої квартири, так і для багатоповерхового будинку або виробничого комплексу. Інтеграція з іншими інтелектуальними системами (освітлення, вентиляція, безпека) створює повноцінне «розумне середовище», де всі системи працюють синхронізовано.

У перспективі використання IoT дозволяє не лише реагувати на зміни температури, а й передбачати їх. Завдяки аналітиці та машинному навчанню системи опалення зможуть самостійно формувати графіки роботи залежно від звичок мешканців або погодних умов, що ще більше підвищить ефективність та комфорт. Таким чином, розвиток IoT у сфері опалення – це не просто тренд, а логічний крок до раціонального використання ресурсів і створення екологічно відповідального майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Трифонов А.А., Бондаренко П.В., Сидоренко І.І. Інтернет речей у системах опалення: архітектура, технології, перспективи. *Енергетика та автоматика*. 2020. № 3(10). С. 54–63.
2. Петренко О. В. Автоматизовані системи керування опаленням на основі IoT. *Вісник технічних наук України*. 2021. № 12(2). С. 35–41.
3. ДСТУ EN 15232:2018. Енергоефективність будівель – Вплив автоматизації будівель, управління та технічного обслуговування на енергетичні характеристики будівель.
4. ISO 50001:2018. Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use.
5. Сухенко В.П., Коваленко І.Г. Енергоефективні системи теплопостачання на основі технологій Інтернету речей. *Наукові праці НТУУ «КПІ»*. 2019. № 2(25). С. 82–89.

ПІДХОДИ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНОВИХ ЕЛЕВАТОРІВ

Зерно є стратегічно важливим ресурсом, особливо в умовах сучасних продовольчих викликів, коли питання забезпечення якісного зберігання стає критично важливим. Україна, як один з провідних експортерів зерна у світі, відіграє ключову роль у глобальній продовольчій безпеці. Ефективний контроль температури в зерносховищах сприяє довготривалому зберіганню зерна, зменшенню втрат, підвищенню прозорості та гнучкості управлінських процесів, що є важливими аспектами для економіки країни.

Актуальність теми дослідження визначається необхідністю впровадження інноваційних підходів до моніторингу температури, що дозволить оптимізувати процеси зберігання, мінімізувати ризики втрат та забезпечити стабільну якість зерна [1].

Існує широкий спектр рішень для моніторингу температури в зерносховищах, однак вони мають певні недоліки: недостатня точність при великих обсягах зберігання, складність інтеграції в автоматизовані системи управління, висока вартість впровадження та обмежена адаптивність до змін умов зберігання. Ці аспекти потребують подальшого вдосконалення для забезпечення максимальної ефективності та практичності моніторингових систем.

Метою даного дослідження є розробка та удосконалення автоматизованої системи моніторингу температури для зернових елеваторів. Це дозволить забезпечити високу якість та тривале зберігання зерна, мінімізувати втрати та підвищити ефективність управлінських процесів завдяки сучасним технологічним рішенням. Дослідження спрямоване на врахування існуючих недоліків і обмежень, а також на впровадження інноваційних підходів для підвищення гнучкості, адаптивності та економічної доцільності систем моніторингу..

Системи моніторингу температурного середовища в насипному шарі зерна бувають ручними та автоматизованими. У першому випадку виміри здійснюються оператором із використанням термopідвісок або термоштанг із певною періодичністю. У другому випадку контроль виконується автоматично за допомогою системи, оснащеної спеціалізованими контролерами.

Сучасні системи моніторингу та вимірювання температури для зернових комплексів, елеваторів і металевих силосів представляють собою інноваційні технологічні рішення, що поєднують високу ефективність, простоту у використанні та передові підходи до забезпечення якісного зберігання. Ці системи розроблені для швидкого виявлення перевищення допустимих температурних показників, що сприяє зменшенню ризиків псування зернових культур.

Їхня робота заснована на застосуванні комп'ютерних програм, які отримують дані з центрального пульта управління, зберігають їх у цифровій базі та виводять у вигляді графічних зображень. Такий підхід дозволяє в режимі реального часу визначати критичні ділянки на основі планів розташування або тривимірних візуалізацій, а також аналізувати температурні зміни для прогнозування подальшої динаміки.

Системи також надають доступ до розширеної інформації про кожен бункер, яку можна налаштовувати відповідно до типу продукту та зберігати в архіві. Крім того, можливість генерувати друковані протоколи з попереднім переглядом даних робить ці системи незамінними інструментами для ефективного управління процесами зберігання зерна.

На рис. 1 наведено функціональну схему системи моніторингу параметрів для зерносховищ [2].

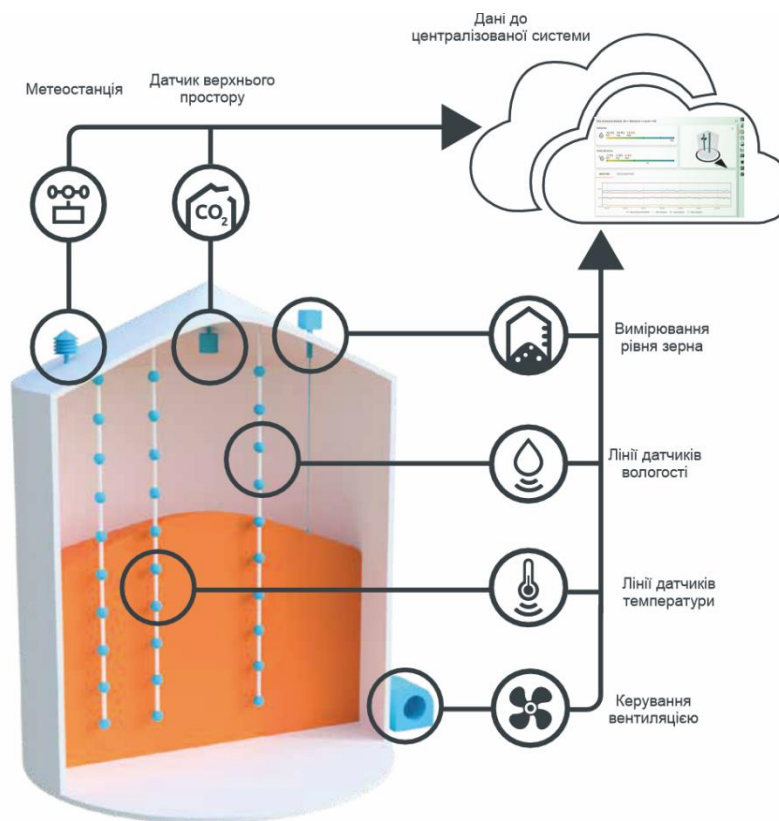


Рисунок 1 – Функціональна схема системи моніторингу технологічних параметрів для зерносховищ

Структура сучасної системи моніторингу для зерносховищ зазвичай складається з декількох основних підсистем, кожна з яких виконує свої специфічні функції:

1. Підсистема контролю навколишнього середовища за допомогою метеостанції, допомагає уникнути конденсації, псування зерна та інших негативних наслідків, пов'язаних із недосконалим повітрообміном. Завдяки інтеграції з автоматизованими системами вентиляції, метеостанція є важливим елементом, що сприяє ефективності та якості зберігання.
2. Моніторинг рівня є важливою складовою управління запасами в силосах. Використання програмного забезпечення та автоматичних датчиків рівня дозволяє легко відслідковувати місце розташування зернових культур та їхню кількість. Це забезпечує ефективність управління запасами, попередження втрат, пожеж та фінансових ризиків.
3. Датчики температури розташовуються всередині зернових бункерів або силосів для зчитування температури на різних рівнях насипу. Вони є головним інструментом для отримання актуальних даних про температурний стан зерна.
4. Системи моніторингу вологості відіграють ключову роль у забезпеченні якості зберігання зерна. Вони дозволяють контролювати рівень вологості в різних точках зерносховища, що допомагає уникати псування продукту та зменшувати втрати. Сучасні системи моніторингу вологості включають датчики, які вимірюють вологість і температуру зерна, а також програмне забезпечення для аналізу даних. Ці системи забезпечують точний контроль вологості, дозволяючи оптимізувати процеси зберігання. Наприклад, автоматизовані системи можуть регулювати вентиляцію, щоб підтримувати оптимальні умови для зберігання зерна, запобігаючи утворенню конденсату та зростанню мікроорганізмів.
5. Деякі системи термометрії інтегруються з аераційними вентиляторами, що дозволяє автоматично регулювати повітряні потоки на основі температурних показників для оптимізації умов зберігання.

6. Централізована система обробки даних передбачає те, що дані з датчиків передаються до центрального пульта або контролера, де вони обробляються спеціалізованим програмним забезпеченням. Це дозволяє зберігати інформацію у цифровій базі даних і виводити її в зручному графічному вигляді.
7. Програмне забезпечення для візуалізації та аналізу даних перетворює отримані дані у зрозумілий формат. Наприклад, графіки змін температури, тривимірні панорами або плани розташування дозволяють візуально визначати потенційно критичні зони. Включає:
 - систему повідомлень та оповіщень, що відповідає за сповіщення про перевищення допустимих температурних параметрів, що дозволяє оперативно реагувати на загрози псування зерна.
 - систему архівування даних, яка може зберігати в архіві інформація, зібрана системою, для довгострокового аналізу, оцінки ефективності зберігання або складання прогнозів щодо можливих змін температури.

Стационарні засоби моніторингу, хоча й забезпечують точність, не завжди можуть охопити всі зони невеликих зерносховищ, залишаючи окремі області поза контролем. У таких умовах мобільні пристрої, як-от бездротовий датчик, стають ідеальним рішенням, адже вони забезпечують гнучкість та додатковий рівень контролю, зменшуючи ризики втрат.

Мобільні засоби вимірювання, такі як бездротовий датчик AgroLog Wireless Sensor Spear [3], пропонують сучасні рішення для точного контролю температури і вологості зернових культур та насіння. Ці пристрої використовують GSM-технології, щоб забезпечити реальний моніторинг стану продукції через мобільний додаток. Крім основних показників, система дозволяє отримувати дані з різних місць у сховищах, мінімізуючи ризики втрат врожаю.

Особливістю таких пристроїв є їхня мобільність і універсальність. Датчики легко переміщуються, адаптуються до різних типів культур (зерно, насіння, деревна тріска тощо) та умов середовища. Завдяки попередженням у додатку користувачі можуть оперативно реагувати на зміни, запобігаючи пошкодженню врожаю і оптимізуючи умови зберігання.

Крім того, мобільні системи вимірювання мають простий дизайн і можливість персоналізації. Користувач може налаштувати кількість датчиків, частоту оновлення даних, або виконувати вимірювання вручну. Усе це дозволяє покращувати контроль за збереженням продукції, забезпечуючи її якість та довговічність.

Функціонування цих підсистем у комплексі дозволяє забезпечити точний контроль температурного режиму, своєчасно виявляти проблеми, мінімізувати втрати зерна та забезпечувати якісне і тривале зберігання [4].

Отже, розробка та впровадження сучасних автоматизованих і мобільних систем моніторингу температури є важливим кроком до забезпечення якісного та безпечного зберігання зернових культур. Завдяки використанню інноваційних технологій, таких як бездротові датчики, стає можливим підвищити точність контролю, оперативно реагувати на зміни у сховищах та зменшувати втрати продукції. Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні систем адаптації до змінних умов, а також у розробці більш доступних і економічних рішень, що сприятимуть підвищенню ефективності управління та зберігання зерна.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Шаповаленко О. І., Євтушенко О. О., Янюк Т. І., Рибчинський А. С. Сушіння та зберігання зерна. Херсон: ОЛДІ+, 2019. 396с
2. Intelligent Grain Monitoring & Control. URL: https://static1.squarespace.com/static/61aeabe30c85a87b23a94caf/t/66139257bba7cb6f45ba2041/1712558683968/AgroLog_UK.pdf
3. Portable Wireless Monitoring System for Grain and Seeds Wireless Sensor Spear. URL: https://static1.squarespace.com/static/61aeabe30c85a87b23a94caf/t/6752fb171d9eb66987297e90/1733491480285/Wireless+Sensor+Spear_ENG.pdf
4. Onibonoje, M.O.; Nwulu, N.I.; Bokoro, P.N. A wireless sensor network system for monitoring environmental factors affecting bulk grains storability. J. Food Proc. Eng. 2019, 42, e13256

ПРИЛАД ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЛЛЯНОГО ВОЛОКНА НА ОСНОВІ ЙОГО
ОПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Оцінка якості лляної сировини дозволяє визначати технологічні режими обробки волокна, якісні показники готової продукції та її вартість.

На сьогоднішній день оцінка якості лляної сировини в Україні проводиться відповідно до чинних державних стандартів [Ошибка! Источник ссылки не найден.-2], які передбачають застосування складного лабораторного обладнання або органолептичні способи оцінки якості сировини. Така методика не дозволяє оперативно і точно визначати якісні показники волокна, тому існує потреба в простих, точних і надійних приладах для експрес-оцінки якості лляної сировини в умовах виробництва.

Сучасні прилади для оцінювання фізико-механічних показників лляного волокна здебільшого використовують різні способи отримання інформації про параметри волокна з подальшою обробкою з використанням комп'ютерної техніки наприклад, Autolab (Угорщина), Uster Tester фірми Zellweger Uster (Швейцарія) [3, 4], які призначені для лабораторних досліджень текстильних матеріалів, але непридатні для використання у виробничих та польових умовах. Тому проблема створення простих експрес-методів визначення фізико-механічних показників лляного волокна з використанням засобів мікропроцесорної техніки для здійснення вимірювань є актуальним завданням.

Аналіз літературних та патентних джерел свідчить, що за допомогою фотодатчиків можна визначати лінійну щільність, яка залежить від світлопроникності матеріалу [5, 6].

Математична модель вимірювального пристрою можна описати законом Бугера – Ламберта – Бера, згідно з яким оптична густина шару m підготовленого зразка певної товщини прямо пропорційна коефіцієнту поглинання цієї сировини (1):

$$m = \ln \frac{I_0}{I} = \ln \frac{U_0}{U} \quad (1)$$

де I – інтенсивність випромінювання, що пройшло через зразок досліджуваного волокна,
 U – відповідна напруга на виході пристрою.

Таким чином, фотодатчики, що працюють на просвіт, дозволяють визначати як прямі, так і непрямі фізичні величини – колір, світлопроникність, довжину, щільність та інші фізико-механічні показники лляного волокна.

За результатами проведених досліджень фізико-механічних властивостей лляного волокна було створено прилад, дія якого базується на явищі світлопоглинання. Розроблений прилад за допомогою фотодатчика вимірює інтенсивність інфрачервоного випромінювання, яке проходить крізь досліджуваний матеріал.

Структурна блок-схема розробленого приладу представлені на рис. 1.

Як джерело інфрачервоного випромінювання використовуються інфрачервоні світлодіоди EDSN-1LS3, які мають потужність 1 Вт та довжину хвилі випромінювання 940 нм. Відповідно фотодатчик також розрахований на довжину хвилі випромінювання 940 нм, тим самим максимально захищаючи результати вимірювання від впливу навколишнього освітлення.

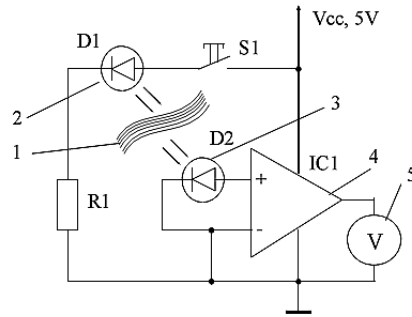


Рисунок 1 – Блок-схема приладу:

1 – досліджуваний матеріал; 2 – інфрачервоний світлодіод;
3 – інфрачервоний фотодіод; 4 – підсилювач сигналу; 5 – вольтметр.

Для визначення зв'язку між властивостями лляного волокна та явищем світлопоглинання було проведено вимірювання дослідних зразків волокна. Коефіцієнт варіації дослідів змінювався в межах 3,2 – 26,9 %. Результати просвічування штапелю інфрачервоним випромінюванням дають можливість оцінити проміжки між волоконцями та їх щільність і тим самим виявити певну залежність показань приладу від таких показників якості, як лінійна щільність, гнучкість та розривне навантаження. Вищезазначені залежності графічно відображено на рис. 2 – 4.



Рисунок 2 – Зв'язок показань приладу з лінійною щільністю лляного волокна

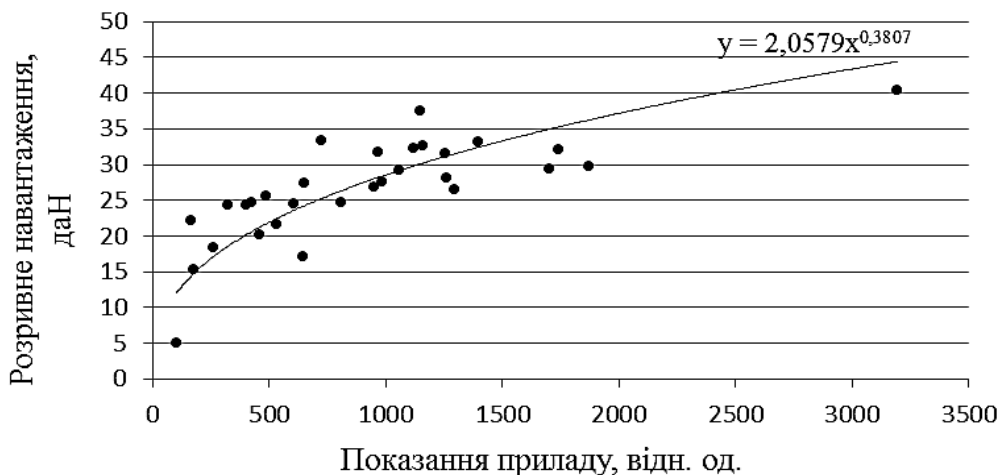


Рисунок 3 – Зв'язок показань приладу з розривним навантаженням лляного волокна

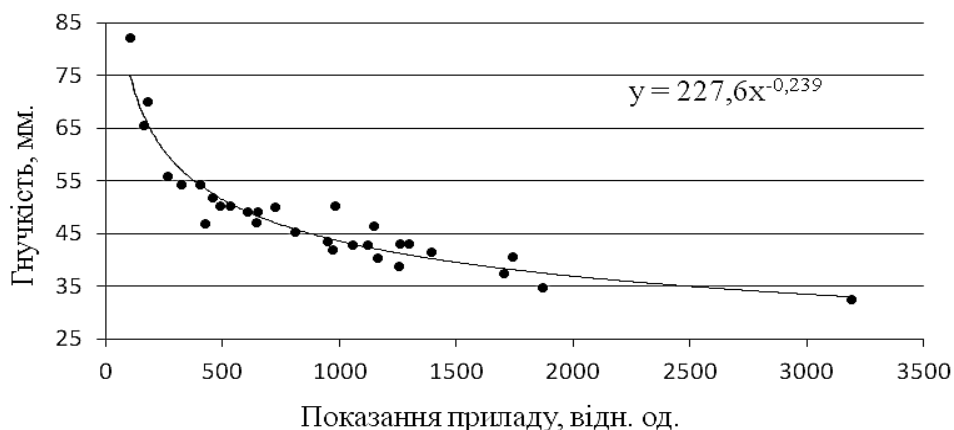


Рисунок 4 – Зв'язок показань приладу з гнучкістю лляного волокна

Отримані дані в цілому свідчать про наявність взаємозв'язку між показниками якості волокна та його здатністю частково поглинати світлове випромінювання, яке фіксується розробленим приладом.

Висновки

1. Розроблено та випробувано макетний зразок приладу для дослідження фізико-механічних властивостей льоноволокна, принцип дії якого базується на світлопоглинальній здатності лляного волокна, що дозволяє об'єктивно охарактеризувати його за показниками гнучкості, лінійної щільності та розривного навантаження.
2. Визначено кореляційні залежності показань розробленого приладу від лінійної щільності, гнучкості та розривного навантаження волокна.
3. На основі аналізу якісних показників лляного волокна, визначених згідно з чинним стандартом і за допомогою запропонованого методу, експериментально доведено правильність теоретичних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Льон тіпаний. Технічні умови: ДСТУ 4015-2001. [Чинний від 2001-03-30]. К.: Держстандарт України, 2001. 12 с. (Національний стандарт України).
2. Кузьміна Т.О., Путінцева С.В. Основи товарознавства виробів легкої промисловості. Практикум. Ч.1 Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Редакція Т.О. Кузьміної. Херсон, 2010. 376 с.
3. Pat US 6314806 Automated classing system. Hossein M. Ghorashi, Joseph H. Mansfield.
4. Pat US 10401345 Auto micronaire. James T. Wender, Youe-Tsy Chu, Hossein M. Ghorashi, Michael E. Galyon.
5. Патент 634093 СРСР, МПК G 01 B 11/06. Спосіб вимірення лінійної щільності волокнистих матеріалів. Мухітдінов М.М., Мусаєв Е.С., Назаров У.У., Рожков В.М.; заявник Ферганський політехнічний інститут. № 2499026/28-12; заявл. 17.06.77; опубл. 25.11.78, Бюл. № 43.
6. Пат. 53463 Україна, МПК G 01 B 11/00. Спосіб визначення лінійної щільності волокнистих матеріалів. Толмачов В.С., Кузьміна Т.О., Гілязетдінов Р.Н., Коропченко С.П., Москаленко Б.І.; заявник та патентовласник Херсонський національний технічний університет. № u2010 03573; заявл. 29.03.10; опубл. 11.10.10, Бюл. № 19.

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ ЛІНІЙНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ТКАНИНИ

Для датчиків, що контролюють порушення симетрії анізотропії характерно розташування чутливих елементів на напрямках, що не співпадають з нитками основи та утку (рис.1), [1, 2]. За такого розташування чутливих елементів за відсутності деформацій (перекосу) датчик буде збалансованим, тобто рівень сигналу на електродах 1 – 4 буде однаковим.

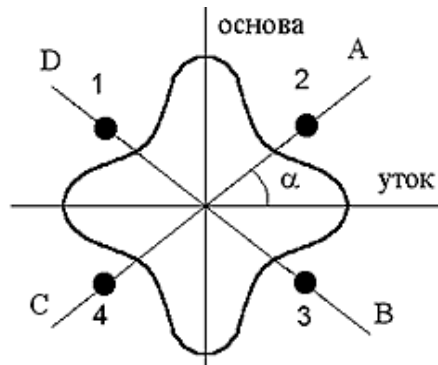


Рисунок 1 – Орієнтація чутливих елементів давача перекосу утку

З врахуванням того, що датчики перекосу утку контролюють симетрію анізотропних властивостей тканини доцільно розглядати тканину як двовимірний анізотропний об'єкт, що деформується.

Відгук системи тканина – датчик для недеформованої тканини можна представити у вигляді згортки [3]:

$$\xi(\mathbf{x}) = G * f * H = \iint_{\Omega_{\mathbf{x}}} H(\mathbf{x} - \boldsymbol{\chi}) \left\{ \iint_{S_{\boldsymbol{\eta}}} f(\boldsymbol{\chi} - \boldsymbol{\eta}) G(\boldsymbol{\eta}) d\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\eta}) \right\} d\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\chi}) \quad (1)$$

де $f(\mathbf{x})$ функція що описує анізотропію тканини, $G(\mathbf{x})$ – вплив, $H(\mathbf{x})$ – приймач сигналу.

$G(\mathbf{x})$ і $H(\mathbf{x})$ – імпульсні вагові функції, визначені на областях S і Ω , $S \cap \Omega \neq 0$. Оскільки датчик взаємодіє з тканиною на обмеженій ділянці, то $G(\mathbf{x})$ і $H(\mathbf{x})$ фінітні, і для області фінітності виконується умова:

$$\frac{\partial \xi}{\partial S}|_{\boldsymbol{\eta} \notin \Omega} = \frac{\partial \xi}{\partial \Omega}|_{\boldsymbol{\chi} \notin \Omega} = 0 \quad (2)$$

За цих умов і якщо $f(\mathbf{x}) \in (-\infty, +\infty)$ (1) прийме вигляд:

$$\begin{aligned}\xi(\mathbf{x}) &= G * f * H = \iint_{\Omega_{\chi}} H(\mathbf{x} - \chi) \left\{ \iint_{S_{\eta}} f(\chi - \eta) G(\eta) d\sigma(\eta) \right\} d\sigma(\chi) = \\ &= \iint_{\Omega} f(\mathbf{x} - \chi) \left\{ \iint_{\Omega} H(\chi - \eta) G(\eta) d\sigma(\eta) \right\} d\sigma(\chi)\end{aligned}\quad (3)$$

За умови лінійності деформації моделі $f(\mathbf{x})$ мають вигляд $\mathbf{v} = A\chi$ [1]:

$$\begin{cases} v_1 = a_{11}\chi_1 + a_{12}\chi_2 \\ v_2 = a_{21}\chi_1 + a_{22}\chi_2 \end{cases}, \quad (4)$$

Тут a_{11} характеризує витяжку за утоком, a_{12} перекіс за основою, a_{21} - перекіс за утоком, a_{22} - витяжку за основою.

Зробивши в (3) заміну $H * G \rightarrow R(\chi)$ і $\mathbf{v} = A\chi$, маємо для деформованої моделі:

$$\xi(A, \mathbf{x}) = \iint_{\Omega} f(\mathbf{x} - \mathbf{v}) R(\chi) d\sigma(\chi) = \iint_{\Omega^*} |J(\mathbf{v})| f(\mathbf{x} - \mathbf{v}) R(\mathbf{v}) d\sigma(\mathbf{v}) \quad (5)$$

Згідно [4] для невластних кратних інтегралів приймаємо $\Omega^* = \Omega$:

$$\xi(A, \mathbf{x}) = \iint_{\Omega} f(\mathbf{x} - \mathbf{v}) R(\chi) d\sigma(\chi) = |J(\mathbf{v})| \iint_{\Omega} f(\mathbf{x} - \mathbf{v}) R(\mathbf{v}) d\sigma(\mathbf{v}) \quad (6)$$

Якобіан $|J(\mathbf{v})|$ в силу лінійності (3) і в припущенні малих деформацій [3, 4], дорівнює:

$$|J(\mathbf{v})| = \frac{D(\mathbf{x})}{D(\mathbf{v})} = \det A^{-1} = \frac{1}{\det A}. \quad (7)$$

З (6) маємо зв'язок між відгуками деформованої (5) і недеформованої (1) тканини:

$$\xi(A, \mathbf{x}) = \frac{1}{\det A} \cdot \xi(\mathbf{x}). \quad (8)$$

Таким чином, якщо функції $H(\mathbf{x})$ та $G(\mathbf{x})$ задовольняють вимогам фінітності і обмеженості, то зв'язок між $\xi(A, \mathbf{x})$ і $\xi(\mathbf{x})$ не залежить від виду об'єкту, функцій впливу та приймача і визначається якобіаном перетворення $|J(\mathbf{v})|$.

Чутливість давача за параметрами деформації a_{ij} визначається, як $\frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{ij}}$:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{11} &= \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{11}} = \frac{a_{22}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) + \frac{1}{\det A} \cdot \frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{11}} \\ \sigma_{12} &= \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{12}} = \frac{-a_{21}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) + \frac{1}{\det A} \cdot \frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{12}} \\ \sigma_{21} &= \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{21}} = \frac{-a_{12}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) + \frac{1}{\det A} \cdot \frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{21}} \\ \sigma_{22} &= \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{22}} = \frac{a_{11}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) + \frac{1}{\det A} \cdot \frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{22}} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Для незбуреної системи чутливість по параметрам деформації a_{ij} відсутня:

$$\frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{ij}} = 0$$

Тоді (9) отримає вигляд:

$$\left(\begin{aligned} \sigma_{11} &= \frac{a_{22}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) & \sigma_{12} &= \frac{-a_{21}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) \\ \sigma_{21} &= \frac{-a_{12}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) & \sigma_{22} &= \frac{a_{11}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) \end{aligned} \right) \quad (10)$$

Тут чутливість недеформованого датчика до перекосу утку σ_{21} визначатиметься a_{12} . Для деформованого датчика, рис.1, де осі на яких розташовані чутливі елементи не співпадають з напрямком основи і утку можна аналогічно отримати:

$$\left(\begin{aligned} \sigma_{11} &= |A_0| \frac{a_{22}^*}{(\det A^*)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}, A_0) & \sigma_{12} &= |A_0| \frac{-a_{21}^*}{(\det A^*)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}, A_0) \\ \sigma_{21} &= |A_0| \frac{-a_{12}^*}{(\det A^*)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}, A_0) & \sigma_{22} &= |A_0| \frac{a_{11}^*}{(\det A^*)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}, A_0) \end{aligned} \right). \quad (11)$$

Чутливість визначається вихідною деформацією A_0 , тобто орієнтацією чутливих елементів датчика. Розташування чутливих елементів відповідно рис. 1 забезпечує роздільне спостереження параметрів деформації. З врахуванням зв'язку якобіана та детермінанта матриці деформації (8) маємо:

$$\left| A^*(A, A_0) \right|^{-1} \cdot |A_0| = \frac{a_{011} a_{022} - a_{012} a_{021}}{a_{11}^* a_{22}^* - a_{12}^* a_{21}^*}. \quad (12)$$

Отримані співвідношення дозволяють досить легко аналізувати процес деформації тканини, а також будь – якого двовимірного об'єкта за умови, що анізотропія контрольованого параметру деформується адекватно деформації об'єкту. За допомогою (11) та (12) отримано рівняння статичної характеристики давача перекосу:

$$U(\nu, \zeta, \beta, \alpha) = \frac{2 \operatorname{tg}(\alpha)}{1 - \operatorname{tg}(\alpha)^2} \cdot U(\nu_0, \zeta_0, \beta_0) \approx \operatorname{tg}(2\alpha) \cdot U(\nu_0, \zeta_0, \beta_0), \quad (13)$$

де ν – витяжка за утком;
 ζ – витяжка за основою;
 β – кут перекосу основи;
 α – кут перекосу утку,

$\nu_0, \zeta_0, \beta_0, \alpha_0$ – відповідні параметри деформації давача.

Для забезпечення чутливості давача до перекосу згідно (11) задаємо: $a_{011}=1, a_{022}=1, a_{012}>0, a_{021}=0$, що дає $\nu_0=0, \zeta_0=0, \alpha_0=0$. параметр β_0 , що є кутом між основою та напрямом контролю визначає чутливість давача, і підлягає визначенню при виборі характеристики давача. На рис.2 приведено характеристику давача перекосу утку, де α змінюється від 0 до $\pm 45^\circ$ та початковому куту $\beta_0=20^\circ$, сигнал.

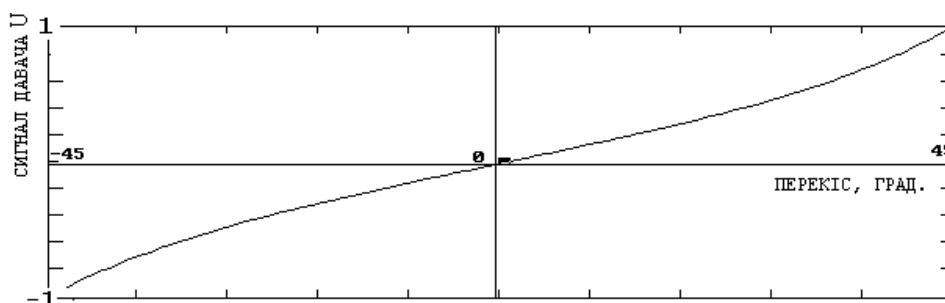


Рисунок 2 – Розрахункова характеристика давача перекосу утку

Запропонована модель датчика контролю лінійних деформації тканини дозволяє визначати розташування чутливих елементів датчика для контролю для незалежного контролю різних видів деформації тканини – перекосу утку і основи, витяжки утку і основи. Отримана характеристика датчика перекосу утку дає лінійну залежність для кутів перекосу до 20° , що цілком задовольняє виробничим потребам. Коефіцієнт чутливості запропонованого датчика визначається якобіаном деформації об'єкта.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Рожков С. О. Методи і засоби оцінки якості тканин у системах керування текстильним виробництвом. Херсон: Олді-Плюс, 2011. – 316с.
2. M. Tokarska Anisotropy of the electrical properties of flat textiles. The Journal of The Textile Institute. 2015. Vol. 106, Issue 1. P. 9 – 18.
3. Б.К.П. Хорн. Зрение роботов: Пер. с англ. Мир, 1989.-487 с., ил.
4. Будаков Б.М. Фомин С.В. Кратные интегралы и ряды. М. Наука: 1967. 606 с.

СЕКЦІЯ
«МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ
СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ»

АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРОМИСЛОВОГО РОЗКРОЮ ПАПЕРУ

Розкрій матеріалів – технологічний процес отримання виробів із листових матеріалів. Як об'єкт дослідження обрано процес виготовлення продукції з листового матеріалу в умовах підприємств з одиничним чи дрібносерійним типом виробництва. Як відомо, при розкрої листового матеріалу важливим показником як для переробників, так і для замовників їхньої продукції є оптимізація виробничих процесів на підприємстві, що полягає у скороченні відходів матеріалу, зменшенні трудомісткості продукції (відсутності додаткових операцій).

Метою дослідження є проведення аналізу методів розв'язання задачі промислового розкрою паперу для друку листової продукції.

Технологія розкрою часто регламентується спеціальною технічною документацією у вигляді розкрійних карт. При розробці карт розкрою необхідно використовувати резерви економії матеріалів шляхом скорочення відходів.

Загальна постановка задачі промислового розкрою паперу формулюється наступним чином: є прямокутний листовий матеріал певних розмірів та прямокутні вироби із індивідуальними розмірами. Для отримання виробів лист необхідно розкрити з мінімальними відходами. Кількість різновидів карт розкрою для виконання заказів на друк від замовника має бути мінімальною.

Математична постановка задачі укладається у розміщенні прямокутних виробів різних розмірів на листовому матеріалі заданого розміру з мінімальними залишками вихідного матеріалу при певних геометричних обмеженнях. Необхідно перевіряти належності об'єктів (виробів) до області розміщення та забезпечити відсутність перетину об'єктів.

Для оцінки ефективності методів розв'язання задачі розкрою необхідно застосувати ряд кількісних критеріїв. У класичній постановці задачі основним критерієм оцінки ефективності алгоритмів отримання карт розкрою є максимальне значення коефіцієнта використання матеріалу суми площ отриманих виробів до суми площі вихідного листового матеріалу [1].

Іншими критеріями є: коефіцієнт ділового залишку, коефіцієнт витрати матеріалу, коефіцієнт відносної густини розміщення [2].

Підходи до вирішення даних задач поділяються на 2 типи [3]: загальні методи та допоміжні методи. Допоміжні методи представлені у вигляді методів апроксимації та декомпозиції. У свою чергу загальні методи поділяються на 2 великі групи - це точні та евристичні методи. Точні методи: поділяються на завдання лінійного програмування. За допомогою точних методів неможливо вирішити багато завдань, тому існують евристичні методи. Дані методи мають 3 різновиди: прості однопрохідні, складні багатопрохідні та метавевристики, локальний пошук та популяційні. Для вирішення проблеми нерегулярного фігурного розкрою досить часто використовують евристичні методи. У разі застосування евристичного методу на одиниці операції рішення оперують геометричними перетвореннями кожного окремо взятого геометричного об'єкта. Серед таких методів найбільшою популярністю користуються імітація відпалу, генетичний алгоритм, пошук із заборонами. Імітація відпалу та пошук із заборонами характеризуються «прокладанням» маршруту у просторі пошуку, який є послідовністю рішень, де кожне рішення є сусіднім для попереднього щодо деякої околиці. У генетичному алгоритмі знаходження чергового нового рішення використовуються процедури схрещування та цілеспрямованих мутацій (змін, що відбуваються випадковим чином).

Задача промислового розкрою паперу для друку листової продукції відноситься до класу завдань двовимірного (2D) прямокутного розкрою. Зважаючи на складність цього завдання широко використовуються евристичні алгоритми рішення. Поява та розвиток імовірнісних

методів локального пошуку оптимуму призвело до розробки алгоритмів, які є декодерами в багатопрохідних алгоритмах.

По суті, розміщення прямокутників зводиться до їх укладання, коли вони не мають перетинів. Більшість точних методів рішення зводиться до перебору множини допустимих рішень і знаходження серед них оптимуму.

Існує 2 основні алгоритми перебору [4,5]:

1) Повний перебір можливих розкроїв з використанням «жадібних» алгоритмів. На першому кроці вибираються розкрої, що складаються з однієї заготівлі, яку можна кількома смугами помістити по ширині гофрополотна так, щоб кромка, що одрізається, знаходилася у встановлених кордонів. Далі перебираються всі розкрої, що складаються з двох різних за шириною заготовок, при цьому заготівлі, обрані першому кроці, не враховуються. Кожній заготівлі відповідає не менше, ніж одна смуга на гофрополотні, причому сумарна ширина цих смуг повинна відповідати кордонів по кромці, що одрізається. Розкрої з двох заготовок, що задовольняють технологічним обмеженням, сортуються за зростанням відсотка втрат, після чого з цього списку послідовно вибираються розкрої задля забезпечення максимально можливого випуску виробів. Основним перевагою цього методу є простота реалізації. До недоліків можна віднести обмежений набір розкроїв, який містить лише малу частину технологічно можливих, та, як наслідок, неповна відповідність отриманого рішення реальної виробничої ситуації.

2) Попередня побудова можливих розкроїв та вибір плану з використанням лінійної оптимізації. На першому кроці будуються всі технологічно можливі розкрої, які заносяться до симплексну таблицю. Для побудови можливих розкроїв використовують алгоритми повного перебору. На наступному кроці використовуються алгоритми лінійної оптимізації для вибору оптимального набору розкроїв. На відміну від першого методу отримане рішення зазвичай повністю відповідає вимогам технолога та реалізується без коригування. Основним недоліком даного методу є необхідність побудови повної таблиці всіх можливих розкроїв, оскільки вже за кількох десятках замовлень кількість розкроїв може бути дуже велика, що ускладнює їх зберігання та негативно позначається на часі обчислень.

Ефективність перебору може бути підвищена застосуванням різного виду удосконалення (покращення). Велика група методів прискореного перебору відома під назвою «метод гілок і меж», який є повним перебором. У процесі розрахунку забираються множини (підмножини) допустимих, але не оптимальних рішень. Залежно від поточних вхідних даних вибирається той чи інший спосіб поліпшення перебору і проводиться попередня підготовка вхідних даних під обраний спосіб перебору. Зазначені операції дозволяють скоротити час обчислень до прийняттого (економічно) рівня. Умови розміщення прямокутників описуються системою лінійних нерівностей і такою ж кількістю цілих змінних. Отримана система нерівностей може вирішуватися з допомогою методів лінійного програмування. В даному випадку алгоритм дозволяє гарантовано точно (або оптимально) вирішувати задачу прямокутного розкрою.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Канторович Л.В., Залгаллер В.А. Рациональный раскрой промышленных материалов. Новосибирск: Наука, 1971. 300 с.
2. Dyckhoff H., Finke U. Cutting and Packing in Production and Distributing. Heidelberg : Physica Verlag, 1992. 248 p.
3. Dyckhoff, H.A. Typology of cutting and packing problems. *European J. of Operational Research*. 1990. Vol. 44. P. 145-159.
4. Diana S., Pundir A.K. An Improved Genetic Algorithm for Resource Constrained Project Scheduling Problem. *International Journal of Computer Applications*. 2013. №78. Pp. 34–39.
5. Hartmann S. A competitive genetic algorithm for resource- constrained project scheduling. *Naval Research Logistics*. 1998. №45. Pp. 733–750.

ГІБРИДНА АРХІТЕКТУРА АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМИ РОБОТИЗОВАНИМИ ПЛАТФОРМАМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Актуальність теми. Сучасні мобільні роботизовані платформи (МРП) широко застосовуються в різних галузях, зокрема в оборонній галузі, промисловості, сільському господарстві, медицині та логістиці [1-3]. Однією з основних проблем, що виникають при їх функціонуванні, є робота в умовах невизначеності середовища, що зумовлено як зовнішніми факторами (наприклад, наявність перешкод, рельєф місцевості), так і внутрішніми (наприклад, похибки сенсорів, відмова окремих підсистем). Розробка надійних алгоритмів управління, здатних забезпечити стабільну роботу МРП в таких умовах, є актуальною науково-практичною задачею.

Мета дослідження: аналіз існуючих підходів до управління МРП в умовах невизначеності, а також побудова архітектури адаптивного управління, яка дозволяє підвищити ефективність і стійкість систем управління МРП.

Завдання дослідження:

1. Аналіз існуючих алгоритмів управління, зокрема класичних, нечітких, ймовірнісних, байєсівських та методів машинного навчання.
2. Побудова архітектури адаптивного управління МРП.
3. Порівняльний аналіз ефективності розроблених алгоритмів з існуючими підходами.

Методологія дослідження. В основі дослідження лежить системний підхід до аналізу та моделювання складних технічних об'єктів. Для побудови математичних моделей використовувалися апарати теорії ймовірностей, нечіткої логіки, теорії адаптивного управління, а також методи штучного інтелекту, зокрема нейронні мережі та алгоритми глибокого навчання [4-5].

Огляд існуючих підходів:

- ПІД-регулятори забезпечують базовий рівень стабільності системи, однак їх ефективність знижується за наявності значних коливань параметрів середовища;
- нечіткі логічні системи дозволяють враховувати невизначеність, однак вимагають детального налаштування правил та функцій належності;
- ймовірнісні моделі, такі як фільтр Калмана та його варіації, ефективно працюють у випадках, коли розподіли випадкових величин відомі наперед;
- байєсівські мережі ефективні для побудови причинно-наслідкових зв'язків, однак обчислювально складні;
- алгоритми машинного навчання дозволяють МРП самонавчатися на основі досвіду, але потребують значних обчислювальних ресурсів.

Побудова архітектури адаптивного управління МРП.

У рамках дослідження побудовано гібридну архітектуру адаптивного керування МРП, яка поєднує кілька ключових компонентів для роботи в умовах невизначеності:

1. Модуль локальної нечіткої логіки. Підсистемні регулятори реалізовано на основі нечітких правил, адаптованих під конкретні сценарії (рух по пересіченій місцевості, уникнення перешкод, стабілізація положення). Нечітка логіка дозволяє ефективно опрацьовувати нечіткі та неповні дані, що надходять із сенсорів.
2. Адаптивний контролер параметрів. Блок дозволяє змінювати параметри керування в режимі реального часу залежно від оцінки поточного стану системи. Наприклад, коефіцієнти підсилення або інерційні характеристики коригуються відповідно до складності середовища або поведінки користувача.
3. Предиктивний модуль на основі глибокого навчання. Застосовуються згорткові нейронні

мережі та рекурентні нейронні мережі для прогнозування поведінки об'єктів середовища (наприклад, переміщення перешкод, зміни рельєфу тощо), що забезпечує прогнозування та проактивне коригування траєкторії руху.

4. Система прийняття рішень на основі мультикритеріального аналізу. Для вибору найкращої стратегії управління враховуються кілька критеріїв: мінімізація похибки, енергоефективність, стійкість руху, рівень ризику зіткнення. Застосовується метод аналізу ієрархій та нечіткі логічні дерева рішень.
5. Механізм самонавчання. Платформа накопичує дані про успішність своїх дій у різних ситуаціях та коригує свої стратегії. Застосовується підхід reinforcement learning з динамічним оновленням таблиць винагород.
6. Інтеграція з цифровим двійником. Моделювання платформи в реальному часі дозволяє здійснювати тестування алгоритмів на симуляторі перед їх застосуванням у реальному середовищі, що знижує ризик помилок при розгортанні та дозволяє оперативно оцінити наслідки прийнятих рішень.
7. Резервування та перехоплення управління. У випадку відмови основного алгоритму або виявлення аномальної поведінки система переходить до використання резервного алгоритму управління з обмеженим функціоналом, що дозволяє забезпечити базовий рівень безпеки.

Запропоновані алгоритми пройшли багаторівневе тестування на основі комп'ютерного моделювання. Аналіз ефективності показав покращення ключових показників до 23% у порівнянні з найближчими аналогами.

Аналіз та обговорення результатів. Розроблені алгоритми показали високу ефективність в умовах невизначеності. Найкращі результати були досягнуті при комбінуванні різних підходів – нечіткої логіки та машинного навчання. Водночас, були виявлені певні обмеження, зокрема потреба в оптимізації енергоспоживання та зменшення обчислювального навантаження.

Висновки:

1. МРП, що працюють в умовах невизначеності, потребують гнучких та адаптивних підходів до управління.
2. Гібридні алгоритми, що поєднують елементи нечіткої логіки та штучного інтелекту, демонструють високу ефективність.
3. Подальший розвиток досліджень передбачає інтеграцію алгоритмів з хмарними і комунікаційними технологіями для обміну даними в режимі реального часу, а також розширення архітектури з урахуванням колективної взаємодії МРП [6-8].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Cangelosi A., Asada M. Cognitive Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series). MIT Press, 2022. 496 p.
2. Kaltjeb P.O.J. Control of Mechatronic Systems: Model-Driven Design and Implementation Guidelines 1st Edition. Wiley, 2021. 496 p.
3. Azizi A., Barenji R.V. Industry 4.0: Technologies, Applications, and Challenges (Emerging Trends in Mechatronics) 1st Edition. Springer, 2023. 274 p.
4. Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search Optimizations and Machine Learning. Addison-Wesley, 1989. 412 p.
5. Bodyanskiy Y.V., Tyshchenko O.K. A Hybrid Cascade Neuro-Fuzzy Network with Pools of Extended Neo-Fuzzy Neurons and its Deep Learning. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*. 2019. V.29. №3. P. 477-488.
6. Skvorchevsky A. Increasing the robustness of computer networks by using hybrid centralized-distributed topology. *IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, Lviv, Ukraine, 2022, P. 239-242.
7. Nikonov O., Skidan V., Volivach A., Nadopta T., Pavlenko V. Cloud System of Content Accounting with Access on OC Android and IOS. *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, Kharkiv, Ukraine, 2023, P. 1002-1005.
8. Скідан В.В., Ніконов О.Я., Волівач А.П., Павленко В.М. Дослідження хмарних мікросервісів на базі технології ASP.NET Core. *Технології та інжиніринг*. 2023. № 5 (16). С. 50-59.

АДАПТИВНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ РУХУ МОБІЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ

Мобільні роботизовані платформи (МРП) знаходять широке застосування в різних галузях, зокрема у військовій, промисловій та логістичній сферах [1-4]. Функціонування МРП залежить від стабільного руху у складних динамічних середовищах. Основною проблемою, яка ускладнює забезпечення стабільності руху, є вплив зовнішніх збурень, зміна навантаження, рельєфу місцевості та динамічних параметрів самої платформи. У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці адаптивної автоматизованої системи стабілізації руху, яка б забезпечувала високий рівень управління, стійкості та адаптивності до змінних умов експлуатації.

Метою роботи є розроблення концепції, структури та алгоритмів функціонування адаптивної автоматизованої системи стабілізації руху МРП, здатної забезпечити ефективну стабілізацію у реальному часі в умовах зовнішніх збурень і невизначеностей.

Проведений аналіз існуючих підходів до стабілізації руху МРП виявив наступні основні напрямки: класичне ПД-регулювання, нечітке управління, методи штучного інтелекту (нейронні мережі, гібридні системи), а також робастні та адаптивні стратегії управління. Кожен із підходів має свої переваги та обмеження. Зокрема, класичні методи мають високу швидкодію, але не адаптуються до змінних умов. Нечіткі та інтелектуальні системи забезпечують адаптивність, але вимагають великих обчислювальних ресурсів [5].

Необхідно розробити гнучку, масштабовану і стійку до збурень систему автоматизованого управління рухом МРП, що базується на адаптивних принципах керування. Система повинна враховувати зміну параметрів платформи, зміну типу рельєфу, кутів нахилу поверхні, а також реакцію виконавчих механізмів у режимі реального часу.

У якості методологічної основи обрано підхід з використанням комбінованих стратегій адаптивного управління: адаптивна лінійна квадратична регуляція із самоузгодженими параметрами, ідентифікація параметрів об'єкта за допомогою алгоритму найменших квадратів, а також алгоритми компенсації зовнішніх збурень. Застосування методів прогнозування траєкторії руху та моделювання з використанням MATLAB/Simulink дозволяє на етапі проектування оцінити стійкість і точність системи.

Структура системи. Адаптивна система складається з 6 основних модулів:

1. Модуль сенсорного збору даних (IMU, GPS, лідар, енкодери).
2. Модуль ідентифікації та оцінювання параметрів.
3. Адаптивний регулятор руху (на основі LQR з адаптацією).
4. Модуль прогнозування траєкторії руху.
5. Модуль компенсації зовнішніх збурень.
6. Інтерфейс комунікації з виконавчими механізмами.

Алгоритми роботи. Функціонування системи реалізується за наступним алгоритмом:

- збір та фільтрація даних з сенсорів;
- оцінювання масо-інерційних параметрів і коефіцієнтів зчеплення;
- побудова адаптивної моделі платформи;
- генерація управляючих дій з урахуванням адаптивної моделі та зовнішніх збурень;
- перевірка стабільності системи та корекція регулятора за критеріями оптимальності.

Для оцінки ефективності розробленої адаптивної автоматизованої системи стабілізації руху МРП використано метод комп'ютерного моделювання, що дозволяє провести глибокий аналіз системи без необхідності створення фізичних прототипів на початкових етапах розробки. Моделювання виконано за допомогою програмного середовища MATLAB/Simulink, яке забезпечує гнучкість та точність при аналізі динамічних систем.

Математична модель МРП побудована з урахуванням основних фізичних характеристик: маси, розподілу ваги, моментів інерції, сил тертя та взаємодії з поверхнею. Використано модель платформи з трьома ступенями свободи (переміщення по осі X, Y та обертання навколо осі Z).

Моделювання руху засноване на рівняннях Ньютона-Ейлера та Лагранжа для опису динаміки трансляційного та обертального руху платформи. Для адаптивного управління використовуються алгоритми лінійної квадратичної регуляції з адаптивними коефіцієнтами, які коригуються в реальному часі залежно від змінних параметрів системи.

Основним етапом є моделювання стабілізації руху платформи при впливі зовнішніх збурень, таких як нерівності поверхні, зміна напрямку руху та зміна маси. Моделювання проводилось за допомогою створеної адаптивної системи, яка автоматично підлаштовується до змінних умов та коригує параметри управління.

Процес стабілізації включає в себе вимірювання кута нахилу платформи, її швидкості та прискорення, а також виявлення зовнішніх збурень через сенсори, що взаємодіють із системою. На основі отриманих даних алгоритм адаптивного управління змінює коефіцієнти регулятора для забезпечення мінімальних коливань і точного руху по заданій траєкторії.

Для перевірки ефективності системи розроблено кілька тестових сценаріїв, які включають: тестування на рівній поверхні (перевірка стабільності руху за умов стабільного середовища, що дозволяє оцінити точність і швидкість реагування системи на зміни траєкторії); тестування на нерівній поверхні (моделювання руху платформи через перешкоди, такі як ями, горби, та інші нерівності, що дозволяє оцінити здатність системи адаптуватися до зовнішніх збурень); тестування при зміні маси (оцінка ефективності адаптації системи до зміни маси платформи, наприклад, при транспортуванні вантажів); тестування при зміні швидкості (перевірка стабільності руху при різних швидкостях, щоб оцінити здатність системи підтримувати стабільність при змінних динамічних умовах).

Запропонована система демонструє здатність до самонастроювання на нові умови, ефективно адаптується до зміни характеристик середовища, забезпечує мінімізацію коливань та відхилень від траєкторії. Система дозволяє зберігати стійкість навіть при втраті окремих сенсорів, за рахунок застосування алгоритмів прогнозування та асинхронного керування.

Розроблена адаптивна автоматизована система стабілізації руху МРП продемонструвала високу ефективність в умовах зовнішніх збурень і невизначеностей. Застосування адаптивного управління у поєднанні з методами ідентифікації дозволяє підвищити рівень стабілізації руху. Представлені результати мають практичне значення для проектування сучасних систем управління МРП, зокрема військового та спеціального призначення.

Майбутні дослідження включатимуть розробку апаратно-програмного комплексу, перевірку функціонування на мобільній платформі у реальних умовах, розширенні функціоналу за рахунок застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування складних сценаріїв руху та оптимізації енергоспоживання системи.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Nikonov O., Kyrychenko I., Shuliakov V., Fastovec V. Parametric synthesis of a dynamic object control system with nonlinear characteristics. *The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020)*, Zaporizhzhia, Ukraine, April 27 - May 1, 2020, P. 91-101.
2. Cangelosi A., Asada M. *Cognitive Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series)*. MIT Press, 2022. 496 p.
3. Kaltjob P.O.J. *Control of Mechatronic Systems: Model-Driven Design and Implementation Guidelines* 1st Edition. Wiley, 2021. 496 p.
4. Azizi A., Barenji R.V. *Industry 4.0: Technologies, Applications, and Challenges (Emerging Trends in Mechatronics)* 1st Edition. Springer, 2023. 274 p.
5. Bodyanskiy Y.V., Tyshchenko O.K. A Hybrid Cascade Neuro-Fuzzy Network with Pools of Extended Neo-Fuzzy Neurons and its Deep Learning. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*. 2019. V.29. №3. P. 477-488.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ПРИНЦИПІВ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ НА ГЕНЕРАЦІЮ ПОТУЖНОСТІ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Вітроенергетика – галузь енергетичної промисловості, яка динамічно розвивається у багатьох провідних країнах світу. Вітроенергетика виявилась перспективною альтернативою традиційним технологіям генерації електроенергії. Електрична енергія, яку виробляє вітроенергетична установка (ВЕУ) залежить від режиму постачання вітрової енергії і технічних параметрів вітроустановок. Основними енергетичними показниками ВЕУ є базові швидкості вітру (швидкість пуску, швидкість номінальна, швидкість зупинки), діаметр вітроколеса і потужність генератора [1,2].

Слід відмітити, що при швидкості вітру меншій за номінальне значення необхідно виробляти максимально можливу потужність, а при швидкості вітру вищій – номінальну потужність (режим обмеження потужності). Виникає задача автоматичного регулювання потужності, яку виробляє ВЕУ для забезпечення ефективної роботи у широкому діапазоні швидкостей вітру [3,4].

Тому метою роботи є розробка комп'ютерної моделі системи керування аеродинамічною частиною вітроенергетичної установки горизонтально-осьового типу та дослідження різних принципів автоматичного керування.

Під законом регулювання розуміють залежність вихідної величини регулятора β від його вхідної величини P за умови, що інерція самого регулятора не враховується. На вхід регулятора подається збурення вхідної величини ΔP – відмінність генерованої потужності від її номінального значення, на виході регулятора маємо зміну вихідної величини $\Delta\beta$ – зміна кута повороту лопаті.

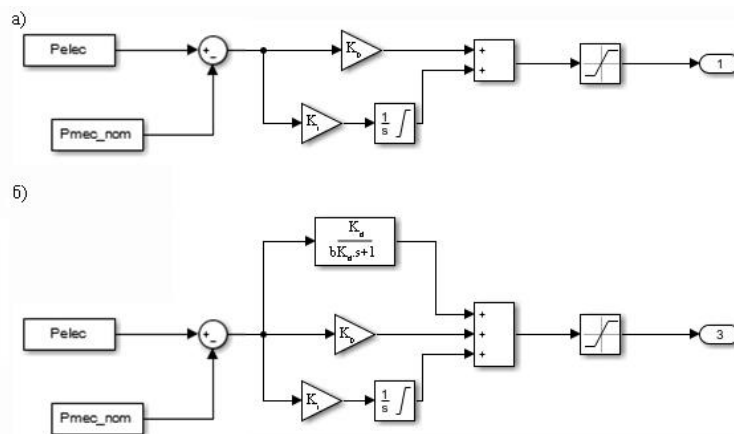


Рисунок 1 – Реалізація ПІ-регулятора (а) та ПІД-регулятора (б) для керування кутом повороту лопаті ВЕУ у системі Matlab/Simulink

Існують три основні принципові закони та відповідні їм типи регуляторів: пропорційний, диференціальний та інтегральний. Для усунення недоліків окремих регуляторів, їх об'єднують. Як показали попередні дослідження, для задач регулювання потужності ВЕУ (шляхом керування кутом повороту лопаті) найбільш підходять пропорційно-інтегральний закон регулювання (ПІ-регулятори) і пропорційно-інтегрально-диференціальний закон регулювання (ПІД-регулятори):

$$\Delta\beta = k \int_0^t \Delta P dt + k_1 \Delta P \quad (1)$$

$$\Delta\beta = k \int_0^t \Delta P dt + k_1 \Delta P + k_2 \frac{d\Delta P}{dt} \quad (2)$$

На рис.1 показана реалізація у програмному середовищі Matlab/Simulink ПІ та ПІД-регуляторів для керування кутом повороту лопаті ВЕУ.

В задачах керування режимами роботи вітроенергетичної установки з'являються проблеми, які важко розв'язати традиційними методами. У реальній моделі обов'язково присутній технологічний розкид параметрів, обумовлений непостійністю характеристик механічних елементів. Цей факт разом зі змінним характером вітру є причиною невизначеності інформації, що веде до неточності регулюючих дій. Для розв'язку даної проблеми запропоновано використовувати нечітку логіку [1].

Блок зміни кута повороту лопаті ВЕУ із застосуванням алгоритму на основі нечіткого логічного виводу і реалізований у системі Matlab/Simulink, представлено на рис.2. На вхід блоку подаються вхідні величини: відхилення потужності від її номінальної величини ΔP , останній приріст потужності $\delta(\Delta P)$ і поточне значення швидкості вітру v . Вхідні величини спочатку перетворюються у відповідні нечіткі множини з інтуїтивними лінгвістичними значеннями. Це відбувається у блоці фазифікації (Fuzzy Logic Controller), де вхідні змінні ΔP , $\delta(\Delta P)$, v , а також вихідна величина зміни кута повороту лопаті $\Delta\beta$ описуються відповідними функціями належності [1,4].

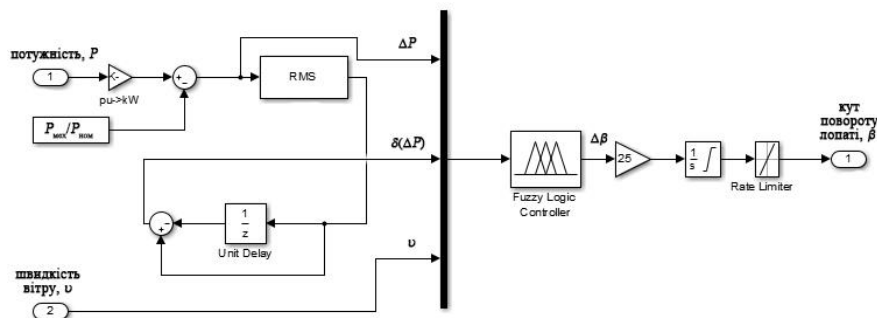


Рисунок 2 – Реалізація нечіткого регулятора для керування кутом повороту лопаті ВЕУ у системі Matlab/Simulink

Для реалізації алгоритму ефективного керування потужністю ВЕУ на основі законів автоматичного керування та теорії нечітких множин було розроблено універсальну комп'ютерну модель ВЕУ, яка дозволяє імітувати та досліджувати різні режими роботи вітроустановки, проводити їх порівняння та представляти результати у зручній графічній формі. Також розроблена модель передбачає можливість дослідження окремих частин алгоритму керування, легку зміну вхідних параметрів обладнання ВЕУ, можливість створення різних сценаріїв роботи [3].

Мета дослідження передбачає тестування комп'ютерної моделі ВЕУ горизонтально-осьового типу та системи керування на основі традиційних алгоритмів керування та алгоритмів нечіткої логіки для всіх режимів роботи в умовах змінної швидкості вітру. У дослідженні використовували дві моделі вітрового навантаження: синусоїдальну і "реальну", яка враховує стохастичні пульсації і пориви. Розглянуто роботу ВЕУ у режимі вироблення номінальної потужності 1,5 МВт. У системі керування аеродинамічною частиною ВЕУ задіяна підсистема зміни кута повороту лопаті. Стратегія керування у цьому режимі – обмеження

потужності її номінальним значенням шляхом підтримання сталої швидкості обертання ротора.

На рис.3 представлені головні характеристики роботи ВЕУ при синусоїдальному законі зміни швидкості вітру (зміщення 16 м/с, амплітуда 1 м/с, частота $2\pi/60$ рад/с). Після встановлення режиму (починаючи з $t = 8$ с), вироблена потужність при задіяному алгоритмі нечіткої логіки демонструє більші і стабільні ($\sim 1,5$ МВт) значення у порівнянні з алгоритмами ПІ-регулювання і ПД-регулювання, для яких починаючи з моменту часу $t = 37$ с спостерігається помітне “провисання” потужності. Зміна кута повороту лопаті для алгоритму нечіткої логіки є більш плавною у порівнянні з алгоритмами ПІ-регулювання і ПД-регулювання, де спостерігаються декілька зламів.

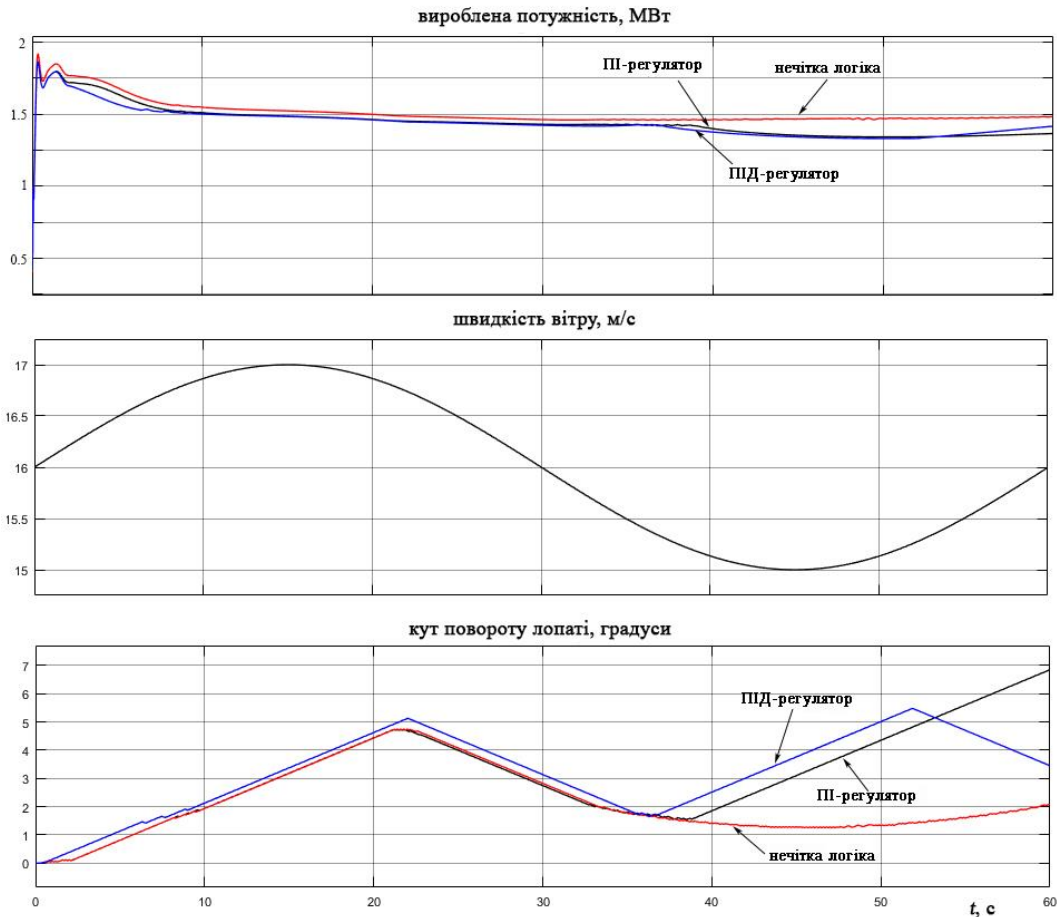


Рисунок 3 – Режим обмеження потужності ВЕУ при синусоїдальній моделі вітру для різних алгоритмів регулювання кута повороту лопаті

На рис.4 представлені головні характеристики роботи ВЕУ при застосуванні “реальної” моделі зміни швидкості вітру у вигляді суми статичної і динамічної складових. Значення статичної складової дорівнює 16,3 м/с, максимальне та мінімальне значення швидкості вітру за період моделювання відповідно склало 17,5 м/с і 14,0 м/с. Вироблена потужність для всіх алгоритмів керування має коливальний характер, який корелює зі змінами швидкості вітру. При цьому для алгоритму нечіткої логіки на усьому досліджуваному інтервалі спостерігаються більші значення потужності у порівнянні з алгоритмами ПІ-регулювання і ПД-регулювання. Слід зауважити, що алгоритми ПІ-регулювання і ПД-регулювання не виводять потужність на її номінальне значення. Алгоритм ПД-регулювання характеризується найбільшою амплітудою зміни кута повороту лопаті, алгоритм нечіткої логіки – найменшою. Характер зміни кута повороту лопаті ВЕУ має більш коливальний вигляд для алгоритму ПД-регулювання і найменшу коливальну складову для алгоритму ПІ-регулювання.

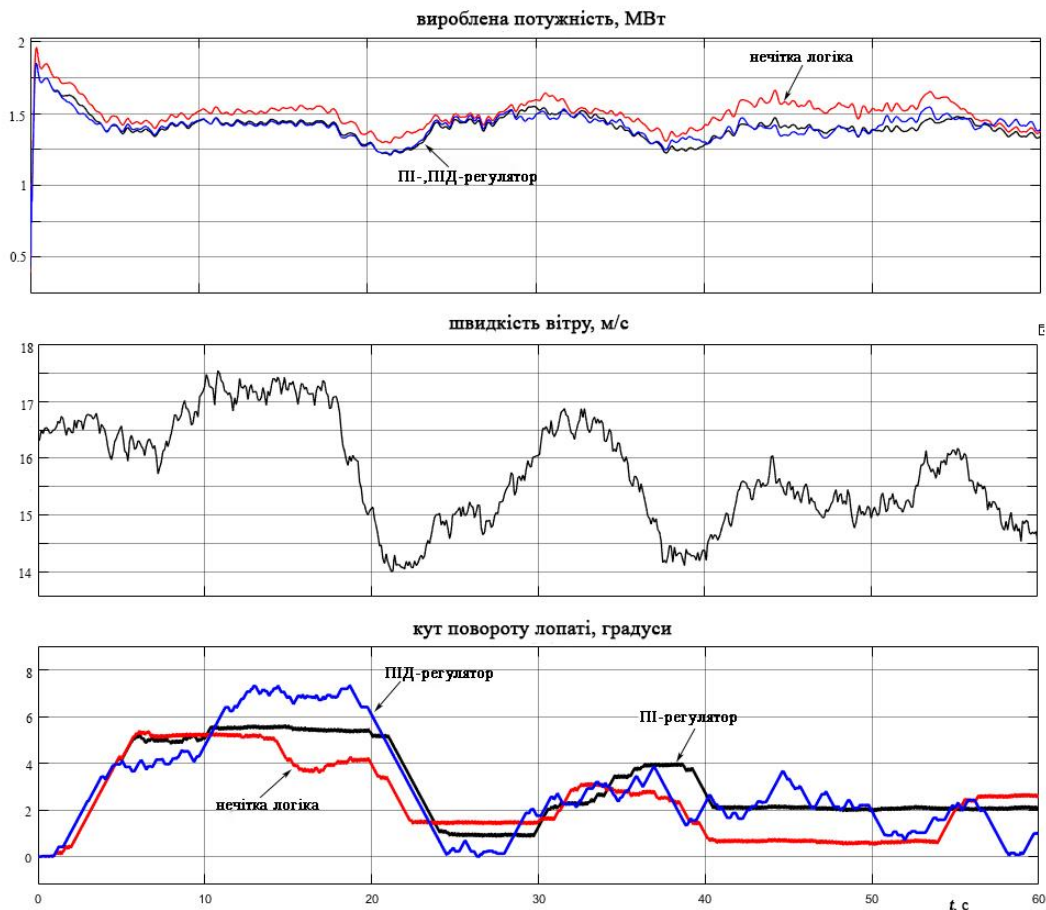


Рисунок 4 – Режим обмеження потужності ВЕУ при “реальній” моделі вітру для різних алгоритмів регулювання кута повороту лопаті

Проведене модельне порівняння результатів роботи ВЕУ при використанні нечіткої системи керування і традиційної системи керування однозначно показано збільшення вироблення потужності при нечіткому керуванні. Підсистема зміни кута повороту лопаті ВЕУ для нечіткої системи керування у порівнянні з традиційною системою керування характеризується більш плавним характером без різких стрибків, наявністю лінійних ділянок і незначною коливальною складовою.

Розглянуті способи керування потужністю ВЕУ на основі алгоритмів нечіткої логіки можна застосовувати до різних конструкцій вітроустановок, що дозволяє сконцентруватися на дослідженні способів керування і застосовувати отриманий досвід для усього різноманіття вітроенергетичних установок.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Степанчиков Д.М. Алгоритми керування вітроенергетичною установкою на основі нечіткої логіки. *Вісник ХНТУ*. 2018. № 1 (64). С.175-182
2. Степанчиков Д.М., Кассо С.О. Моделювання системи керування аеродинамічною частиною вітроенергетичної установки з горизонтальною віссю обертання. *Матеріали VII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління (м. Херсон, 10-12 квітня, 2019 р.)*. Херсон, 2019. С. 48-49.
3. Малуха І.О., Степанчиков Д.М. Моделювання роботи вітропарку. *«Актуальні проблеми сучасної енергетики»: зб. тез доп. III всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Херсон, 23-25 травня, 2018р.)*. Херсон, ХНТУ, 2018. С. 100-103.
4. Чеснок Ю.П., Степанчиков Д.М. Алгоритм регулювання кута повороту лопаті вітроенергетичної установки на основі нечіткої логіки. *«Актуальні проблеми сучасної енергетики»: зб. тез доп. II всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Херсон, 24-26 травня, 2017р.)*. Херсон, ХНТУ, 2017. С. 36-39.

СЕКЦІЯ
«КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ
І МЕРЕЖІ ПЕРЕТВОРЕННЯ
ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ПІДХОДУ ДО ПОБУДОВИ КЛАСТЕРІВ

Проблема мінімального остовного дерева є важливою проблемою теорії графів, комбінаторики та алгоритмів оптимізації. Мінімальним остовним деревом графа є підграф, який є деревом, що включає всі вершини графа, але лише деякі ребра, так що сума ваг цих ребер мінімальна [1, 2]. Це означає, що мінімальне остовне дерево є найефективнішим способом з'єднати всі вершини графа за менших витрат.

Проблема мінімального остовного дерева має широкий спектр застосувань у різних галузях, таких як телекомунікації, транспорт, електроенергетика та інші. Наприклад, в транспортно-логістичних мережах задача про мінімальне остовне дерево використовується для визначення найкоротшого маршруту для транспортування товарів або послуг. Це може допомогти зменшити витрати на транспортування та заощадити час. У телекомунікаційній та інформаційній галузях проблему мінімального остовного дерева можна використовувати для побудови комунікаційної мережі. Виробничі підприємства використовують проблему мінімального остовного дерева для оптимізації матеріальних потоків і виробничої логістики. У банківському секторі та фінансових установах концепцію мінімального дерева можна використовувати для аналізу фінансових мереж і оптимізації шляху коштів або фінансових операцій. Тому задача мінімального остовного дерева може бути важливим інструментом оптимізації різноманітних процесів у будь-якій сфері діяльності. Це дозволяє знаходити оптимальні рішення з урахуванням обмежень і вимог ефективності.

В роботі розглядається спроба визначити кластери за допомогою оптимізаційної задачі про мінімальне остовне дерево. Завдання кластеризації полягає в тому, щоб згрупувати подібні об'єкти в багато кластерів таким чином, щоб об'єкти всередині одного кластера були схожі один на одного, а об'єкти між різними кластерами відрізнялися [3].

Ідея використання проблеми мінімального остовного дерева для кластеризації полягає в тому, щоб побудувати дерево, що з'єднує всі об'єкти, де ваги ребер відповідають відстаням між об'єктами.

Метою роботи є проведення аналізу даних для ідентифікації кластерів за допомогою задачі про мінімальне остовне дерево.

У інтелектуальному аналізі даних кластерний аналіз не використовує один алгоритм, це загальне завдання з використанням різних підходів. Популярні алгоритми ідентифікації кластерів включають групи результуючих елементів, які базуються на відстані між ними, щільності областей у просторі даних, інтервалах або конкретних статистичних розподілах [3].

Дерево – це зв'язаний набір неорієнтованих ребер (дуг), який не містить циклів. Таким чином, якщо задано набір з m вузлів, з'єднаних неорієнтованими ребрами, то для побудови дерева необхідно вибрати підмножину, що складається з $m - 1$ дуг. Іншими словами, кожен вузол з'єднаний з іншим вузлом одним і єдиним способом [1, 2, 4].

Розглянемо мережу, що містить n вузлів, сукупність яких утворює множину S . Остовне дерево – зв'язана множина, що складається з $(n - 1)$ дуг (ребер) і n вузлів. Дерево може бути сформовано з будь-якої власної підмножини множини S , яка, однак, може не бути остовним деревом вихідної мережі. Будемо припускати, що кожній дузі, що з'єднує вузли i та j із множини S , присвоєно число c_{ij} , яке називається відстанню або вагою дуги. Тепер введемо поняття мінімального остова. Мінімальний остов – це остов мережі, для якого сума ваг c_{ij} усіх її дуг мінімальна [3].

Задача про мінімальний остов є однією із задач, яку можна розв'язати за допомогою «жадібного» алгоритму, який є дуже економічним. Використовуючи схему «поглинання», наведемо наступний алгоритм.

Задача про найкоротший остов заключається у виборі таких дуг заданої мережі, щоб їх загальна вартість була мінімальною і для будь-якої пари вузлів існував шлях (або маршрут), що з'єднує їх. Цього можна досягти шляхом вибору дуг таким чином, щоб утворене ними дерево з'єднувало всі вузли даної мережі, тобто необхідно побудувати остов мінімальних витрат.

Задача про мінімальний остов вирішується досить просто. Алгоритм починає свою роботу з вибору довільного вузла мережі та найкоротшої дуги з набору дуг, що сполучають цей вузол з іншими вузлами. З'єднаємо два вузли обраною дугою. Оберемо третій вузол, найближчий до цих вузлів. Додаємо цей вузол і відповідну дугу до мережі. Продовжуємо цей процес, поки всі вузли не будуть з'єднані один з одним [3, 4]. Алгоритм, заснований на «поглинанні» мінімальних дуг, можна описати наступним чином.

Алгоритм побудови мінімального остоного дерева [5-8]:

Крок 1. Використовуючи вузли вихідної мережі, визначте наступні дві множини: S – множина з'єднаних вузлів; $\bar{S}$ – множина незв'язаних вузлів. Спочатку всі вузли будуть належати множині $\bar{S}$.

Крок 2. Виберіть довільний вузол із $\bar{S}$ і з'єднайте його з найближчим сусіднім вузлом. Після завершення цього кроку множина S буде містити два вузли.

Крок 3. Серед усіх дуг, що сполучають вузли з множини S з вузлами з множини $\bar{S}$, вибрати мінімальну дугу. Кінцевий вузол цієї дуги, що належить $\bar{S}$, позначимо δ . Видаліть вузол δ із множини $\bar{S}$ і помістіть її в множину S .

Крок 4. Виконуйте крок 3, поки всі вузли не належатимуть множині S .

Розглянемо приклад пошуку рішення «жадібного» алгоритму для мережі, зображеної на рис. 1.

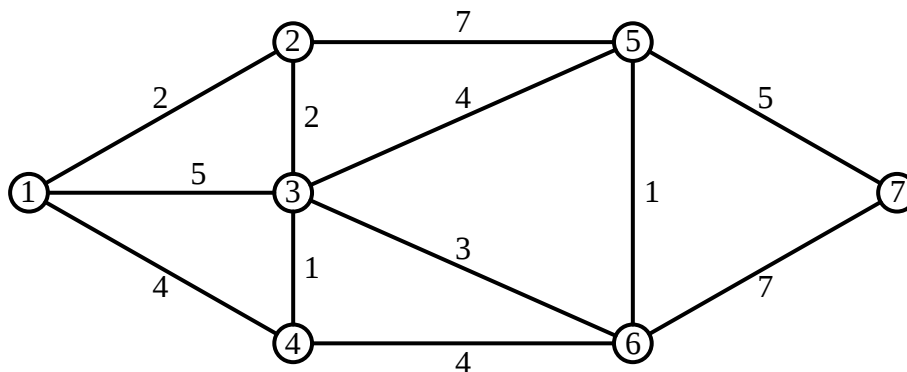


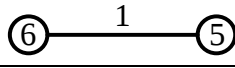
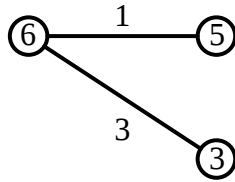
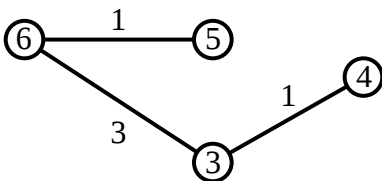
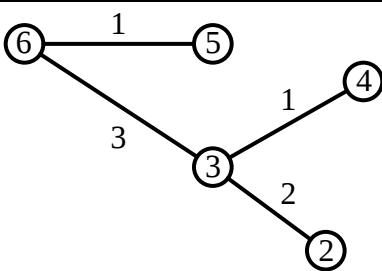
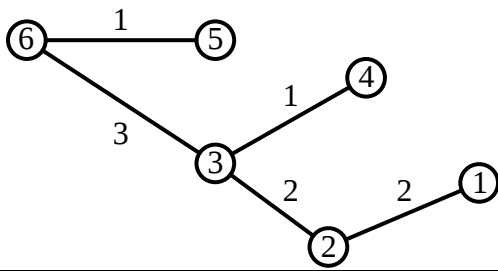
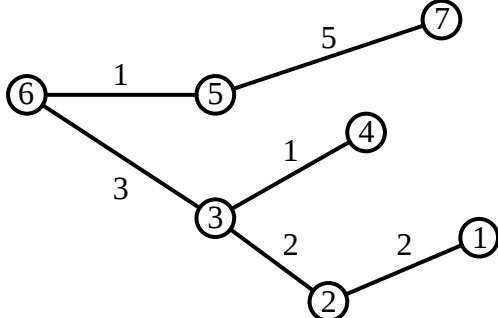
Рисунок 1 – Приклад мережі задачі мінімального охоплення

Розв'язок задачі про мінімальний остов мережі (рис. 1) зведемо в табл. 1.

Таблиця 1 – Пошук розв'язання задачі про мінімальне остоное дерево

Крок	Множина	Побудова мінімального остоного дерева	Вартість, c_{ij}
1	$S = \emptyset$ $\bar{S} = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)$	–	–
2	$S = (6)$ $\bar{S} = (1, 2, 3, 4, 5, 7)$	–	–

Продовження таблиці 1

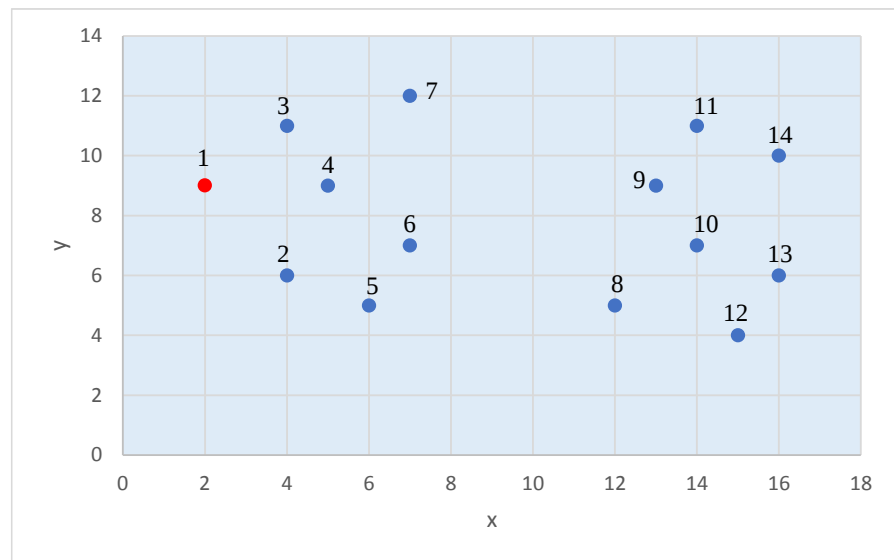
Крок	Множина	Побудова мінімального остовного дерева	Вартість, c_{ij}
3	a $S = (6, 5)$ $\bar{S} = (1, 2, 3, 4, 7)$		1
	b $S = (6, 5, 3)$ $\bar{S} = (1, 2, 4, 7)$		4
	c $S = (6, 5, 3, 4)$ $\bar{S} = (1, 2, 7)$		5
	d $S = (6, 5, 3, 4, 2)$ $\bar{S} = (1, 7)$		7
	e $S = (6, 5, 3, 4, 2, 1)$ $\bar{S} = (7)$		9
	f $S = (6, 5, 3, 4, 2, 1, 7)$ $\bar{S} = \emptyset$		14

Алгоритм закінчує роботу, оскільки $\bar{S} = \emptyset$. Вартість найкоротшого остова дорівнює 14.

Спробуємо використати алгоритм мінімального остовного дерева для задачі кластеризації даних. Набір даних, придатний для кластеризації, – це множина точок, що належить певному простору. Простір – це універсальна множина, з якого беруться точки в наборі даних. Прикладом такого простору може бути евклідов простір, де довжина вектора визначається кількістю вимірів простору, а компоненти вектора є координатами відповідних точок. Щоб спростити експеримент, давайте візьмемо двовимірний простір з деяким набором даних і спробуємо розділити ці дані на кластери за допомогою задачі про мінімальне остовне дерево. Дані та їх розташування на площині показано на рис. 2 а)-б).

№	x	y
1	2	9
2	4	6
3	4	11
4	5	9
5	6	5
6	7	7
7	7	12
8	12	5
9	13	9
10	14	7
11	14	11
12	15	4
13	16	6
14	16	10

a)



b)

Рисунок 2 – Набір даних для кластеризації:
a) дані; b) розміщення даних на площині

Алгоритм може початися з будь-якої точки, розташованої в просторі. Почнемо з точки 1 з координатами [2;9], виділеними червоним. Кластери слід об'єднувати на основі близькості наборів даних. Об'єднання припиняється, коли подальші об'єднання дають небажані результати.

Визначимо відстані між точкою 1 та іншими точками на площині та знайдемо найменше значення, яке дорівнює 2,83. Це пункт 3.

Після цього точка 3 включається в множину S , а потім шукається мінімальне значення відстані від двох точок, що входять в множину S . Це продовжується до тих пір, поки всі точки не увійдуть до множини S , і множина $\bar{S}$ не дорівнюватиме порожній множині $\emptyset$ (рис. 3).

№	x	y	Відстань від 1	Відстань від 3	Відстань від 4	Відстань від 6	Відстань від 5	Відстань від 2	Відстань від 7	Відстань від 8	Відстань від 10	Відстань від 9	Відстань від 11	Відстань від 14	Відстань від 13
1	2	9													
2	4	6	3,61	5,00	3,16	3,16	2,24								
3	4	11	2,83												
4	5	9	3,00	2,24											
5	6	5	5,66	6,32	4,12	2,24									
6	7	7	5,39	5,00	2,83										
7	7	12	5,83	3,16	3,61	5,00	7,07	6,71							
8	12	5	10,77	10,00	8,06	5,39	6,00	8,06	8,60						
9	13	9	11,00	9,22	8,00	6,32	8,06	9,49	6,71	4,12	2,24				
10	14	7	12,17	10,77	9,22	7,00	8,25	10,05	8,60	2,83					
11	14	11	12,17	10,00	9,22	8,06	10,00	11,18	7,07	6,32	4,00	2,24			
12	15	4	13,93	13,04	11,18	8,54	9,06	11,18	11,31	3,16	3,16	5,39	7,07	6,08	2,24
13	16	6	14,32	13,00	11,40	9,06	10,05	12,00	10,82	4,12	2,24	4,24	5,39	4,00	
14	16	10	14,04	12,04	11,05	9,49	11,18	12,65	9,22	6,40	3,61	3,16	2,24		
		MIN від S	2,83	2,24	2,83	2,24	2,24	3,16	5,39	2,83	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24
			S=(1)	S=(1,3)	S=(1,3,4)	S=(1,3,4,6)	S=(1,3,4,6,5)	S=(1,3,4,6,5,2)	S=(1,3,4,6,5,2,7)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10,9)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10,9,11)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10,9,11,14)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10,9,11,14,13)

Рисунок 3 – Розрахунок алгоритму побудови мінімального остовного дерева

Використовуючи обчислені дані, побудуємо мінімальне остовне дерево для заданого набору даних (рис. 4).

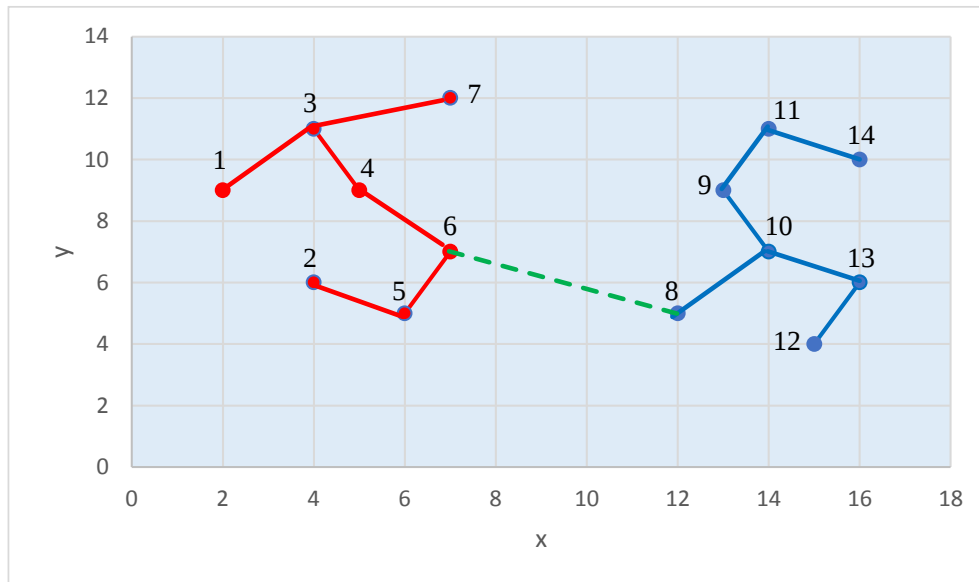


Рисунок 4 – Мінімальне остовне дерево

Щоб розбити побудоване остовне дерево на кластери, видаляємо певну кількість найдовших ребер. Якщо проаналізувати розрахункову таблицю (рис. 3), то можна побачити, що відстань між точками частин дерева, виділеними червоним і синім, мінімальна. Більше того, відстань між будь-якими точками червоної та синьої частин значно більша, ніж відстань усередині цих частин (комірки, виділені сірим кольором на рис. 3). Отже, можна зробити висновок, що в нашому випадку потрібно видалити ребро між точками 6 і 8. Тобто існує два кластери точок, що складаються з точок з найменшими відстанями між ними. Це пункти 1-7, виділені червоним, і пункти 8-14, виділені синім.

Задача про мінімальне остовне дерево може бути використана для інтелектуального аналізу даних у сфері кластеризації даних, де є потреба групувати схожі об'єкти разом. Також можна використовувати мінімальне остовне дерево для визначення найбільш значущих зв'язків між об'єктами. Це допоможе виявити групи об'єктів, які мають подібні характеристики чи зв'язки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Поповський, В., Сабурова, С., Олійник, В., Лосєв, Ю., Агеєв, Д. Математичні основи теорій телекомунікаційних систем. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 564 с.
2. Капітонова Ю.В. Основи дискретної математики. Київ: Наукова думка, 2002. 580 с.
3. Димова Г.О., Ларченко О.В. Моделі і методи інтелектуального аналізу даних: навчальний посібник. Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. 142 с.
4. Phillips D.T., Garcia-Diaz A. Fundamentals of Network Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981. 496 p.
5. Dymova H. Development Of A Software Application Algorithm For Solving Computer Network Optimization Problems. *Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique: c avec des matériaux de la VI conférence scientifique et pratique internationale, Paris, 1er Mars 2024*. Paris-Vinnytsia: La Fedeltà & UKRLOGOS Group LLC, 2024. Pp. 226-229. DOI 10.36074/logos-01.03.2024.051.
6. Димова Г., Ларченко О. Розробка комп'ютерної програми розв'язання задач мережевої оптимізації. *Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво"*, (41), 2020. С. 142-150. DOI 10.36910/6775-2524-0560-2020-41-23.
7. Bhargava A. Grokking Algorithms. An Illustrated Guide For Programmers And Other Curious People. By Manning Publications Co. All Rights Reserved, 2016. 288 p.
8. Dymova H. Application of Characterization Analysis Methods to Investigation of Logical Networks Structures. *Theoretical and Empirical Scientific Research: Concept and Trends with Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference*. Oxford, United Kingdom: European Scientific Platform, 2023. Pp. 124-128. DOI: 10.36074/logos-23.06.2023.34.

МАСШТАБНІ АТАКИ ТА ВИТОКИ ДАНИХ І ЧОМУ ВАЖЛИВА БЕЗПЕКА У ВЕЛИКИХ СОЦМЕРЕЖАХ

Кількість користувачів соціальних мереж постійно зростає, і це привертає багато уваги з боку хакерів. За останні роки соціальні мережі стали важливою частиною нашого повсякденного життя. В акаунтах часто зберігаються особисті дані, фото, відео, публікації, все це може бути використане кіберзлочинцями для власної вигоди.

Сьогодні обліковий запис – не просто сторінка в інтернеті, а джерело цінної інформації, яку можна використати для шахрайства, маніпуляцій або навіть для впливу на політичні чи економічні процеси. Ми самі, часто не замислюючись, публікуємо у соцмережах особисті моменти, місцезнаходження, звички та інші деталі, які дозволяють зловмисникам створювати точні "портрети" користувачів.

Це створює сприятливі умови для організованих атак. Отримавши певну інформацію, зловмисники можуть зламувати інші акаунти, викрадати особисті дані або впливати на людей за допомогою соціального інженерінгу.

Соціальні мережі, через свою популярність та обсяг зібраної інформації, стають одними з найпривабливіших цілей для атак. Витоки даних, фішинг, проблеми з безпекою API є серйозними загрозами. Такі інциденти можуть спричинити фінансові втрати, порушення приватності й погіршення репутації платформ.

Тому питання безпеки у соціальних мережах є надзвичайно важливим. Компанії повинні постійно вдосконалювати системи захисту, а користувачі дбати про власну безпеку, використовувати складні паролі, не ділитися зайвим і бути уважними до підозрілих повідомлень чи посилань.

Facebook – одна з найбільших соціальних мереж у світі, і саме тому вона є головною мішенню для хакерів. Платформа не тільки містить величезну кількість особистих даних, а й дозволяє збирати багато різноманітної інформації про своїх користувачів. Витоки даних та масштабні атаки на Facebook стали частими подіями. Хакери зацікавлені в отриманні доступу до акаунтів користувачів, бо саме тут зберігається не тільки особиста інформація, а й інтелектуальні активи, пов'язані з бізнесом і політикою.

Однією з найбільших загроз для безпеки є витоки особистих даних (рис. 1). Витік 533 мільйонів акаунтів Facebook у 2019 році став одним з найбільш резонансних інцидентів в історії платформи. Хакери отримали доступ до особистих даних, включаючи номери телефонів, електронні адреси та інші чутливі відомості. Такий випадок не тільки підриває довіру до платформи, а й надає зловмисникам можливості для більш серйозних атак.

Ще однією поширеною причиною атак є вразливості в API (інтерфейси програмування додатків), які використовуються для взаємодії між різними частинами платформи. Такі вразливості можуть дозволити хакерам отримати несанкціонований доступ до даних, що знаходяться на серверах соцмереж. Атаки через API часто стають причиною зломів, бо такі інтерфейси зазвичай відкриті для зовнішніх розробників, що збільшує ймовірність вразливості.

Боти – автоматизовані програми, які використовуються для виконання атак на соціальні мережі. Вони можуть здійснювати великомасштабні атаки на акаунти користувачів, обходити механізми захисту та виявляти вразливості в системах безпеки. Наприклад, боти можуть використовуватися для автоматичного збору паролів через фішинг-атаки, пошуку слабких місць у додатках, або навіть для порушення функціональності мережі через DDoS-атаки.



Рисунок 1 – Потенційні загрози

Facebook активно працює над забезпеченням безпеки своїх користувачів і проводить регулярні перевірки систем на наявність вразливостей. Платформа має велику службу безпеки, яка займається моніторингом активності користувачів і перевіркою даних, щоб попередити й оперативно реагувати на спроби несанкціонованого доступу.

Служба безпеки Facebook використовує різноманітні інструменти для моніторингу активності на платформі, щоб виявляти підозрілу діяльність у реальному часі. Включаючи використання штучного інтелекту для аналізу патернів поведінки користувачів і виявлення можливих загроз. Окрім того, Facebook активно співпрацює з іншими організаціями та правоохоронними структурами для покращення безпеки.

У випадку атаки або витоку даних Facebook має розроблену систему обробки інцидентів, яка включає ідентифікацію джерела атаки, оцінку масштабів інциденту, а також забезпечення захисту даних. Платформа також повідомляє користувачів про потенційні загрози та дає рекомендації щодо зміни паролів і налаштувань безпеки (рис. 2).



Рисунок 2 – Кібергігієна користувача

Однією з основних порад для користувачів є регулярна зміна паролів. Це знижує ймовірність того, що зловмисники зможуть скористатися витоками даних або старими вразливостями для доступу до акаунтів. Використання складних паролів, які містять великі та малі літери, цифри і символи, також є важливою частиною кібергігієни.

Важливий аспект в обмеження публічності профілю. Користувачі повинні бути обережними при налаштуванні конфіденційності своїх акаунтів, обмежуючи доступ до особистих даних лише для обраних осіб. Це допоможе запобігти витоку чутливої інформації.

Щоб уникнути зловмисних програм, користувачі повинні завжди використовувати офіційні додатки та сервіси. Це гарантує, що вони не потраплять на фальшиві сайти або додатки, які можуть бути шкідливими.

У майбутньому важливу роль у забезпеченні безпеки в соціальних мережах зіграє штучний інтелект. Розвиток технологій машинного навчання дозволяє виявляти підозрілу

активність у реальному часі та прогнозувати можливі загрози на основі поведінки користувачів. Дозволяючи ще швидше реагувати на атаки та зменшити їх вплив.

Не менш важливим є розвиток законодавства, спрямованого на захист даних. Прикладом такого законодавства є Загальний регламент захисту даних (GDPR), який встановлює жорсткі вимоги щодо обробки персональних даних. Що дозволяє користувачам мати більше контролю над своїми даними і сприяє підвищенню рівня безпеки на платформах соціальних мереж.

У сучасному світі безпека даних у соціальних мережах – спільна відповідальність компаній і користувачів. Такі платформи, як Facebook, Instagram чи Twitter, зберігають велику кількість особистої інформації, що робить їх привабливими для хакерів. Попри розвиток систем захисту, багато що залежить саме від обізнаності користувачів.

Сучасні технології, зокрема штучний інтелект, вже активно застосовуються для виявлення загроз і попередження атак. Крім того, законодавчі ініціативи, як GDPR у ЄС, стимулюють компанії краще захищати дані.

Однак технічних засобів недостатньо без активної участі самих користувачів. Використання надійних паролів, налаштування конфіденційності та обережність в онлайн-просторі - це базові кроки до безпеки.

Комплексний підхід - поєднання технологій, законодавства та цифрової грамотності - є ключем до ефективного захисту персональних даних у соціальних мережах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Тренди кібербезпеки на 2025 рік: як захистити бізнес. Hub Kyivstar. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/ostanni-trendy-kiberbezpeky> (дата звернення: 08.04.2025).
2. Маркетинг в умовах цифрового шантажу. Economy and Society. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/5317/5259> (дата звернення: 08.04.2025).
3. Як соціальні мережі впливають на суспільство та бізнес. Inproject. URL: <https://inproject.org/vplyv-soczialnuh-merezh-na-suspilstvo-i-biznes> (дата звернення: 08.04.2025).
4. From Zero to Hero: How Social Media Can Help Rebuild Your Reputation Online. Ranktracker. URL: <https://www.ranktracker.com/uk/blog/from-zero-to-hero-how-social-media-can-help-rebuild-your-reputation-online>

ІНТЕГРАЦІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ДИНАМІЧНОГО ВИБОРУ ВІРТУАЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ

Постановка проблеми та її актуальність. Швидке поширення Kubernetes для оркестрації мікросервісів та хмарних віртуальних машин (ВМ) для створення еластичної інфраструктури докорінно змінило сучасні підходи до розгортання додатків. Однак організації стикаються з постійними труднощами у забезпеченні балансу продуктивності, вартості та надійності за умов змінних навантажень. Існуючі підходи часто розглядають автоскейлінг мікросервісів та виділення ВМ як окремі задачі, що призводить до реактивного розподілу ресурсів, неефективного використання інфраструктури та каскадних проблем з затримками.

Аналіз останніх досліджень. Kubernetes надає базові інструменти, такі як Horizontal Pod Autoscaling (HPA), що регулює кількість реплік подів відповідно до заданих порогових значень CPU, пам'яті або користувацьких метрик [1]. Попри ефективність у реактивному масштабуванні, HPA не враховує майбутніх сплесків трафіку, що може спричинити затримки реакції на раптове збільшення попиту. Найкращою практикою вважається поєднання HPA із запитами та лімітами ресурсів, а також автоскейлінгом кластерів, що дозволяє уникнути перевантаження нод [3].

Однак ці методи віддають перевагу негайному реагуванню, а не прогнозуванню та ефективності. Статичні порогові значення ресурсів часто призводять до надмірного резервування ресурсів під час низького навантаження або до нестачі ресурсів у пікові моменти, погіршуючи баланс між витратами та продуктивністю [5]. Наприклад, масштабування на основі CPU не враховує тонких закономірностей у специфічних для застосунків метриках, таких як кількість HTTP-запитів або затримки запитів до бази даних, залишаючи системи вразливими до порушень SLO під час несподіваних змін навантаження.

Формулювання мети. Дослідити можливість інтеграції методів прогнозування навантаження з динамічним вибором віртуальних машин як синергетичного підходу до ефективної оптимізації розподілення ресурсів мікросервісів.

Основна частина. Стратегії вибору віртуальних машин

Зазвичай хмарні ВМ виділяються за евристичними правилами, наприклад, шляхом вибору фіксованих типів ВМ або надмірного резервування ресурсів для компенсації змінності попиту. Сучасні дослідження акцентують увагу на динамічному плануванні ВМ із використанням алгоритмів машинного навчання (ML) та оптимізації, наприклад:

- Гібридні метаевристики: Моделі на зразок DPSO-GA поєднують метод рою частинок та генетичні алгоритми для налаштування гіперпараметрів прогнозування навантаження, підвищуючи точність прогнозів щодо використання кількох ресурсів на 15–20% [4].
- Процесно-орієнтоване планування: Технології, що прогнозують навантаження на дисковий ввід-вивід (I/O), співвідносять продуктивність ВМ з фізичними процесами хостів, знижуючи затримки у віртуалізованих середовищах на 30% [2].
- Онлайн-навчання: Фреймворки на основі навчання з підкріпленням динамічно підбирають типи ВМ відповідно до реальних шаблонів навантаження, скорочуючи витрати на 18–25% порівняно зі статичним виділенням ресурсів [6].

Незважаючи на це, вибір віртуальних машин часто здійснюється ізольовано від рішень щодо автоскейлінгу мікросервісів. Наприклад, Kubernetes кластер може горизонтально масштабувати поди без врахування того, чи оптимізовані за вартістю відповідні віртуальні машини для нового профілю навантаження, що призводить до фрагментованого управління ресурсами.

Прогнозування навантаження усуває цю прогалину, надаючи єдині вхідні дані для прийняття рішень на рівні як мікросервісів, так і віртуальних машин. Гібридні моделі

прогнозування, такі як мережі CNN-LSTM, здатні виявляти часові закономірності в історичних метриках (наприклад, кількість запитів, використання CPU подами) та враховувати просторові залежності між сервісами. У контексті Kubernetes такі моделі дозволяють:

- Проактивний автоскейлінг: прогнозування обсягів HTTP-запитів на 5–10 хвилин вперед дає змогу HPA завчасно масштабувати поди, зменшуючи затримки «холодного старту» під час пікових навантажень [1].
- Точний розподіл ресурсів: прогнозування використання пам'яті для кожного мікросервісу дозволяє точно налаштовувати запити та ліміти ресурсів, мінімізуючи зайві витрати [3].
- Координацію кількох ресурсів: єдиний прогноз попиту на CPU, мережу й пам'ять допомагає уникнути вузьких місць у багатокористувацьких кластерах [5].

Наприклад, дослідження 2024 року продемонструвало, що інтеграція прогнозування на основі моделі Prophet із HPA зменшила варіативність часу відповіді на 40%, зберігаючи при цьому завантаженість кластерів на рівні 95% [4].

У той час як прогнозування навантаження визначає, які ресурси потрібні, динамічний вибір VM визначає, як економічно вигідно їх забезпечити. Системи на основі машинного навчання аналізують актуальні ціни хмарних ресурсів, дані про продуктивність VM та обсяги прогнозовані навантаження для того, щоб:

- Підбирати типи VM відповідно до профілю навантаження: мікросервіси з різкими стрибками активності можуть бути розгорнуті на спотових інстансах, а сервіси з постійним навантаженням — на зарезервованих універсальних VM [6].
- Оптимізувати енергоефективність: алгоритми нечіткої логіки балансуватимуть вимоги QoS з енергоспоживанням, що дозволяє знизити споживання енергії дата-центрами на 12–18% [2].
- Адаптуватись до динаміки ринку хмарних послуг: агенти із підкріпленням постійно оцінюють коливання цін на VM (наприклад, AWS Spot Instances), мінімізуючи витрати без порушення SLO [6].

Гібридна модель 2024 року, що поєднує прогнозування навантаження на базі LSTM з вибором VM через PSO-GA, дозволила скоротити витрати на інфраструктуру на 35% порівняно зі статичним підходом, згідно із симуляціями на Google Cloud [4].

Інтеграція цих підходів пов'язана з певними складнощами:

- Точність прогнозування: Шумні або сезонні навантаження можуть знижувати точність моделей. Для вирішення цієї проблеми використовують ансамблеве прогнозування (наприклад, поєднання ARIMA та LSTM) [5].
- Затримки у прийнятті рішень: Динамічний вибір VM у режимі реального часу потребує швидких ML висновків з низькою затримкою. Kubernetes-орієнтовані рішення, такі як KEDA (Kubernetes Event-Driven Autoscaler), спрощують цей процес шляхом ініціювання подій масштабування через API хмарних провайдерів [1].
- Stateful workloads: Прогнозоване масштабування баз даних або сервісів кешування вимагає координації з persistent volumes та розподіленими блокуваннями, аби уникнути неузгодженості даних [3].

Такі інструменти, як Prometheus та Grafana, забезпечують можливість моніторингу помилок прогнозування та результатів масштабування, що дозволяє ітеративно вдосконалювати моделі [1].

Висновки. Поєднання прогнозування навантаження та динамічного вибору віртуальних машин є парадигмальним зрушенням в управлінні хмарними ресурсами. Інтегруючи автоскейлінг Kubernetes із розумним забезпеченням інфраструктури, організації можуть досягти таких переваг:

- Зниження витрат: Проактивний розподіл ресурсів мінімізує надлишкове резервування, а адаптивний вибір VM дозволяє використовувати економічно вигідні типи інстансів [4, 6].

- Покращена надійність: Прогнозоване масштабування знижує піки затримок та запобігає витісненню подів під час різких стрибків навантаження [1, 3].
- Екологічна стійкість: Енергоефективне розміщення ВМ зменшує вуглецевий слід без шкоди для продуктивності [2, 4].

Як свідчать прототипи AWS EC2 [6] та симуляції на Google Cloud [4], такі інтегровані системи знижують витрати на інфраструктуру на 20–35%, забезпечуючи при цьому дотримання SLO з часом реакції менше секунди. Подальші дослідження повинні зосередитись на федеративному навчанні для прогнозування навантаження у мультикластерних середовищах та оптимізації планування ВМ великого масштабу за допомогою квантово-натхненних методів. Комбінований підхід не лише усуває поточні прогалини в управлінні хмарними ресурсами, але й створює фундамент для автономної оркестрації ресурсів на основі штучного інтелекту у додатках наступного покоління.

Це орієнтоване на перспективу обговорення допомагає командам DevOps та архітекторам подолати розрив між гнучкістю мікросервісів та ефективністю хмарної інфраструктури, створюючи стійкі, економічно оптимізовані системи в епоху навантажень, керованих штучним інтелектом.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Managing Microservices with Kubernetes: Best Practices URL: <https://nextbrick.com/managing-microservices-with-kubernetes-best-practices> (дата звернення 07.03.2025).
2. A systematic literature review on contemporary and future trends in virtual machine scheduling techniques in cloud and multi-access computing / Rana N. et al. Jazan: Frontiers Computer Science, 2024, 31 p.
3. Sayfan G. Hands-On Microservices with Kubernetes. 2nd ed. Packt Publishing, 2019, 502 p.
4. A hybrid cloud load balancing and host utilization prediction method using deep learning and optimization techniques / Simaiya S. et al. Sci Rep, 2024, 1337 p.
5. Overview of Load Forecasts in the Cloud Environmen / Yuanrong J. et al. International Journal of Infrastructure Research and Management 2024, V.12, № 2., P. 107 - 118.
6. Grozev N., Buyya R. Dynamic Selection of Virtual Machines for Application Servers in Cloud Environments, Department of Computing and Information Systems, The University of Melbourne, 2016, P. 187 -210.

ОБ'ЄДНАННЯ WEB ТА EMBEDDED РОЗРОБОК З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ REST API

При розробці електронних пристроїв часто стає питання зручного доступу до перегляду та обробки даних з датчиків, а також віддаленого керування. Зручним способом вирішення цих питань є використання Web API. Одним з найпоширеніших видів є REST API. Для його використання потрібно розробити web-додаток, який буде приймати, зберігати, а також надавати доступ до даних. Основою додатку стане Django, це фреймворк для web-розробки на мові програмування Python.

Головними перевагами використання Django є:

- висока швидкість прототипування та розробки;
- високий рівень безпеки;
- можливість легкого масштабування;
- відкритий вихідний код;
- безкоштовність;
- велика база знань та документація, що постійно оновлюється [1].

Для поєднання Django із REST API використовується бібліотека Django REST framework. Вона включає в себе інструменти отримання, представлення, та зміни даних [2]. Загальну схему роботи системи зображено на рис. 1

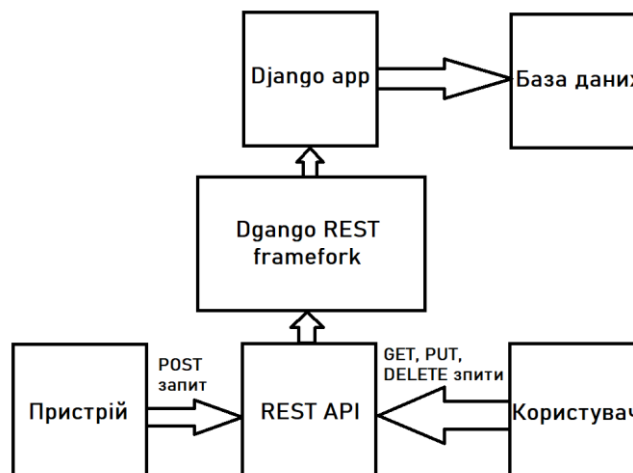


Рисунок 1 – Схема взаємодії пристрою та користувача із REST API застосунком

В моєму випадку необхідно збирати та передавати дані з датчиків метеостанції на сервер, де повинна бути можливість переглядати усі дані за різний період.

Першим етапом є написання програмного забезпечення для передачі даних від метеостанції. Необхідно зібрати дані з датчиків, обробити їх, щоб вони були зрозумілі для людини, скомпонувати у виді JSON [3], та передати у вигляді HTTP-запиту [4]. Для задачі передачі даних актуальним є метод POST, тобто метод створення нового екземпляру даних. У кінцевому результаті система буде обпитувати датчики температури, тиску, якості повітря та вологості у задані проміжки часу, обробляти їх та створювати JSON з усіма отриманими даними, а потім робити POST запит на адресу серверу, де знаходиться web-додаток.

На серверній стороні для отримання даних був створений endpoint (адресу), на який будуть приходити дані. За цією адресою дані будуть перевірятися на валідність за допомогою серіалайзеру та передаватися на зберігання.

Для зберігання даних була розроблена модель, тобто клас об'єкту даних, параметрами цього класу є числові поля, кожне з яких відповідає одному конкретному датчику. В цих полях інформація зберігається у зрозумілому для людини вигляді. Також було додано поле для зберігання часу й дати отримання даних. При кожній відправці даних від метеостанції буде створюватись новий екземпляр класу, та зберігатись у базі даних.

Далі було налаштовано відображення даних при отриманні GET запиту. В залежності від параметрів запиту потрібно видавати дані за різні проміжки часу.

За допомогою PUT запиту налаштовуємо можливість редагувати дані за конкретний час, а за допомогою DELETE запиту повинна бути можливість видалити дані за обраний час, у обох цих запитів у тілі передаємо id (номер у базі даних) екземпляру класу. Для забезпечення безпеки для POST, PUT та DELETE запитів потрібно зробити перевірку на авторизацію за допомогою токenu [5], тобто секретного паролю, який необхідно передавати при кожному запиті разом з іншими даними.

У базі даних також можна зберігати профілі налаштування пристрою, це дає змогу швидко та зручно редагувати їх, а також не займати пам'ять самого пристрою. Отримувати профіль пристрій буде за допомогою GET запиту, який буде повертати JSON. Ці дані переводяться за допомогою внутрішніх алгоритмів пристрою, та застосовуються для його подальшої роботи.

Отже було розроблено програмне забезпечення для метеостанції, яке дозволяє робити запити на передачу та отримання даних. За допомогою Django та Django REST framework було розроблено web-додаток, який дозволяє отримувати й зберігати дані, дає доступ до їх перегляду та редагуванню, а також має можливість створювати й зберігати профілі налаштувань метеостанції. З роботи видно, що загальні можливості у поєднанні Web та Embedded розробок необмежені, цей симбіоз дозволяє вирішувати складні задачі, а також відкриває можливості для нового погляду на класичні задачі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. The web framework for perfectionists with deadlines | Django. 2025. URL: <https://www.djangoproject.com/> (дата звернення 20.03.2025).
2. Home - Django REST framework. URL: <https://www.django-rest-framework.org/> <https://www.djangoproject.com/> (дата звернення 20.03.2025)
3. Working with JSON - Learn web development | MDN. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn_web_development/Core/Scripting/JSON (дата звернення 20.03.2025)
4. Biehl M. RESTful API Design, 2016. С. 91-92.
5. John R. Vacca, Public Key Infrastructure, 2004. С. 145-148.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Модернізація систем обліку передбачає впровадження сучасних тепло лічильників з можливістю дистанційного зчитування показників, а також використання автоматизованих систем контролю та обліку (наприклад, SCADA, IoT-рішень, хмарних платформ збору та аналізу даних).

Застосування сучасних технологій дозволяє отримувати дані в режимі реального часу, аналізувати споживання тепла, оперативно виявляти аварійні ситуації та здійснювати енергоаудит об'єктів.

Для вирішення проблеми неефективного обліку теплової енергії необхідно реалізувати низку технічних та організаційних заходів, спрямованих на вдосконалення існуючих систем. У контексті зростаючих тарифів на енергоресурси та необхідності зниження витрат на енергоносії проблема модернізації систем обліку теплопостачання набуває особливої актуальності.

Більшість облікових приладів, що встановлені на підприємствах та в житлових будинках, є застарілими, не забезпечують точного вимірювання теплової енергії та не дають можливості оперативного моніторингу.

Це призводить до нераціонального використання ресурсів, втрат теплової енергії та фінансових збитків для споживачів. У сучасних умовах стрімкого зростання вартості енергоносіїв та необхідності підвищення енергоефективності в житлово-комунальному господарстві постає проблема точного обліку теплової енергії. Існуючі системи обліку в багатьох містах України є застарілими, часто мають низьку точність, не відповідають сучасним технічним вимогам та не забезпечують належного контролю за споживанням теплової енергії.

Недостатня автоматизація процесу збору даних, відсутність інтеграції з системами енергоменеджменту та неможливість оперативного реагування на аварійні ситуації призводять до суттєвих тепловтрат і фінансових збитків як для постачальників, так і для споживачів. [1]

Звідти виникає необхідність у модернізації системи обліку теплопостачання шляхом впровадження новітніх приладів обліку, засобів автоматизації та інформаційних технологій. Модернізація системи обліку теплопостачання дозволяє не лише зменшити втрати теплової енергії, а й забезпечити точне та оперативне визначення обсягів споживання. В умовах децентралізації та автономізації енергосистем та на тлі впровадження стандартів енергоменеджменту за ISO 50001, дана тема є надзвичайно актуальною як для комунальних підприємств, так і для органів місцевого самоврядування. [2-4]

Модернізація передбачає комплекс змін і заходів, а саме:

1. *Встановлення сучасних теплолічильників*, які відповідають європейським стандартам точності та надійності. Сучасні прилади здатні працювати у складних умовах експлуатації, мають дистанційний доступ до показників та функцію автоматичного виявлення несправностей.
2. *Інтеграція автоматизованих систем обліку (АСОЕ)*, які дозволяють централізовано збирати, зберігати та аналізувати дані з усіх лічильників. Це дає змогу оперативно реагувати на зміни в системі, оптимізувати подачу тепла та зменшити втрати.
3. *Використання технологій інтернету речей (IoT)*, що дає змогу передавати показники споживання в реальному часі без необхідності візиту обліковців.

4. *Модернізація теплових пунктів та трубопроводів*, де відбуваються найбільші втрати теплової енергії.
5. *Підготовка персоналу та інформаційна підтримка населення*, що сприятиме ефективнішому впровадженню нових технологій.

Застосування сучасних технологій в системах обліку теплової енергії останнім часом зазнають значної модернізації завдяки впровадженню саме цифрових технологій. Одним із основних напрямів розвитку є використання ультразвукових теплотічильників, що забезпечують високу точність вимірювань і надійність в експлуатації. У поєднанні з автоматизованими системами збору даних ці прилади дозволяють в режимі реального часу здійснювати моніторинг споживання теплової енергії.



Рисунок 1 – Сучасний лічильник контролю гарячої води

Сучасні технології передбачають застосування IoT-технологій (Internet of Things) які забезпечують інтеграцію теплотічильників до єдиної цифрової системи менеджменту. Пристрої, підключені до хмарних сервісів, дають змогу операторам систем теплопостачання відстежувати стан мереж, виявляти витoki чи аномалії, а також здійснювати дистанційне керування.

Модернізовані системи обліку сприятимуть підвищенню енергоефективності та економічності. За даними експертів, точний облік споживання стимулює споживачів до раціонального використання теплової енергії. Крім того, оператори тепломереж зможуть оперативно реагувати на відхилення в системі, що зменшить аварійність і втрати тепла.

Економічна доцільність модернізації також підтверджується у численних дослідженнях. Інвестиції у встановлення сучасного облікового обладнання окуповуються упродовж 2–4 років завдяки зменшенню витрат на енергоносії та експлуатацію мережі.

Важливим елементом сучасних систем теплопостачання є впровадження SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – систем диспетчерського керування та збору даних. Вони забезпечують централізований контроль над об'єктами теплової мережі, зокрема котельнями, тепловими пунктами та вузлами обліку.

SCADA-системи дозволяють:

- зчитувати дані з теплотічильників у режимі реального часу;
- діагностувати аварійні ситуації;
- контролювати витрати енергоносіїв;
- автоматично регулювати подачу тепла.

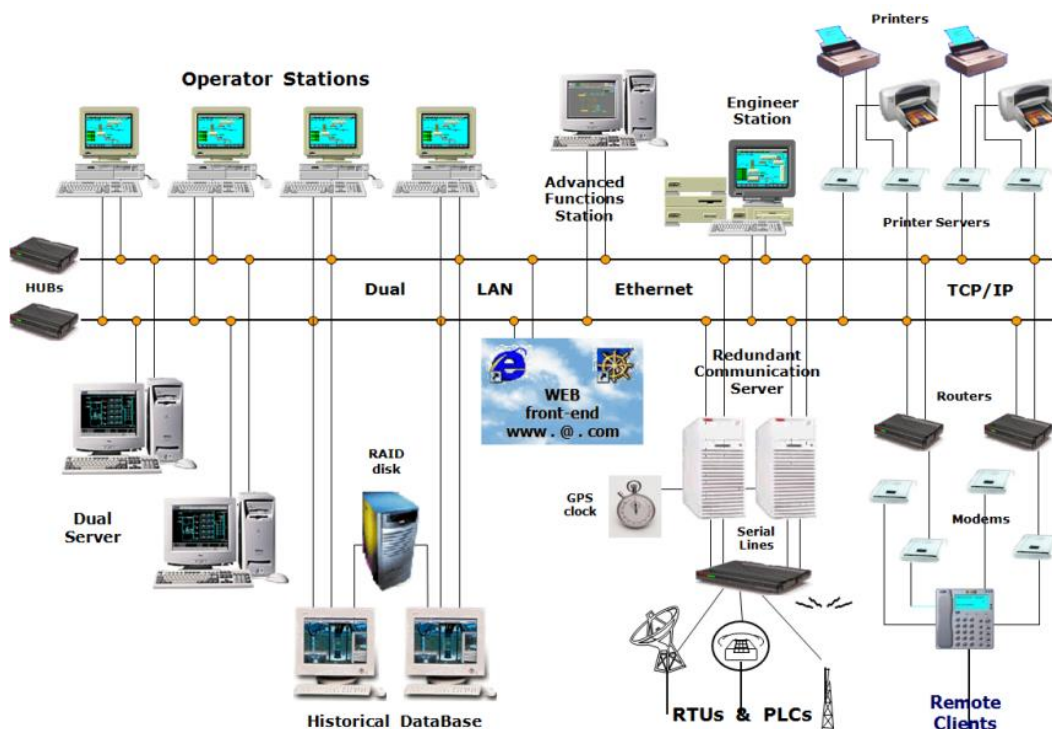


Рисунок 2 – SCADA – загальний вид

Підключення таких систем до хмарних платформ дає змогу зберігати та обробляти великі обсяги даних, застосовувати аналітику та машинне навчання для прогнозування споживання теплової енергії. Це створює умови для переходу до "розумного теплопостачання" (smart heating), що базується на даних, адаптивному управлінні та енергоефективності.

Система обліку теплопостачання має охоплювати всі ключові компоненти теплової інфраструктури – від джерел тепла до кінцевих споживачів. Усі житлові будинки, школи, лікарні та об'єкти соціальної інфраструктури оснащуються сучасними ультразвуковими теплотічильниками, які відповідають європейським стандартам точності та надійності. Ці прилади обладнані датчиками температури і витрати, працюють у складних умовах, мають захист від зовнішніх впливів та функцію автоматичного виявлення несправностей. Передача даних з лічильників здійснюється бездротовим способом, що дозволить уникнути прокладання додаткових мережевих кабелів та зменшує витрати на обслуговування.

У кожному мікрорайоні встановлюються IoT-шлюзи, які приймають сигнали з усіх найближчих лічильників і передають їх до хмарної платформи управління. Усі дані надходять до централізованої SCADA-системи, що забезпечує візуалізацію інформації, моніторинг параметрів у реальному часі, автоматичну діагностику та попередження про аварійні ситуації. Алгоритми машинного навчання аналізують історичні дані про споживання, температурні графіки та погодні умови, що дозволяє прогнозувати теплові навантаження та адаптувати роботу котелень. Це сприяє зменшенню пікових навантажень, зниженню втрат енергії та ефективному управлінню теплоподачею.

Система також може мати мобільний додаток для споживачів, у якому користувач може бачити поточні показники споживання, історію за період, отримає повідомлення про перевищення норм або аварії, а також надає доступ до рекомендацій щодо енергозбереження. Для оперативних служб передбачається веб-інтерфейс з аналітичними панелями, де можна переглядати карту загальної території теплопостачання з актуальними показниками для кожного будинку, проводити енергоаудит і порівнювати ефективність різних районів. Завдяки модернізації очікується зниження витрат теплової енергії до 20%, підвищення точності обліку, зменшення витрат на обслуговування системи, покращення прозорості у відносинах між

постачальником і споживачем, а також загальне підвищення енергоефективності міського теплопостачання.

Отже, модернізація систем обліку теплової енергії є ключовим напрямом підвищення енергоефективності в умовах зростання вартості енергоресурсів та переходу до сталого управління енергетичними ресурсами. Впровадження сучасних теплолічильників, автоматизованих систем збору та аналізу даних, використання IoT-рішень і SCADA-платформ дає змогу не лише точно фіксувати обсяги спожитої енергії, а й забезпечувати оперативне реагування на аварійні ситуації, зменшувати втрати тепла, покращувати якість надання послуг та формувати прозорі взаємовідносини між постачальниками і споживачами. Впровадження цифрових технологій у сфері теплопостачання має не лише технічну, а й економічну доцільність. Сучасні рішення дозволять досягти енергетичної незалежності на місцевому рівні, скоротити викиди парникових газів та сприяти розвитку оновленої енергетичної інфраструктури в Україні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гаврись О. М. Оптимізація систем теплопостачання із використанням економіко-математичного моделювання : монографія. Ред. О.М. Гаврись; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн.ін-т". Харків: НТУ "ХПІ", 2015. 209 с.
2. ISO 50001:2018. "Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use."
3. Карп І. М., Нікітін Є. Є., Басок Б. І. та ін. Стан та шляхи розвитку систем централізованого теплопостачання в Україні. Книга 2. Київ: Наукова думка, 2022. 174 с.
4. Щербаков С. В. Підвищення енергоефективності систем теплопостачання. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 05-25 квітня 2021р.)*; ТДАТУ, 2021. 103-105 с.

КІБЕРЗАГРОЗИ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ НА ПРИКЛАДІ FACEBOOK

У сучасному інформаційному просторі соціальні мережі стали невід'ємною частиною повсякденного життя. Зокрема, Facebook, як одна з найпопулярніших платформ, об'єднує мільйони користувачів по всьому світу. Проте паралельно з цим зростає й кількість кіберзагроз, спрямованих як на окремих осіб, так і на організації. Вразливість особистих даних, маніпулювання довірою користувачів, використання фейкових профілів – усе це створює нові виклики для інформаційної безпеки. Метою даного дослідження є виявлення ключових типів кіберзагроз у Facebook, аналіз конкретних випадків та формування практичних рекомендацій щодо їхнього уникнення.

На основі відкритих досліджень, аналітичних звітів та практичного досвіду, можна виокремити такі основні типи загроз у Facebook:

- зловмисні посилання – поширення URL-посилань на сторонні сайти, що містять шкідливе програмне забезпечення або фішингові форми;
- фішингові атаки – створення підроблених сторінок, повідомлень або акаунтів з метою викрадення облікових даних користувача. Зазвичай маскуються під знайомих осіб або офіційні сервіси;
- соціальна інженерія – маніпулятивні техніки, що спрямовані на виманювання інформації або провокування дій, наприклад, завантаження вкладень;
- фейкові акаунти – створення ботів або клонів справжніх користувачів з метою поширення дезінформації, шахрайських дій або спаму;
- цільові атаки на громадських діячів або організації (Targeted attacks): з метою дискредитації або викрадення внутрішньої інформації.

Однією з найбільш поширених схем у Facebook є створення акаунтів, що імітують профілі привабливих жінок. Такі сторінки зазвичай не мають реальної активності, однак містять фотографії відвертого характеру та посилання на зовнішні ресурси з контентом 18+. Додавання до друзів супроводжується провокативними повідомленнями або автоматичними репостами з заманливими заголовками. Метою зловмисників є перенаправлення користувача на сторонній вебресурс, де може бути реалізована одна з двох цілей: отримання прибутку через рекламну мережу (click-fraud) або фішинг даних (наприклад, через фальшиві реєстраційні форми). Подібні запити є регулярними, а профілі мають ознаки автоматичного створення та координованої активності (однаковий шаблон поведінки, масові запрошення).

Визначати потенційно шахрайські акаунти можна за низкою ознак. Насамперед треба звертати увагу на активність профілю. Відсутність взаємодії з реальними користувачами, обмежена кількість публікацій, які зазвичай мають рекламний або еротизований характер. Аналізувати дату створення акаунта – нещодавно зареєстровані профілі з миттєвою активністю (масові запити в друзі, публікація однотипних постів) дуже підозрілі. Слід перевіряти розділ «Інформація» на предмет заповненості – шахрайські сторінки часто не мають даних про місце навчання, роботи, сімейний стан тощо. Окрему увагу варто приділяти контенту з наявністю зовнішніх посилань без контексту, з використанням шаблонних закликів («дивися відео», «спеціально для тебе») або емодзі у великій кількості (рис. 1, 2).

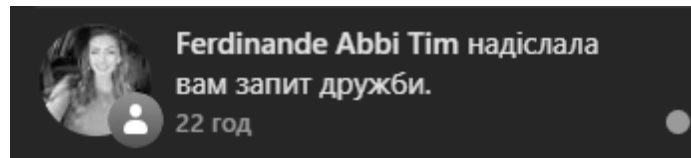


Рисунок 1 – Підозрілий запит у друзі

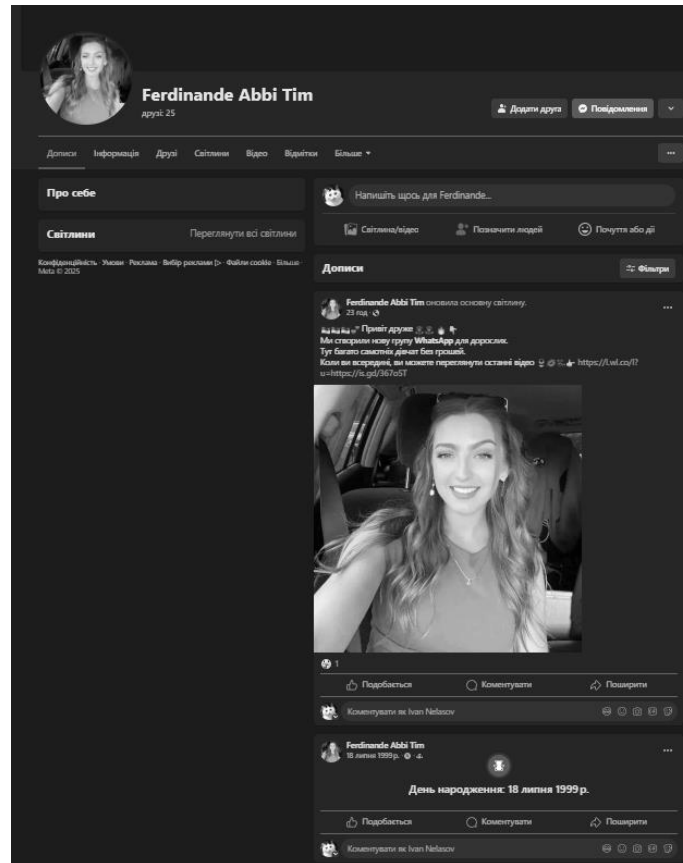
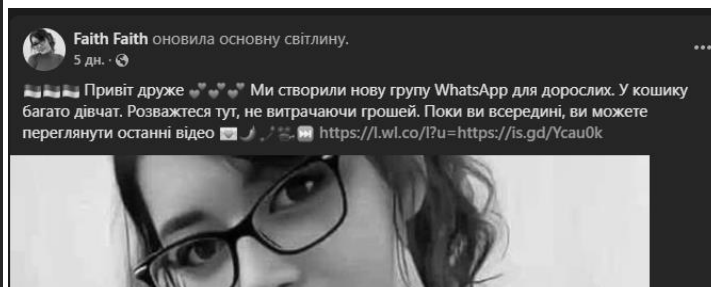
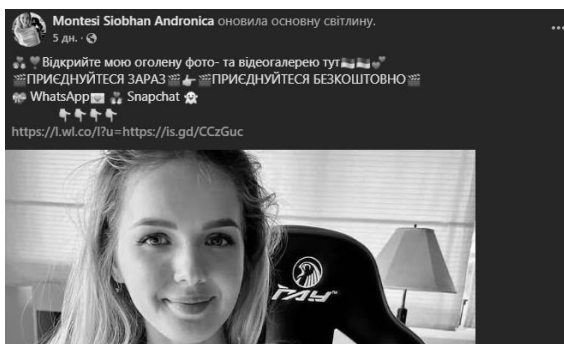


Рисунок 2 – Сторінка шахрая

Профіль цього користувача не має жодної інформації про цю людину. У стрічці всього один пост з посиланням на зовнішній ресурс (рис. 3).



Рисунки 3 – Приклади шахрайської схеми зі зловмисними посиланнями

З початком повномасштабного вторгнення в Україну активізувалися нові види шахрайських схем, побудованих на спекуляції темою війни. У Facebook з'явилася велика кількість акаунтів, які маскуються під волонтерів, благодійників або військових, публікуючи

дописи з проханням про фінансову допомогу. В окремих випадках використовуються реальні фото або викрадені матеріали з відкритих джерел, але зі зміненими контактами або реквізитами. Особливу тривогу викликає той факт, що деякі з таких сторінок активно просуваються за допомогою платної реклами, що ускладнює верифікацію контенту пересічним користувачем. У результаті довіри громадян, спрямована на підтримку армії або цивільного населення, використовується в шахрайських цілях, що не лише завдає фінансових збитків, але й підриває загальний рівень довіри до реальних ініціатив (рис. 4).

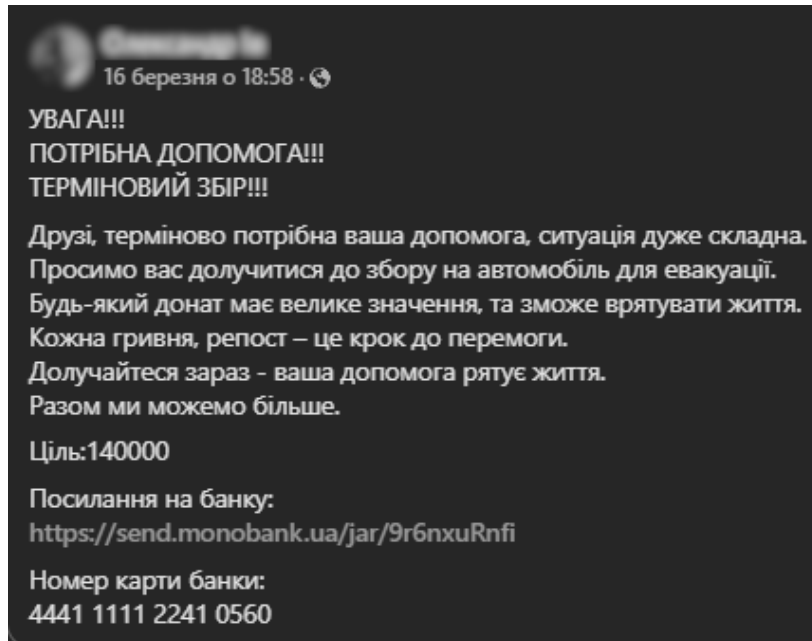


Рисунок 4 – Збір, що потребує перевірки

Ідентифікувати фейкові збори коштів у соціальних мережах можливо шляхом аналізу вмісту повідомлення, джерела його поширення та наданих платіжних реквізитів. У першу чергу необхідно звертати увагу на відсутність посилань на офіційні фонди, непідтверджене походження історії, відсутність деталей про організатора (ПІБ, контакти, зв'язок із публічно відомими ініціативами). Аналізувати банківські реквізити – використання особистих карткових рахунків без зазначення юридичної особи або фонду підвищує ймовірність шахрайства. Застосовувати пошук за зображенням і перевірку в пошукових системах на предмет дублювання тексту або фото в інших подібних кампаніях. Уточнювати наявність збору в базах авторитетних організацій (наприклад, перевірених благодійних платформ, офіційних акаунтів підрозділів ЗСУ чи волонтерських структур). Зафіксувати наявність непрямого тиску або маніпуляцій – терміновість, емоційні заклики, використання фраз типу «залишилося кілька годин», «необхідна термінова операція» без конкретних доказів. Усуваючи емоційний фактор і спираючись на об'єктивні критерії, підвищити ефективність виявлення фейкових кампаній.

Ознаками автентичних благодійних зборів є високий ступінь відкритості, наявність верифікованих джерел інформації та чітке позиціонування мети кампанії. У більшості випадків використовуються декілька варіантів реквізитів для переказів: банківські рахунки на юридичну особу або фонд, платіжні сервіси з офіційною прив'язкою до організації, а також міжнародні платформи для збору донатів. Обов'язково вказуються повне ім'я ініціатора збору, приналежність до конкретного підрозділу, волонтерської ініціативи або гуманітарної організації. У структурі допису фіксується напрямок витрат – наприклад, закупівля генераторів, амуніції, дронів, медикаментів – із деталізацією кількості, вартості та строків

реалізації. Присутні звіти про попередні збори: скріншоти переказів, фотофіксація передачі допомоги, подяки від військових або фондів. У деяких випадках публікується лінк на офіційний сайт організації, Telegram-канал, сторінки верифікованих осіб, що беруть участь у кампанії. Стилiстично публікації таких зборів не мають ознак тиску або маніпуляції, натомість орієнтовані на чітке інформування про потребу та очікуваний результат.

Окремий сегмент кіберзагроз у соціальних мережах становлять координовані мережі фейкових або автоматизованих акаунтів, що поширюють політизований контент з ознаками інформаційної маніпуляції. Такі акаунти використовуються у рамках інформаційних операцій, метою яких є свідоме розмивання довіри до державних інституцій, посилення соціальної напруги та деструкція громадського діалогу. Основними ознаками активності подібних мереж є системне провокування політичних конфліктів у коментарях, відволікання дискусії від теми публікації, поширення ідентичних тез у межах коротких часових проміжків. Незважаючи на складність верифікації окремих акаунтів, наявність повторюваних патернів поведінки свідчить про високий рівень координації дій. Масове використання таких інструментів на платформі Facebook створює реальні ризики для інформаційної безпеки, сприяє радикалізації позицій окремих груп та формує хибні уявлення про суспільні настрої.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бордуновський О.Є., Сорокін В.Ю. Інформаційна безпека в соціальних мережах: ризики та загрози. *Інформаційна безпека людини, суспільства, держави*. 2021. №1(33). С. 22–30.
2. Кулик С.О., Чеботарьов О.М. Протидія інформаційним операціям у соціальних мережах. *Збірник наукових праць Національного університету оборони України*. 2020. №1(55). С. 108–115.
3. Sydorenko S., Yatsyshyn A. Detection of Fake Accounts in Social Networks Based on Behavioral Analysis. *CEUR Workshop Proceedings*. Vol. 2870. 2021. Pp. 258–267. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2870/paper20.pdf> (дата звернення: 08.04.2025).
4. Australian Signals Directorate. ASD Cyber Threat Report 2022–23. URL: <https://www.cyber.gov.au/about-us/view-all-content/reports-and-statistics/asd-cyber-threat-report-july-2022-june-2023> (дата звернення: 08.04.2025). Facebook Transparency Center. Meta Platforms Inc. 2024. URL: <https://transparency.fb.com/> (дата звернення: 08.04.2025).

МЕТОД РОЗРОБЛЕННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОЇ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

У сучасних умовах використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) особливу увагу приділяють забезпеченню надійного та гнучкого радіозв'язку. Для ефективного функціонування таких систем можна використовувати методи, що дозволяють оперативно змінювати параметри зв'язку відповідно до умов середовища та завдань. У цій роботі описано підходи до розроблення та налаштування системи динамічного керування параметрами радіозв'язку БПЛА, що сприятиме підвищенню стійкості та ефективності зв'язку.

Запропоновано алгоритм адаптивного налаштування частотного ресурсу та параметрів сигналу для забезпечення стабільного зв'язку в умовах змінного середовища та створенням штучних завад. Досліджено можливості застосування програмно-апаратних засобів для підвищення ефективності адаптації радіозв'язку. Представлені результати експериментальних випробувань, що демонструють переваги адаптивного підходу.

Розвиток сучасних технологій радіозв'язку для літальних апаратів вимагає оперативного реагування на зміну умов експлуатації. Це може включати зміну перешкодної обстановки, впливу атмосферних явищ, а також необхідність динамічного управління частотними ресурсами. Використання традиційних методів фіксованого налаштування параметрів радіозв'язку не забезпечує достатньої гнучкості, що вимагає застосування адаптивних методів управління зв'язком [1].

Таблиця 1 – Залежність довжини антени до частоти

Частота, МГц	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
Довжина L, мм	485	365	290	235	200	175	152	140	125	117	108	100	93

Частота, МГц	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400
Довжина L, мм	87	84	74	70	68	66	65	62	60	57	55	53	51

Частота, МГц	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050
Довжина L, мм	49	48	46	45	43	42	41	40	39	38	37	36	35

Частота, МГц	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700
Довжина L, мм	34	33	32	32	31	30	30	29	29	28	27	27	26

Розробка системи адаптивного керування параметрами радіозв'язку передбачає ретельне дослідження радіочастотного середовища, оскільки якість зв'язку залежить від динамічних змін у навколишньому середовищі. Оцінка рівню завад – вимірювання рівня електромагнітних завад, спричинених як природними джерелами (атмосферні явища, космічне випромінювання), так і штучними (робота інших радіопристроїв). Моніторинг змін частотного спектра – визначення частотних діапазонів, які зазнають змін унаслідок використання іншими системами зв'язку або через ефекти багатопроменевого поширення. Виявлення перешкод від сторонніх джерел сигналу – аналіз сигналів, які можуть створювати інтерференцію, що заважає стабільному функціонуванню системи [2].

Для проведення такого аналізу використовуються спеціалізовані спектроаналізатори (рис. 1) та радіоприймачі, які здійснюють безперервний моніторинг радіоестеру та фіксують рівень перешкод у реальному часі. Дані, отримані з цих пристроїв, обробляються для побудови радіочастотних карт, які допомагають визначити зони підвищеного рівня завад та альтернативні частотні діапазони, що забезпечують стабільний зв'язок.

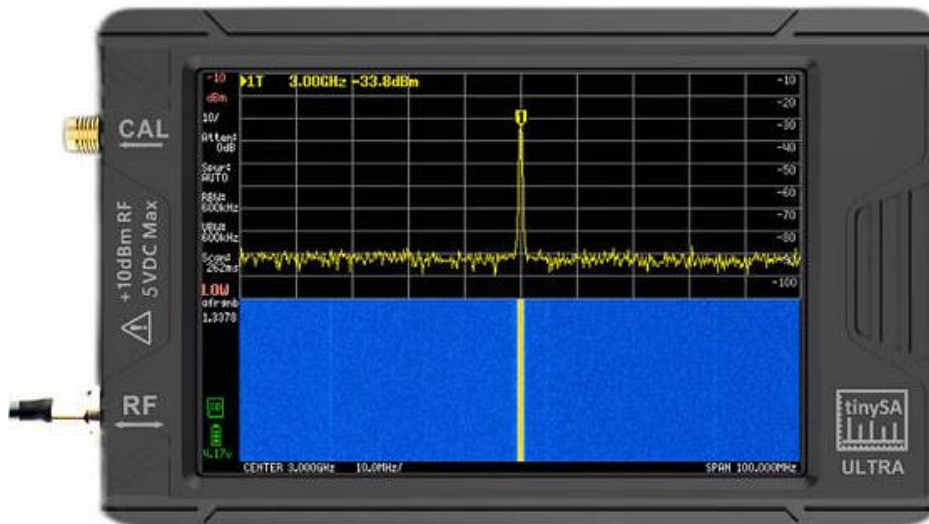


Рисунок 1 – Спектроаналізатор

Для оперативного коригування параметрів радіозв'язку необхідний постійний контроль певних характеристик сигналу. Рівень потужності – визначення амплітуди сигналу для забезпечення достатньої дальності передачі. Рівень шуму – виявлення флуктуацій у сигналі, що можуть бути спричинені як зовнішніми, так і внутрішніми джерелами завад. Затримка передачі (latency) – вимірювання часу проходження сигналу між передавачем і приймачем, що є критично важливим для реального часу (наприклад, у військових чи аварійних комунікаційних системах). Співвідношення сигнал/шум (SNR) – показник якості зв'язку, який визначає, наскільки корисний сигнал переважає за рівнем завади.

Для аналізу та оперативної зміни параметрів зв'язку використовуються алгоритми цифрової обробки сигналів (DSP). Вони дозволяють швидко адаптувати частоту, потужність сигналу, ширину смуги пропускання та інші параметри, що мінімізує втрати зв'язку та покращує стійкість до завад.

Спектральний аналіз є ключовим етапом для визначення оптимальних частотних діапазонів, що забезпечують найкращу якість зв'язку. Перетворення Фур'є (FFT, STFT) – математичний аналіз частотного складу сигналу, який дозволяє визначити вільні або менш зашумлені частотні діапазони. Вейвлет-перетворення – використовується для аналізу сигналів у часі та частоті, що є корисним при виявленні періодичних або імпульсних завад. Адаптивна фільтрація – динамічне очищення сигналу від шумів та сторонніх сигналів у режимі реального часу. Завдяки спектральному аналізу система може динамічно вибирати оптимальні частоти для передачі сигналу, що знижує ризик перешкод та підвищує надійність радіозв'язку [3].

Розробка системи оперативної зміни параметрів радіозв'язку ґрунтується на безперервному аналізі радіочастотного середовища, моніторингу ключових параметрів сигналу та використанні методів спектрального аналізу для адаптивного налаштування частотного спектра (рис. 2). Застосування сучасних технологій цифрової обробки сигналів дозволяє мінімізувати вплив завад і забезпечити стабільний та надійний зв'язок у різних умовах експлуатації.

Вибір алгоритмів адаптації в системах оперативної зміни параметрів радіозв'язку. З метою забезпечення високої якості зв'язку та адаптації до змінних умов середовища використовуються інтелектуальні алгоритми, які здатні прогнозувати, аналізувати та динамічно коригувати параметри сигналу.

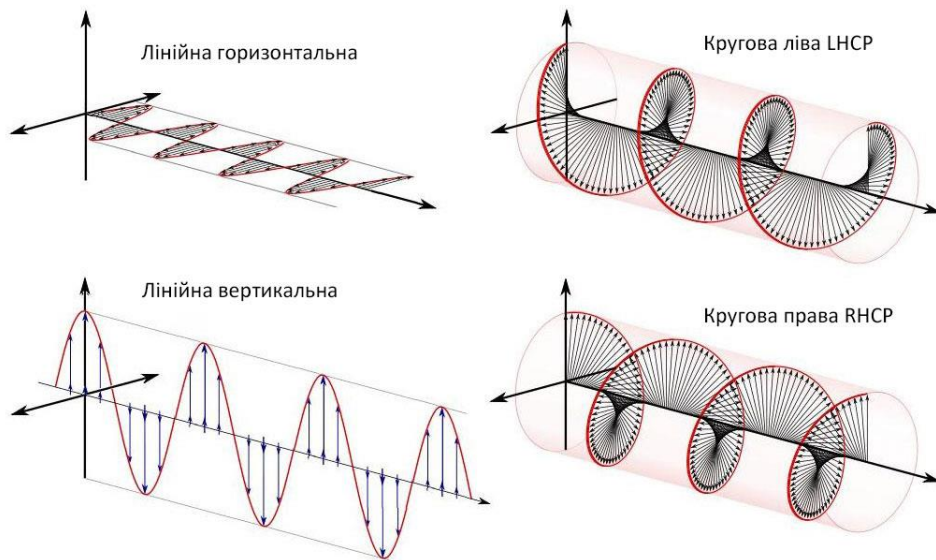


Рисунок 2 – Типи поляризації радіохвиль

Використання методів машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування оптимальних параметрів сигналу. Застосування методів машинного навчання (ML) та штучного інтелекту (AI) дає змогу прогнозувати зміни в характеристиках радіочастотного середовища та налаштовувати параметри передачі ще до того, як відбудуться несприятливі зміни. Нейронні мережі та глибоке навчання (Deep Learning). Використання рекурентних нейронних мереж (RNN) та довгої короткочасної пам'яті (LSTM) для прогнозування змін у радіочастотному спектрі на основі історичних даних. Застосування згорткових нейронних мереж (CNN) для виявлення закономірностей у спектральних даних та класифікації типів перешкод. Гібридні моделі (наприклад, поєднання LSTM та CNN) для одночасного аналізу часових та частотних характеристик сигналу, що дозволяє більш точно прогнозувати зміну параметрів зв'язку.

Застосування алгоритмів когнітивного радіозв'язку для динамічного налаштування частотного ресурсу. Когнітивне радіо (CR, Cognitive Radio) – це технологія, що дозволяє безперервно аналізувати спектр, виявляти доступні частоти та автоматично перемикається на оптимальні з них.

Етапи роботи когнітивного радіо. Сканування спектра – оцінка доступних частот у реальному часі за допомогою методів спектрального аналізу (FFT, вейвлет-перетворення). Прийняття рішень – вибір найбільш вільного або найменш зашумленого частотного діапазону на основі моделей машинного навчання. Адаптація частотного ресурсу – автоматичне перемикавання на оптимальну частоту та адаптація параметрів сигналу для мінімізації впливу завад.

Алгоритми когнітивного радіо. Hidden Markov Model (HMM) – використовується для моделювання та прогнозування використання частот іншими користувачами. Spectrum Sensing Algorithms – енергетичний аналізатор (Energy Detection), аналіз кореляції сигналу, matched filtering для виявлення зайнятих та вільних частот. Game Theory Approaches – алгоритми на основі теорії ігор, що дозволяють системі адаптивно конкурувати за доступний частотний ресурс.

Алгоритми адаптації потужності. Distributed Power Control (DPC) – децентралізоване регулювання потужності з урахуванням рівня перешкод. Water-Filling Algorithm – рівномірний розподіл потужності між доступними частотами для максимального збільшення пропускної здатності. Reinforcement Learning for Power Control – використання підкріплювального навчання (DQN, A3C) для динамічного регулювання потужності на основі змін в ефірі. Fuzzy

Logic Control (FLC) – нечітка логіка для прийняття рішень про зміну потужності залежно від рівня завад і сигналу.

Вибір алгоритмів адаптації у радіозв'язку базується на застосуванні машинного навчання, когнітивного радіо та адаптивного керування потужністю передавача. Штучний інтелект дозволяє прогнозувати зміни у середовищі зв'язку та заздалегідь оптимізувати параметри сигналу. Когнітивне радіо забезпечує автоматичний вибір частотного ресурсу без втручання оператора. Адаптивне коригування потужності мінімізує енергоспоживання, зменшує завади та підвищує ефективність використання спектра. Застосування цих методів у комплексі дає змогу створювати гнучкі, енергоефективні та стійкі до завад системи радіозв'язку [2].

Реалізація програмно-апаратного комплексу. Використання SDR (Software-Defined Radio) для гнучкого налаштування параметрів передачі та прийому сигналу. SDR дозволяє змінювати характеристики сигналу на програмному рівні, що забезпечує максимальну адаптивність системи до змін середовища зв'язку.

Інтеграція сенсорних систем моніторингу стану радіозв'язку в режимі реального часу. До складу таких систем можуть входити датчики рівня сигналу, температури, вологості, що дозволяє враховувати додаткові фактори впливу на якість зв'язку [3].

Розробка адаптивного програмного забезпечення для автоматичного регулювання параметрів зв'язку. Використання інтелектуальних алгоритмів забезпечує автоматичне коригування частот, модуляції, потужності передачі для збереження високої якості зв'язку в різних умовах експлуатації.

Запропонований метод забезпечує підвищення якості радіозв'язку за рахунок оперативної зміни параметрів передачі, що підтверджено експериментальними дослідженнями. Використання адаптивних алгоритмів дозволяє:

Зменшити вплив перешкод. Динамічне налаштування частот і параметрів передачі дозволяє уникати завад, що значно покращує якість сигналу та його стійкість у складних умовах.

Покращити коефіцієнт корисної дії зв'язку. Адаптивний вибір параметрів зменшує втрати енергії та покращує ефективність передачі даних, особливо у високочастотних діапазонах.

Зменшити енергоспоживання літального апарата під час передавання даних. Оптимізація потужності передавача дозволяє економити енергію бортових систем, що є критично важливим для безпілотних апаратів та супутників.

Підвищити надійність зв'язку в умовах складної радіочастотної обстановки. Використання когнітивного радіозв'язку дозволяє миттєво адаптуватися до змінного середовища, зберігаючи стабільний канал зв'язку навіть за наявності сильних завад або конкурентних сигналів.

Поліпшити точність передачі даних. Використання сучасних алгоритмів обробки сигналу зменшує ймовірність помилок при передачі та покращує загальну якість зв'язку [2].

Метод розроблення та налаштування системи оперативної зміни параметрів радіозв'язку дозволяє підвищити ефективність зв'язку літальних апаратів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів адаптації та їх тестування в реальних умовах експлуатації. Додатково, інтеграція штучного інтелекту дозволить значно покращити прогнозування змін у радіочастотному спектрі та автоматизувати процес налаштування параметрів зв'язку.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Zhang, Y., Li, X. Cognitive Radio and AI-Driven Wireless Communication Systems. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(3), 2020. Pp. 1234-1256.
2. Brown, K., Smith, J. Advances in Software-Defined Radio for UAV-Based Networks. *Wireless Networks Journal*, 25(4), 2019. Pp. 789-805.
3. Garcia, M., Torres, R. AI-Assisted Adaptive Communication for UAV Systems. *Aerospace Systems Journal*, 30(2), 2021. Pp. 56-72.

***СЕКЦІЯ
«ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІ
ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ
СИСТЕМИ»***

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ТЕКСТІВ НА ОСНОВІ БІБЛІОТЕКИ PYTHON ТА НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Розвиток сучасних технологій у сфері штучного інтелекту сприяв зростанню популярності методів автоматизованого аналізу текстів. Обробка великих обсягів текстових даних вимагає ефективних рішень, які здатні знаходити приховані закономірності, класифікувати інформацію та витягувати ключові смисли. Одним із найпотужніших підходів до реалізації таких систем є використання нейронних мереж у поєднанні з мовною бібліотекою NLTK, що дозволяє здійснювати глибокий лінгвістичний аналіз та покращувати точність обробки текстів.

Інтелектуальні системи аналізу текстів відкривають нові можливості для обробки та оцінки текстових даних. У даній роботі реалізовано програму, яка використовує бібліотеку NLTK та нейронну мережу для аналізу якості написання тексту. Основними критеріями оцінки є:

- Зрозумілість тексту – визначення складності речень і відповідність рівню сприйняття аудиторії. Це включає в себе використання індексів читаємості, таких як індекс Флеша-Кінкейда.
- Тональність – аналіз емоційного забарвлення тексту (негативний, нейтральний, позитивний).
- Граматичний та стилістичний аналіз – виявлення повторів, громіздких конструкцій та канцеляризмів, перевірка на граматичні помилки.
- Визначення ключових слів та тематики – аналіз частотності слів та їх зв'язків для виділення основних тем.
- Порівняння текстів – виявлення схожості між текстами для оцінки унікальності або перевірки на плагіат.
- Оцінка якості написання – система також вимірює рівень складності лексики, стилістичну відповідність та граматичну точність.

Для реалізації системи використано мову програмування Python, бібліотеку NLTK для обробки текстів та спеціалізовані засоби для роботи з нейронними мережами. Робота над розробкою подібної системи має велике практичне значення, оскільки вона дозволить автоматизувати аналіз велику кількість текстової інформації, покращити якість її написання, виявити помилки до публікації, а також варіативно змінювати код тексту під цільову аудиторію. Дана програма може бути використана в освіті – для перевірки навчальних робіт, в журналістиці – для рівня кандидатської роботи, а також у бізнесі – для аналізу клієнтських жалоб, маркетингових текстів, а також у створенні чат-ботів, мовних помічників.

Розроблена система аналізу текстів демонструє ефективність у визначенні якості написання, складності та емоційного забарвлення тексту. Вона допомагає користувачам вдосконалювати свої тексти, знаходити помилки та аналізувати зміст. Використання NLTK та нейронних мереж забезпечує високу точність оцінки та відкриває перспективи для подальшого вдосконалення, зокрема, додавання нових мовних моделей та розширення функціональних можливостей.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Natural Language Toolkit. URL: <https://www.nltk.org/>
2. Deep Learning for NLP with PyTorch. URL: https://pytorch.org/tutorials/beginner/nlp/deep_learning_tutorial.html
3. Text Classification with NLTK and Scikit-Learn. URL: <https://bbengfort.github.io/2016/05/text-classification-nltk-sckit-learn/>

МОДЕЛЬ ІНТЕГРАЦІЇ АСИСТЕНТА НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ERP-СИСТЕМУ ODOO

В сучасному світі коли стрімко цифрові технології стрімко розвиваються кількість запитів клієнтів до різних підприємств також роста. З'являється все більша і більша необхідність в збільшенні ефективності обробки запитів клієнтів. У цьому контексті можливість користувачам системою планування ресурсів Odoo [1] автоматично відповідати на запити клієнтів набуває особливого значення.

Вирішення цього питання дозволить збільшити ефективність комунікації операторів з клієнтами і також зменшити кількість запитів до відділу підтримки в підприємствах.

Аналіз останніх досліджень. Інтеграція зі штучним інтелектом останнім часом доволі часто стала з'являтися в спеціалізованому магазині для Odoo додатків. Більшість цих модулів орієнтовані лише на безпосередній зв'язок з API та реалізацію таких базових функцій, як генерація тексту або відповідь на запити користувача. В інших розробках: відсутні режими підказок, немає можливості навчити модель, немає можливості обрати модель, немає комунікації з клієнтами в живому чаті на сайті і також не інтегруються з месенджерами, звідки клієнти також можуть звертатися. Модулі не вирішують ключову задачу це збільшення ефективності роботи операторів [2].

Метою цього дослідження є вдосконалення комунікації в системі Odoo шляхом інтеграції декількох моделей штучного інтелекту. Будуть розглянуті технічні аспекти інтеграції та практичні аспекти впровадження. Завданням цієї роботи є спрощення використання моделей штучного інтелекту.

Сучасні компанії незмінно стикаються з вибором програмного забезпечення, яке оптимізує їхні бізнес-процеси та знижує відсоток помилок. Odoo саме одне з такого програмного забезпечення для планування ресурсів компанії, яке використовується у всій компанії для управління бізнес-процесами. Odoo надає повністю інтегровані функціональні бізнес-програми під назвою Odoo apps, які разом утворюють рішення ERP. Odoo доступний за ліцензією з ціною підписки SaaS як версія Enterprise або програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом для безкоштовної версії Odoo Community.

Для реалізації модуля інтеграції була обрана мова програмування Python з бібліотекою `openai` для взаємодії з OpenAI API, система баз даних PostgreSQL, середовище розробки PyCharm.

Для вирішення поставлених завдань буде використовуватися неймережа компанії OpenAI з моделлю GPT-4o, яка надає високу точності обробки природної мови. Інтеграція API дозволяє асистенту аналізувати вхідні запити, підтримувати контекст розмови та адаптувати відповіді під потреби бізнесу.

Загалом це найновіша модель OpenAI, яка відрізняється від попередніх як архітектурно, так і за характеристиками продуктивності. Вона використовує такий підхід, що дозволяє обробляти текст, зображення та аудіо в рамках однієї неймережі без необхідності використання окремих спеціалізованих компонентів, як це було у GPT-4 [3].

Однією з ключових змін є суттєве зменшення затримки генерації відповідей завдяки оптимізованому обчислювальному графу та покращеній структурі самоуваги (self-attention). Модель працює швидше, споживає менше ресурсів і при цьому забезпечує більш точне утримання контексту на великих текстових послідовностях. GPT-4o також має покращене керування температурою відповідей (рівня «творчості»), що знижує випадковість у генерації тексту та забезпечує стабільніші відповіді [3].

Схема взаємодії системи Odoo з OpenAI API представлена на рисунку 1.

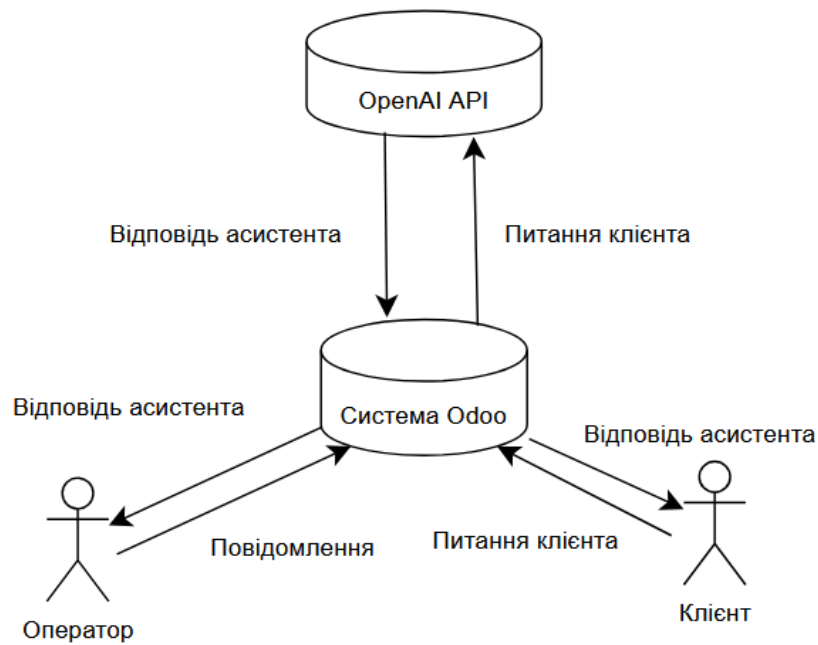


Рисунок 1 – Взаємодії з клієнта і оператора з асистентом

Для відправки запита від клієнта до системи Odoo використовується Http API. Це механізм взаємодії між клієнтом і сервером через протокол HTTP, який дозволяє передавати дані у вигляді запитів і відповідей. У контексті Odoo, Http API використовується для передачу повідомлень від клієнта до Odoo, забезпечуючи інтеграцію між користувачем і системою. Коли клієнт надсилає повідомлення, воно передається через HTTP-запит до відповідного ендпоінту в Odoo, де обробляється серверною частиною. Завдяки цьому API можна зберігати історію повідомлень, аналізувати їх та передавати в чат-інтерфейс оператора або асистента. Це дозволяє реалізувати інтерактивне спілкування між користувачем і Odoo безпосередньо через зовнішні клієнти, такі як месенджери або живі чати [4].

Розроблений модуль дозволяє вдосконалити процес обміну інформацією між системою управління бізнесом Odoo та користувачами через інтегрований асистент на основі GPT-4o. Він забезпечує можливість автоматичного спілкування з клієнтами без участі оператора, надає підказки для швидкої та коректної відповіді, а також підтримує інтеграцію з месенджерами, що дозволяє обробляти запити клієнтів через різні канали зв'язку. Завдяки цьому рішення компанії можуть значно покращити якість обслуговування клієнтів, забезпечуючи миттєві відповіді на їхні запити. Крім того, модуль зменшує навантаження на операторів, дозволяючи їм фокусуватися на складніших завданнях, що вимагають людського втручання. Автоматизація комунікації сприяє підвищенню ефективності бізнес-процесів, оптимізації ресурсів та зниженню витрат, що робить цей інструмент корисним для підприємств різних масштабів та галузей.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Odoo Documentation. URL: <https://www.odoo.com/documentation/18.0/> (дата звернення 13.03.2025).
2. Odoo ChatGPT Integration. URL: https://apps.odoo.com/apps/modules/17.0/is_chatgpt_integration (дата звернення 18.03.2025).
3. Hello GPT-4o. URL: <https://openai.com/index/hello-gpt-4o/> (дата звернення 20.03.2025).
4. Джей Д. Г. Паттерни проектування API. 2023. 512 с.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АСС СУЧАСНОГО АВТОМОБІЛЯ

Впровадження мікроконтролерів та комп'ютерних технологій у систему управління авто призвело до створення ADAS (Advanced Driver-Assistance Systems) –комплексу технологій, призначених для підвищення безпеки пасажирів та полегшення керування автомобілем. Вони використовують різноманітні датчики, автоматизовані технології та відеокамери для виявлення перешкод, помилок водія (наприклад, його сонливості) та відповідного реагування. Системи ADAS можуть попереджати водіїв про потенційні небезпеки, здійснювати запобіжні заходи, а в деяких випадках навіть перебирати на себе контроль над автомобілем. [1 - 4].

Сучасна ADAS включає в себе багато підсистем спрямованими на підвищення безпеки та комфорту керування. До основних таких систем належать:

1. Система попередження про виїзд зі смуги LKS, LDW;
2. Система автоматичного паркування;
3. Система виявлення сонливості водія DDS;
4. Адаптивний круїз-контроль ACC;
5. Електронний контроль стійкості (ESC, ESP);
6. Гальмівний асистент (BAS, BA, AFU).

Адаптивний круїз-контроль (ACC). Система адаптивного круїз-контролю – це система, яка змінює швидкість автомобіля відповідно до умов на дорозі. Як і в звичайному круїз-контролі, водій встановлює бажану швидкість автомобіля; крім того, система адаптивного круїз-контролю може уповільнити автомобіль, якщо на смузі перед ним є інший автомобіль, який рухається повільніше. ACC використовує датчики, такі як радары або лідари, для визначення відстані та швидкості інших автомобілів на дорозі. [2]

Щоб ACC працював правильно, транспортний засіб повинен визначити, траєкторію дорожнього полотна, і який автомобіль є попереду автомобіля на смузі. Типовий сценарій руху транспортного засобу показано на рис. 2. Водій (его) на синьому авто їде по вигнутій дорозі. Спочатку попереду рожева машина. Потім фіолетовий автомобіль йде на обгін жовтого авто і займає позицію перед синім. Через деякий час фіолетовий автомобіль обганяє жовтий і знову уходить на праву смугу, і рожевий знову попереду. Далі синій і жовтий остаточно обганяють фіолетовий і жовтий та продовжують свій рух.

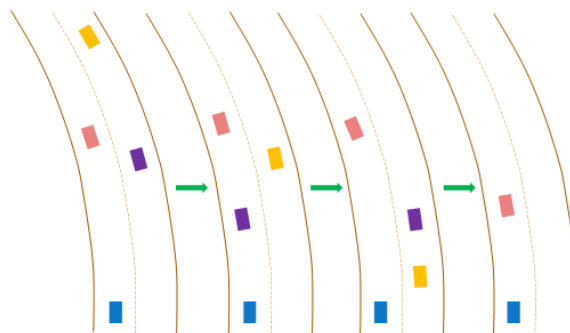


Рисунок 2 – Типовий сценарій роботи АСС

В середовищі MATLAB було проведено моделювання системи АСС, що складається з підсистем Tracking and Sensor Fusion та Vehicle Dynamics (рис. 3). Підсистема Tracking and Sensor Fusion обробляє сигнали радару та датчиків наближення, що надходять із підсистеми «Транспортний засіб та навколишнє середовище», і створює загальну картину ситуації

навколо автомобіля. Крім того, вона надає АСС оцінку найближчого автомобіля на смузі перед транспортним засобом.

Основним блоком підсистеми Tracking and Sensor Fusion є блок Multi-Object Tracker, вхідними даними якого є дані датчиків і час прогнозування.

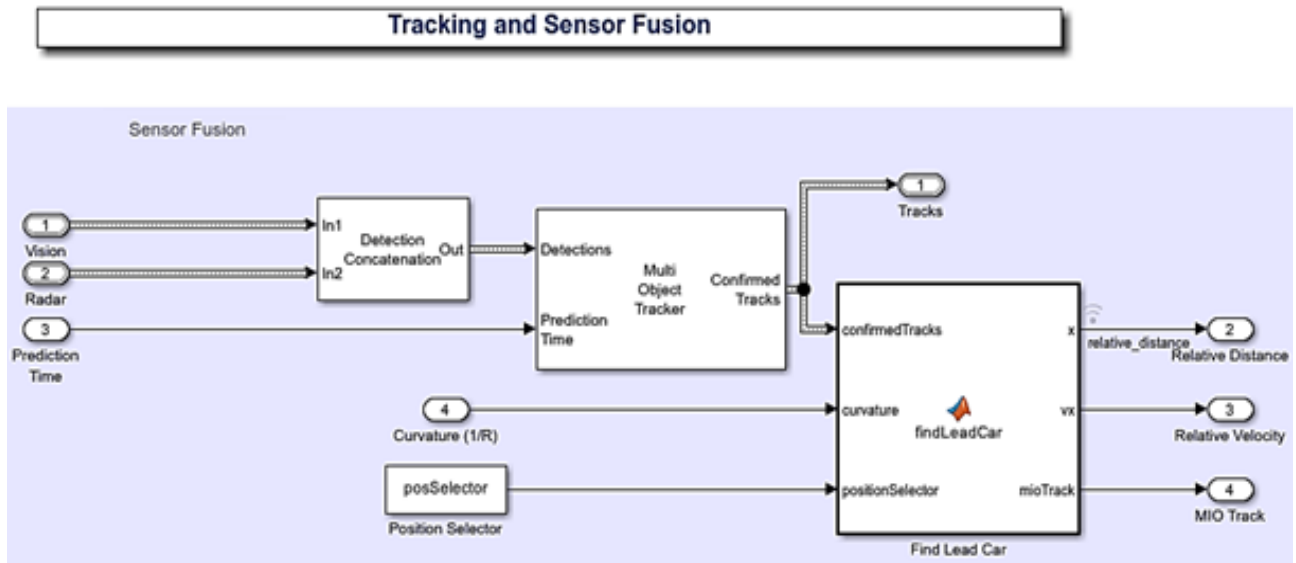


Рисунок 3 – Схема підсистеми Tracking and Sensor Fusion

Вихід із блоку Multi-Object Tracker – це список підтверджених треків. Блок Detection Concatenation об'єднує видимість і радар. Прогнозований час керується годинником у підсистемі «Транспортний засіб і середовище». Блок Detection Clustering об'єднує кілька радарних виявлень, оскільки трекер очікує не більше одного виявлення на об'єкт на датчик. Функціональний блок findLeadCar визначає, який автомобіль знаходиться ближче до автомобіля ego і попереду нього на тій самій смузі, використовуючи список підтверджених треків і кривизни дороги. Цей автомобіль називається лідируючим і може змінюватися, коли автомобілі виїжджають на смугу руху перед автомобілем ego та з'їжджають із неї. Функція надає положення та швидкість головного автомобіля відносно транспортного засобу ego та індекс до найважливішого об'єкта (MIO).

Підсистема Vehicle Dynamics моделює динаміку автомобіля за допомогою Bicycle Model - Force Input block з Automated Driving Toolbox. Динаміка транспортного засобу з введенням μ (поздовжнє прискорення) і переднім кутом повороту δ апроксимується:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} V_y \\ \psi \\ V_x \\ V_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{2C_f + 2C_r}{mV_x} & 0 & -V_x - \frac{2C_f l_f - 2C_r l_r}{mV_x} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{2C_f l_f^2 - 2C_r l_r^2}{I_z V_x} & 0 & 0 \\ -\frac{2C_f l_f - 2C_r l_r}{I_z V_x} & 0 & -\frac{2C_f l_r^2 + 2C_r l_r^2}{I_z V_x} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ \psi \\ V_x \\ V_x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{2C_f}{m} \\ 0 \\ \frac{2C_f l_f}{I_z} \\ 0 \end{bmatrix} \delta + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{\tau} \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ V_y \psi \end{bmatrix}$$

У векторі стану V_y позначає поперечну швидкість, V_x позначає поздовжню швидкість і ψ позначає кут повороту. Вихідні дані динаміки автомобіля (такі як поздовжня швидкість V_x і поперечна швидкість V_y базуються на фіксованих координатах тіла. Щоб отримати траєкторію, пройдену транспортним засобом, фіксовані координати тіла перетворюються в глобальні координати за такими співвідношеннями:

$$\dot{X} = V_x \cos(\psi) - V_y \sin(\psi), \dot{Y} = V_x \sin(\psi) + V_y \cos(\psi).$$

Кут повороту ψ і швидкість кута повороту $\dot{\psi}$ також перетворюються в градуси. Мета моделі керування водієм — утримувати транспортний засіб на смузі руху та слідувати вигнутій дорозі, контролюючи передній кут повороту δ . Ця мета досягається шляхом приведення похибки кута повороту e_2 і похибки бокового зміщення e_1 до нуля (рис. 4), де $e_1 = V_x e_2 + V_y$, $e_2 = \psi - \psi_{des}$. Потрібний кут повороту задається V_x/R (R позначає радіус кривизни дороги).

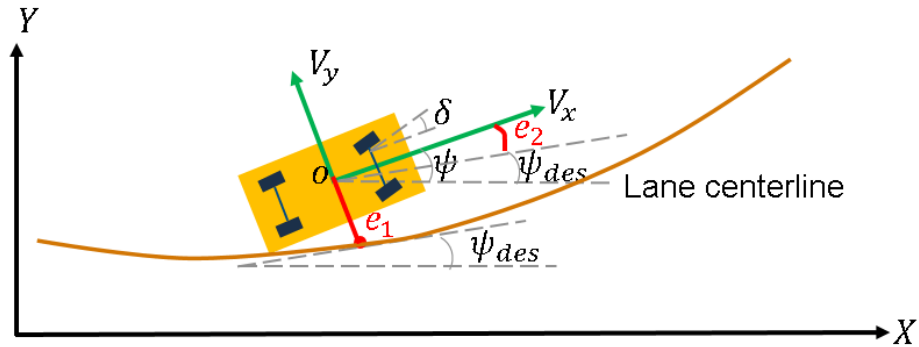


Рисунок 4 – Моделювання динаміки автомобіля за допомогою Bicycle Model

Підсистема об'єктів на дорозі і датчиків генерує синтетичні дані, необхідні для відстеження та об'єднання даних датчиків. Перед запуском цього прикладу програма Driving Scenario Designer використовувалася для створення сценарію з вигнутою дорогою та кількома акторами, які рухаються по дорозі (рис. 5).

Actors and Sensor Simulation

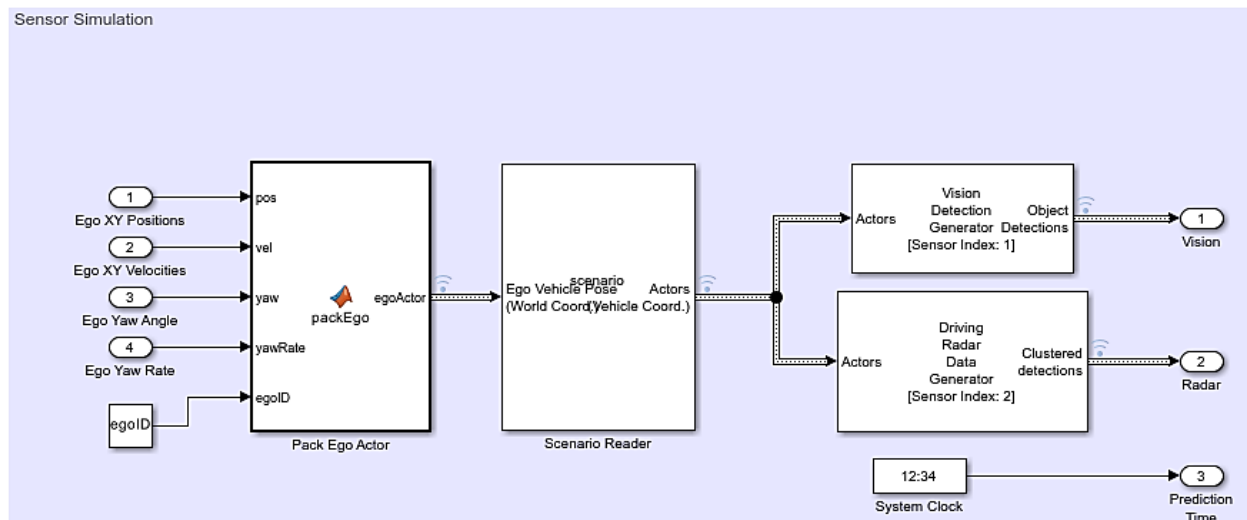


Рисунок 5 – Схема «Підсистема об'єктів і датчиків»

Рух транспортного засобу ego контролюється системою керування і не зчитується з файлу сценарію. Натомість положення транспортного засобу, швидкість, кут повороту та швидкість повороту надходять як вхідні дані з блоку Vehicle Dynamics і упаковуються в одну структуру положення об'єкта за допомогою функціонального блоку packEgo MATLAB. Блок Scenario Reader зчитує дані положення об'єктів зі змінної сценарію, завантаженої в робочу

область. Модель запускає ACCTestBenchScenario.m для завантаження сценарію в робочу область на початку моделювання. Блок перетворює положення об'єктів зі глобальних координат сценарію в координати транспортного засобу ego які транслюються на шині, створений блоком. У цьому прикладі використовується блок Vision Detection Generator і блок Radar Detection Generator. Обидва датчики має велику відстань виявлення та забезпечують гарний огляд з передньої частини автомобіля ego, як це необхідно для АСС. Датчики використовують положення інших авто в координатах транспортного засобу ego, щоб створити списки виявлення транспортного засобу перед ego.

Створення ефективної та надійної системи ADAS вимагає комплексного підходу, врахування особливостей підсистем (попередження про виїзд зі смуги, автоматичне паркування, виявлення сонливості, адаптивний круїз-контроль, контроль стійкості, гальмівний асистент, круговий огляд), ретельного вибору та калібрування датчиків, розробки складних алгоритмів та інтеграції з іншими системами. Важливим є тестування в реальних умовах та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Постійне вдосконалення з використанням новітніх технологій (ШІ, машинне навчання, сенсори) є необхідним.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Особливості-adas-технології. URL: <https://www.denso-am.eu/ua/news/> (Дата звернення 18.03.25).
2. Advanced Adaptive Cruise Control Based on Operation Characteristic Estimation and Trajectory Prediction URL: https://mdpi-res.com/d_attachment/applsci/applsci-09-04875/article_deploy/applsci-09-04875.pdf?version=1573723336 (Дата звернення 18.03.25).
3. Функція попередження про сходження зі смуги руху (LDW). URL: <https://www.volvocars.com/uk-ua/support/car/xc60/16w46/article/06c2bd43f78d6bfac0a801e80038b493/> (Дата звернення 18.03.25).
4. Електронні паркувальні асистенти URL: <https://www.seat.ua/servis-ta-aksesuari/aktionen-und-tipps/technik-lexikon/optische-einparkhilfeoptisches-parksystem-ops> (Дата звернення 18.03.25).

СПЕЦІАЛІЗОВАНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

В роботі розроблено спеціалізовану комп'ютерну систему ідентифікації особи на базі нейронної мережі. Проведено аналіз предметної області подібних систем та обґрунтовано їх актуальність у сфері розпізнавання облич, об'єктів та тексту. У процесі розроблення вибрано мову програмування Python із використанням фреймворку Flask для реалізації серверної частини, а також технології HTML, CSS. Функціональність системи охоплює розпізнавання обличчя за допомогою алгоритмів комп'ютерного зору, аналіз об'єктів на зображеннях та ідентифікацію тексту за допомогою машинного навчання. Тестування та налагодження програмного забезпечення проводилося на локальному сервері.

У сучасному світі технології ідентифікації особи відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки, контролю доступу та автоматизації різних процесів. Традиційні методи ідентифікації, такі як введення паролів або використання документів, часто є недостатньо надійними, оскільки їх можна підробити або викрасти. У зв'язку з цим все більшої популярності набувають системи біометричної ідентифікації, які базуються на аналізі унікальних фізичних характеристик людини, зокрема обличчя.

Застосування нейронних мереж та алгоритмів глибокого навчання у сфері розпізнавання обличчя значно підвищує точність і швидкість ідентифікації [1]. Однак, багато існуючих рішень мають певні обмеження, такі як залежність від умов освітлення, кута нахилу обличчя або низька продуктивність при обробці великої кількості зображень. Тому розробка ефективної, гнучкої та доступної системи ідентифікації особи є актуальним завданням.

Розроблена система дозволяє не лише розпізнавати обличчя, а й аналізувати об'єкти та текст на зображенні, що значно розширює її можливості у сфері автоматизації та безпеки. Вибір Python та Flask як основної технологічної платформи дозволяє реалізувати ефективну серверну частину, а використання OpenCV та методів машинного навчання підвищує точність розпізнавання.

Метою роботи є розробка спеціалізованої комп'ютерної системи ідентифікації особи на базі нейронної мережі, яка забезпечуватиме автоматичне розпізнавання обличчя, об'єктів та тексту на зображеннях із високою точністю та швидкістю обробки. Для досягнення цієї мети необхідно виконати такі завдання: проаналізувати сучасні методи ідентифікації особи та визначити їхні переваги та недоліки; обґрунтувати вибір середовища розробки, мов програмування та бібліотек; реалізувати серверну частину веб-додатка на базі Flask; інтегрувати методи машинного навчання для розпізнавання обличчя, об'єктів та тексту; створити зручний веб-інтерфейс з можливістю завантаження зображень та перегляду результатів; протестувати систему на різних типах зображень, забезпечивши коректність розпізнавання та мінімізацію помилок; налаштувати систему для подальшого використання та можливості інтеграції в інші сервіси.

На початковому етапі роботи проведено аналіз сучасних методів ідентифікації особи та розпізнавання об'єктів. Досліджено переваги та недоліки існуючих рішень, зокрема біометричних систем на основі відбитків пальців, райдужної оболонки ока та розпізнавання обличчя. Було визначено, що системи на основі розпізнавання обличчя є найбільш зручними, оскільки вони не потребують фізичного контакту з пристроєм і можуть працювати в реальному часі [2].

З огляду на це, було прийнято рішення використовувати нейронні мережі для аналізу зображень. Для реалізації серверної частини обрано мову програмування Python та веб-фреймворк Flask, що забезпечує легкість інтеграції алгоритмів машинного навчання в веб-

додаток. Для роботи із зображеннями використано OpenCV, а для створення та тренування нейронної мережі застосовано PyTorch.

Серверна частина реалізована на Flask, який обробляє запити користувачів, приймає зображення та передає їх у нейромережу для аналізу. Алгоритм роботи сервера:

1. Користувач завантажує зображення через веб-інтерфейс.
2. Сервер отримує файл, обробляє його та передає до модуля розпізнавання.
3. Нейронна мережа аналізує зображення, порівнює його з відомими шаблонами та повертає результат.
4. Вебдодаток відображає користувачеві відповідь із результатом розпізнавання.

Для зберігання та обробки зображень використано Werkzeug для безпечного завантаження файлів, а також механізм попередньої обробки, що включає зміну розміру, нормалізацію та конвертацію в формат, придатний для аналізу нейромережею.

Для розпізнавання обличчя використано попередньо навчену модель на базі ResNet, адаптовану під задачу класифікації відомих та невідомих обличчя. Модель отримує зображення, перетворює його в набір числових характеристик (вектор ознак) і порівнює з базою відомих осіб. Якщо схожість перевищує певний поріг, особа вважається відомою, в іншому випадку система фіксує невідоме обличчя [3].

Для розпізнавання об'єктів у зображеннях застосовано модель YOLO (You Only Look Once), що дозволяє знаходити та класифікувати об'єкти в реальному часі. Це розширює функціонал системи, дозволяючи аналізувати не лише обличчя, а й будь-які інші елементи на зображенні.

Для розпізнавання тексту використано технологію OCR (Optical Character Recognition), яка дозволяє ідентифікувати символи на зображеннях і конвертувати їх у текст. Це корисно для аналізу документів або витягування інформації з фотографій.

Для вебінтерфейсу створено зручний дизайн, що включає:

- Форму завантаження зображень, де користувач може обрати тип розпізнавання: обличчя, об'єкти або текст.
- Випадаючий список вибору категорії, що дозволяє налаштувати аналіз під конкретний тип зображення.
- Кнопку завантаження, яка ініціює процес обробки та відображає результат у полі "Результат розпізнавання".
- Гарний стиль з градієнтним фоном та адаптивним дизайном, що покращує візуальне сприйняття та забезпечує зручність використання на різних пристроях.

На рис.1 продемонстровано вигляд інтерфейсу:

Рисунок 1 – Інтерфейс програми для розпізнавання обличчя

Під час тестування перевірено точність розпізнавання на різних типах зображень. Було проведено серію експериментів із фотографіями в різних умовах освітлення, із зміною ракурсу та додаванням шумів. Оптимізовано роботу нейромережі шляхом корекції гіперпараметрів та використання попередньо оброблених даних для навчання моделі (рис.2):

Також перевірено коректність обробки зображень у різних форматах (JPEG, PNG, BMP) та протестовано стабільність роботи сервера при одночасному завантаженні великої кількості запитів [4].

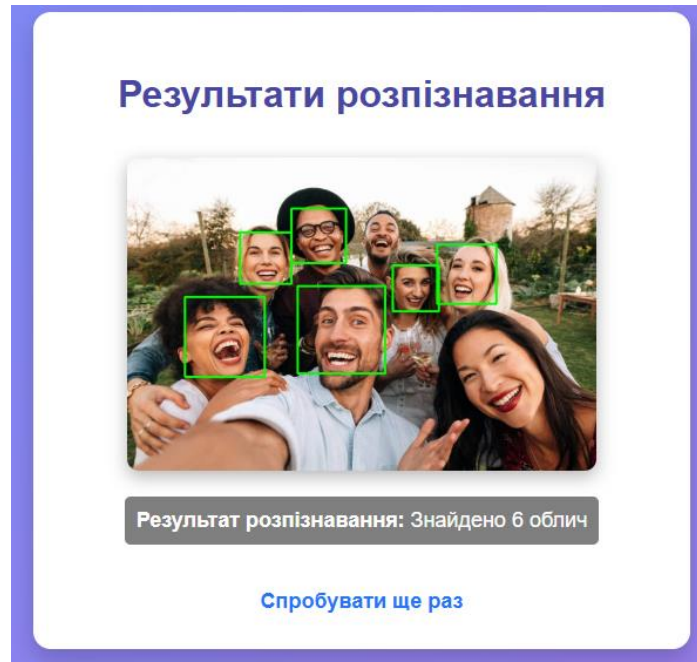


Рисунок 2 – Результат розпізнавання кількості людей на фото

В результаті виконаної роботи створено ефективну систему ідентифікації особи на основі нейронної мережі, яка дозволяє розпізнавати обличчя, об'єкти та текст. Реалізовано вебінтерфейс, що забезпечує зручний доступ до функціоналу, а також протестовано систему на реальних даних для оцінки точності розпізнавання. Розроблена система має можливість подальшої інтеграції в системи контролю доступу, безпеки або автоматизованої обробки зображень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge, MA: MIT Press, 2016. 800 p.
2. Rosebrock A. Deep Learning for Computer Vision with Python. PyImageSearch, 2019. 640 p.
3. Guo G., Zhang N. A Survey on Deep Learning-Based Face Recognition. Computer Vision and Image Understanding, Vol. 189, 2019, Article ID 102805. DOI: 10.1016/j.cviu.2019.102805.
4. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement. arXiv preprint, 2018. arXiv:1804.02767.

РОЗРОБКА WEB-СЛУЖБ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

В останні роки штучний інтелект (ШІ) набув широкого поширення в різних сферах життя, включаючи розробку програмного забезпечення та web-технологій. Зокрема, інтеграція елементів ШІ у web-служби дозволяє підвищити ефективність їх роботи, автоматизувати процеси, покращити взаємодію з користувачами, а також забезпечити адаптивність та інтелектуальну обробку даних. Розробка таких систем є актуальною в умовах постійного зростання обсягів даних і вимог до швидкості та якості обробки інформації.

Штучний інтелект активно використовується для покращення роботи web-служб в кількох основних сферах:

1. Обробка природної мови (NLP) – дозволяє автоматично обробляти текстову інформацію, аналізувати запити користувачів, що використовується в чат-ботах та системах рекомендацій.
2. Машинне навчання – дає змогу створювати системи, що адаптуються до змін в даних, покращують пошук, рекомендації та прогнозування.
3. Комп'ютерний зір – застосовується для розпізнавання зображень, відео та автоматичної класифікації контенту, що особливо корисно для е-commerce-платформ і систем безпеки.
4. Автоматизація прийняття рішень – ШІ допомагає в бізнес-аналізі, фінансових прогнозах, оптимізації логістичних процесів і персоналізації послуг для кінцевих користувачів.

Штучний інтелект взаємодіє з мережами інтернет речей. Разом вони створюють синергію, що сприяє автоматизації, аналізу великих обсягів даних та прийняттю рішень у реальному часі. Завдяки ШІ IoT-пристрої стають розумнішими, здатними прогнозувати події, оптимізувати робочі процеси та підвищувати безпеку. Це відкриває можливості для розвитку «розумних» міст, промислової автоматизації, медицини та інших сфер [1].

Веб-розробка з використанням ШІ вимагає комбінування сучасних технологій програмування та інструментів машинного навчання. Для створення серверної частини використовуються такі мови програмування, як Python, Node.js, PHP. Для реалізації моделей ШІ застосовуються бібліотеки, такі як TensorFlow, Keras, PyTorch для створення нейронних мереж та реалізації алгоритмів машинного навчання. Для побудови інтерактивних інтерфейсів та API широко використовуються фреймворки, як Flask, Django, Express.js, що дозволяють зручно взаємодіяти з користувачами через web-сторінки чи мобільні додатки [2].

Штучний інтелект може допомогти у процесі тестування. Створення та виконання тестів для коду веб-сайту є практичною задачею. Програмісти мають аналізувати результати, налаштовувати тести, підбирати оптимальні тестові кейси та відстежувати зміни під час кожного запуску. ШІ може підвищити ефективність цього процесу, автоматично підтримуючи базові тести, дозволяючи розробникам зосередитися на складніших завданнях.

На рис.1 зображено роботу автономної системи написання модульних тестів на Java – Diffblue Cover.

Інтеграція ШІ в web-служби дозволяє автоматизувати та вдосконалити процеси, що потребують інтелектуальної обробки даних. Для цього використовуються різні методи інтеграції, такі як використання API для зв'язку між web-службами та моделями ШІ, а також пряме вбудовування моделей машинного навчання на сервери для аналізу та обробки даних в реальному часі. Це дозволяє системам працювати більш ефективно, адаптуватися до нових ситуацій та покращувати якість сервісу для кінцевих користувачів.

Одним з напрямків інтеграції ШІ з веб-службами є інтелектуальні чат боти. Це програми, що використовують технології штучного інтелекту (ШІ) та обробки природної мови (NLP) для автоматизації спілкування з користувачами. Вони інтегруються у веб-служби, мобільні додатки та месенджери, виконуючи функції віртуальних асистентів, консультантів або автоматизованих операторів підтримки. Інтелектуальні чат-боти знаходять застосування у сфері електронної комерції, фінансів, охорони здоров'я, освіти та багатьох інших галузях.

Вони значно підвищують ефективність бізнесу, зменшуючи витрати на підтримку клієнтів і покращуючи якість обслуговування [4].

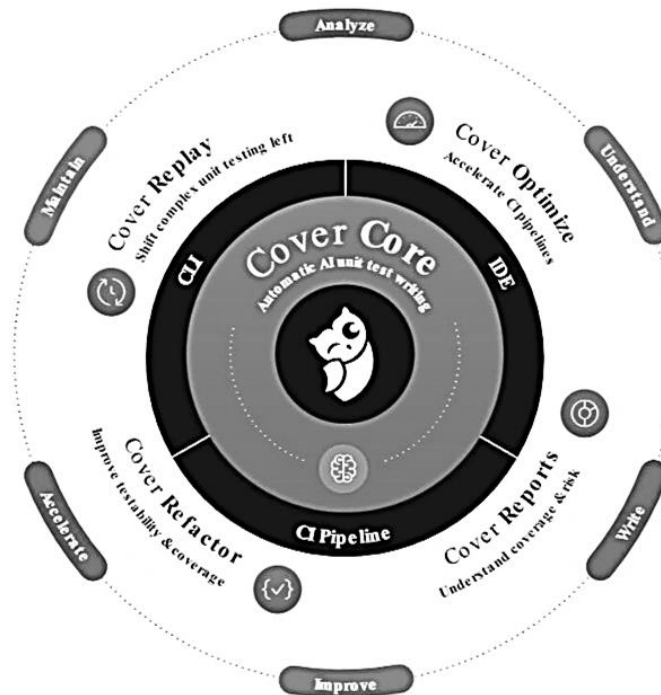


Рисунок1 – Робота автономної системи написання модульних тестів на Java – Diffblue Cover [3]

Також сьогодні штучний інтелект відіграє ключову роль у забезпеченні кібербезпеки, допомагаючи виявляти, аналізувати та запобігати загрозам у реальному часі.

Головними завданнями штучного інтелекту у кібербезпеці є:

1. Виявлення аномалій – ШІ аналізує трафік і поведінкові патерни, щоб ідентифікувати підозрілі дії та потенційні атаки.
2. Автоматизація реагування – Інтелектуальні системи можуть оперативно блокувати загрози та мінімізувати наслідки атак без втручання людини.
3. Прогнозування атак – Машинне навчання дозволяє аналізувати попередні загрози та передбачати можливі вразливості в системах.
4. Захист від фішингу та шкідливого ПЗ – ШІ розпізнає підозрілі листи, шкідливі файли та фейкові веб-сайти, запобігаючи їх розповсюдженню.
5. Аутентифікація та управління доступом – Біометричні технології та поведінковий аналіз покращують ідентифікацію користувачів та захист облікових записів [5].

Розвиток ШІ-технологій відкриває нові горизонти для удосконалення web-служб. Оскільки алгоритми ШІ постійно вдосконалюються, можливості для поліпшення таких систем безперервно розширюються. Зокрема, в майбутньому планується інтеграція більш складних моделей глибинного навчання для покращення точності прогнозування та персоналізації, а також додавання нових функцій, таких як обробка відео, розпізнавання емоцій тощо.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Штучний інтелект в Інтернеті речей. URL: <https://iotji.io/aiot-navischo-internetu-rechei-potriben-shtuchnyi-intelekt/> (дата звернення 22.03.25).
2. П'ять напрямів застосування штучного інтелекту. URL: <https://surl.li/nszpjv> (дата звернення 22.03.25).
3. Як штучний інтелект використовується у веб-розробці? URL: <https://globalistic.net/yak-shtuchnyi-intelekt-vykorystovuyetsya-u-veb-rozrobci-chastyna-2.html> (дата звернення 22.03.25).
4. Впровадження штучного інтелекту в чат боти. URL: <https://avada-media.ua/services/vnedreniye-iskusstvennogo-intellekta-v-chat-boty/> (дата звернення 22.03.25).
5. Що таке ШІ для кібербезпеки? URL: <https://surl.cc/gkqsxn> (дата звернення 22.03.25).

ЗАГРОЗИ БЕЗПЕКИ SQL-ІН'ЄКЦІЙ У ВЕБДОДАТКАХ ТА СПОСОБИ ЇХ ЗАПОБІГАННЯ

SQL-ін'єкція (SQL Injection) — одна з найбільш поширених та небезпечних вразливостей, яка трапляється у веб-додатках. Вона дозволяє зловмиснику змінювати SQL-запити, що передаються до бази даних, за допомогою введення шкідливого коду у форми введення. Основна причина виникнення SQL-ін'єкцій — відсутність або неналежна обробка введених користувачем даних.

Зловмисники можуть використати SQL-ін'єкції для отримання доступу до конфіденційної інформації, зміни або видалення даних, а у деяких випадках навіть для отримання повного контролю над сервером. Відповідно, така вразливість є критичною, особливо у сферах, де обробляються персональні або фінансові дані.

Види SQL-ін'єкцій:

- Класична (in-band) SQL-ін'єкція – зловмисник бачить результат безпосередньо у відповіді від сервера.
- Сліпа (blind) SQL-ін'єкція – відповіді сервера не містять результатів запиту, однак поведінка змінюється.
- Out-of-band SQL-ін'єкція – передача результату здійснюється через зовнішні канали, наприклад DNS.

Методи запобігання:

1. Параметризовані запити (prepared statements) – дозволяють розділити дані та SQL-команди, що унеможливорює їх злиття у шкідливий запит.
2. Використання ORM (Object-Relational Mapping) – фреймворки, які автоматично запобігають ін'єкціям.
3. Валідація вводу – перевірка формату, типу та довжини введених даних.
4. Обмеження прав доступу до БД – користувачі повинні мати лише необхідні дозволи.
5. Логи запитів – ведення журналів запитів дозволяє виявляти та реагувати на підозрілу активність.

Приклад SQL-ін'єкції:

Оригінальний запит:

```
SELECT * FROM users WHERE username = '$user' AND password = '$pass';
```

Шкідливе введення:

```
admin' OR '1'='1
```

Модифікований запит:

```
SELECT * FROM users WHERE username = 'admin' OR '1'='1';
```

В результаті зловмисник отримає доступ до системи без введення правильного паролю.

Практична реалізація:

Під час практики було створено тестовий веб-додаток з авторизацією користувача на базі Node.js, Express та MySQL. Для демонстрації SQL-ін'єкцій використовувався простий запит входу без параметризації, що дозволяло виконати ін'єкцію. Після впровадження параметризованих запитів (використання `?` у SQL-запитах) проблема була повністю усунута.

Висновки: SQL-ін'єкція – це серйозна загроза безпеці веб-додатків. Її ефективне запобігання потребує комплексного підходу: використання захищених механізмів роботи з базою, ретельна валідація вводу та обмеження прав доступу. Розробникам слід регулярно проводити аудит коду та тестування на вразливості для запобігання несанкціонованому доступу до системи.

ЛІТЕРАТУРА:

1. OWASP Foundation. SQL Injection. URL: https://owasp.org/www-community/attacks/SQL_Injection
2. Halfond W. G., Viegas J., Orso A. A classification of SQL-injection attacks and countermeasures. IEEE, 2006.
3. MySQL Documentation. Prepared Statements. URL: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/sql-prepared-statements.html>
4. Web Application Security: Exploitation and Countermeasures, J. Erickson, 2018.
5. OWASP NodeGoat Project. URL: <https://github.com/OWASP/NodeGoat>

СПЕЦІАЛІЗОВАНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МІНІМІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ЗАТОРІВ НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

У роботі розроблено спеціалізовану комп'ютерну систему для мінімізації автомобільних заторів на базі нейронних мереж, яка прогнозує та оптимізує дорожній рух. Система використовує штучний інтелект для аналізу даних про трафік та визначає найбільш завантажені ділянки, що дозволяє зменшити затори. Для реалізації було обрано мову програмування Python та фреймворк Flask для розробки функціоналу, а також HTML, CSS і JavaScript для стилізації веб-інтерфейсу. Вебсервіс протестовано на локальному сервері, що забезпечило його стабільну роботу та точні прогнози для ефективного управління рухом.

Однією з найбільших проблем сучасних міст є високий рівень автомобільних заторів, що значно впливає на ефективність транспортного руху, збільшує час поїздок і сприяє забрудненню навколишнього середовища. Актуальність цієї проблеми зростає через збільшення кількості автомобілів та недостатню пропускну здатність дорожньої інфраструктури. Традиційні методи управління дорожнім рухом, що включають лише регулювання світлофорів та обмеження швидкості, часто не можуть ефективно вирішити цю проблему [1]. Оскільки існуючі системи не враховують змінні умови руху, застосування технологій штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж, є перспективним напрямом для прогнозування та оптимізації дорожнього трафіку в реальному часі.

Метою роботи є розробка спеціалізованої комп'ютерної системи мінімізації автомобільних заторів на базі нейронних мереж, що дозволить ефективно прогнозувати інтенсивність руху і оптимізувати управління транспортним потоком у містах. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих систем управління дорожнім рухом та визначити можливості для їх вдосконалення за допомогою штучного інтелекту.
2. Розробити алгоритм нейронної мережі для прогнозування та мінімізації заторів на основі історичних даних про трафік.
3. Реалізувати вебсервіс, що дозволяє користувачам отримувати рекомендації щодо оптимальних маршрутів для уникнення заторів.
4. Провести тестування розробленої системи на локальному сервері та оцінити її ефективність у реальних умовах.

Розробка програми для мінімізації автомобільних заторів була успішно завершена. В ході роботи було проведено детальний аналіз і планування, визначено основну мету – створення системи, що використовує штучний інтелект для прогнозування та мінімізації трафіку. Було зібрано і проаналізовано всі необхідні дані, включаючи стан доріг, час доби, погодні умови та інші фактори, що впливають на рух транспорту [2]. Для прогнозування обрано нейронну мережу, яка ефективно обробляє вхідні дані та надає точні результати.

Було створено та навчено модель ШІ, яка аналізує історичні дані про трафік та передбачає можливі затори залежно від часу доби, дня тижня, погодних умов та інших параметрів. Після завершення тренування модель була збережена та інтегрована в систему для подальшого використання.

Вебсервер на основі Flask [3] було розроблено та налаштовано для інтерактивної взаємодії з користувачами. Було реалізовано зручний інтерфейс, де користувачі можуть вибрати місто, вказати початкову та кінцеву точку маршруту, після чого система прогнозує оптимальний маршрут з урахуванням поточного та прогнозованого трафіку. (рис.1 та рис.2).

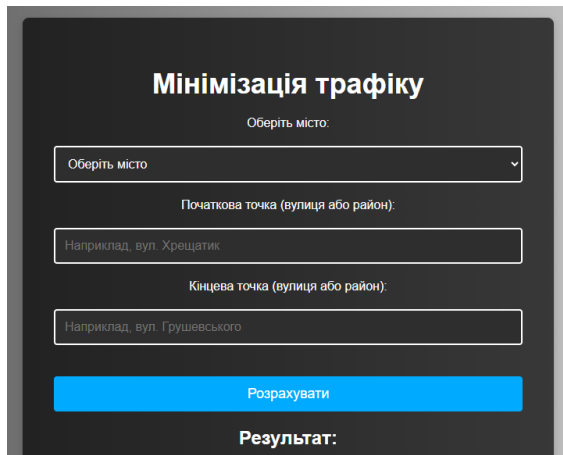


Рисунок 1 – Інтерфейс для взаємодії з сервером

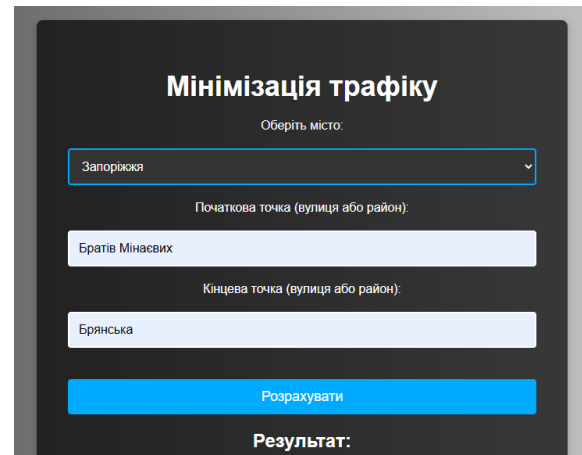


Рисунок 2 – Вибір міста та вулиці

На рис.3 продемонстровано результат виконання операції вирахування мінімізації при наявності трафіку.

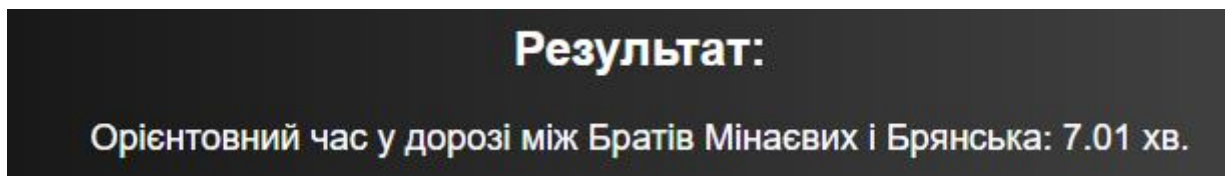


Рисунок 3 – Результат часу у дорозі між вулицями за допомогою машинного навчання

Модель III була успішно інтегрована у вебдодаток, що дозволило автоматично обробляти запити користувачів та надавати точні прогнози щодо часу в дорозі. Прогностичні дані враховують історичну інформацію та різні фактори, що впливають на трафік.

Був створений привабливий та функціональний користувацький інтерфейс. Використано сучасний дизайн з чорно-білим градієнтом та плавними анімаціями, що забезпечує зручність введення даних і перегляду результатів. Всі елементи форми мають однаковий розмір, що робить інтерфейс гармонійним та інтуїтивно зрозумілим [4].

Проведено тестування програми на різних маршрутах та містах України. Система успішно обробляє дані та видає коректні прогнози, що підтверджує її ефективність. Було усунуто виявлені неточності та оптимізовано алгоритми прогнозування для покращення результатів.

Програма була успішно розгорнута та запущена у роботу. Вебсайт розміщено на сервері, що дозволяє користувачам у реальному часі отримувати прогнози трафіку. Система працює стабільно та готова до подальшого вдосконалення, включаючи інтеграцію з реальними даними про рух транспорту та розширення функціоналу для покращення точності прогнозів.

Розроблена система мінімізації заторів на основі штучного інтелекту дозволяє прогнозувати трафік та оптимізувати маршрути, знижуючи навантаження на дороги. Використання нейронних мереж забезпечує точність прогнозів, а інтеграція з вебінтерфейсом робить систему зручною для користувачів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Aggarwal C.C. Neural Networks and Deep Learning: A Textbook. Cham: Springer, 2018. 497 p.
2. Han J., Pei J., Kamber M. Data Mining: Concepts and Techniques. 4th ed. Cambridge: Morgan Kaufmann, 2022. 744 p.
3. Murphy K.P. Probabilistic Machine Learning: An Introduction. Cambridge: MIT Press, 2022. 858 p.
4. Raschka S., Mirjalili V. Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow 2. 3rd ed. Birmingham: Packt Publishing, 2019. 770 p.

MODEL OF LLM-BASED MULTIAGENT SYSTEM FOR AUTOMATIC PLANNING AND CONTROLLING OF HETEROGENOUS INTELLECTUAL DISTRIBUTED SYSTEMS

With the continued advancement of technologies, distributed information systems (DIS) have become crucial for supporting critical computational processes across various industries [1]. These systems are characterized by a high level of complexity and dynamic environments, posing challenges for their effective management. Frequently, the complex tasks for which such distributed systems are utilized are data-driven intelligent tasks. The spectrum of possible tasks and problems that an intelligent distributed system can solve is broad enough to necessitate the creation of specialized systems or manual planning, which reduces the versatility of existing computational resources and increases setup time. Therefore, the problem of automatic planning and control of a distributed system capable of ensuring versatility and optimizing the use of available resources is reduced to the intelligent distribution of tasks, load, and resources among the available subsystems, clusters, and cluster nodes.

In this work, we propose a model for automatic planning, control, and resource allocation in intelligent DIS based on a multi-agent approach using LLM AI-agents, capable of ensuring optimal utilization of available heterogeneous subsystems and their clusters, while being agnostic to the type of intelligent task they are used to solve/perform.

First and foremost, in general, an intelligent distributed information system consists of a subset of heterogeneous subsystems, each of which comprises a set of interconnected, potentially also heterogeneous, clusters of computational resources. Traditionally, there are two main approaches to managing such complex systems: centralized and decentralized. In this work we investigate a hybrid architecture consisting of a two-level planning system, which includes a “manager” AI-agent for centralized global task decomposition at the subsystem level, and executor agents for decentralized local task execution and computation optimization on individual clusters of the intelligent distributed system. A visual representation of the proposed automatic control system architecture is presented in Figure 1.

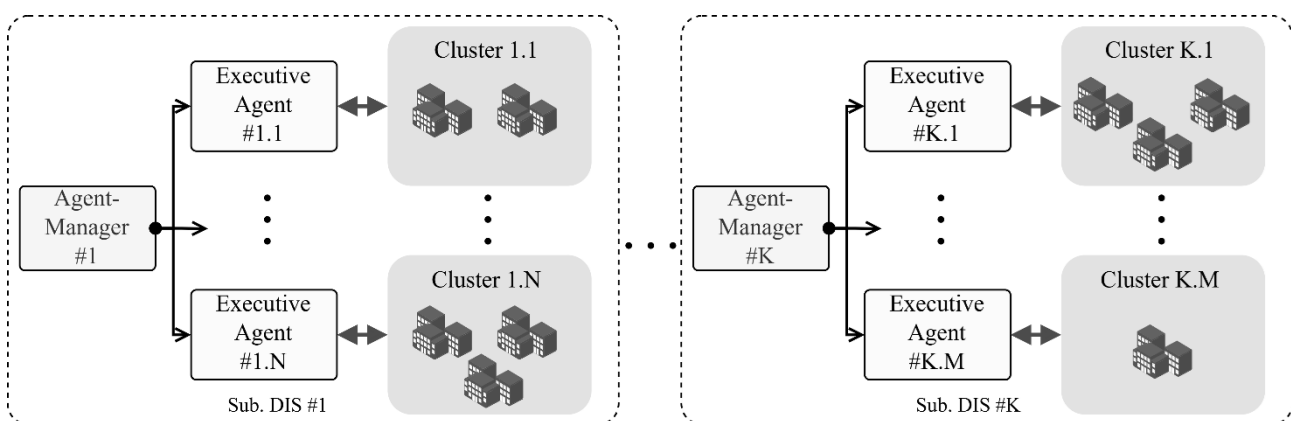


Figure 1 – Scheme of the proposing controlling model architecture

To characterize the two defined types of agents, it is necessary to determine which LLM model is referred to as an agent, and what common characteristics these models will have within the proposed architecture. The definition and typology of LLM-based AI agents has a significant diversity, but their common and integral characteristic remains the ability to interactively engage with

the environment through the specialized tools [2, 3]. In a broad sense, an AI agent is considered a software system whose execution logic is determined by the generative output of the base LLM.

To optimize the development and operation of a multi-agent system, it's to unify the key characteristics of agents, their methods of interaction with the environment, and the requirements for the underlying LLM of each agent. The most effective way to interact with tools is to generate and execute program code [2, 4], which requires the availability of appropriate software interfaces for all tools in the target programming language. The application of the CodeAct [5] approach for working with tools not only ensures the efficiency of agents but also easily integrates with the proposed method of interaction of executor agents with the distributed information system through software libraries. It is worth noting that planning complex tasks in a multi-cluster intelligent distributed information system involves numerous tool invocations, leading to rapid accumulation of messages in the LLM dialogue and exceeding context window limitations [6]. To address this issue, the implementation of a special additional tool is proposed, providing access to various types of memory [6].

Figure 2 provides a visual representation of the structure of the defined agents.

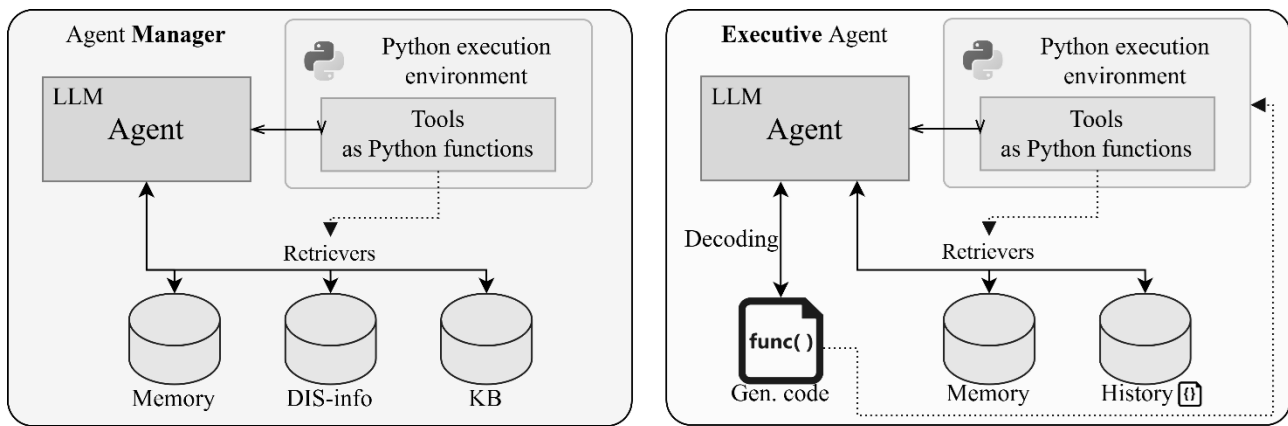


Figure 2 – Structures of the agent-manager and executive agent

The main purpose of the agent-manger is to formulate and distribute subtasks for data processing among the available clusters of a subpart of DIS, considering their heterogeneous structure and characteristics (e.g., available nodes, resources and others). To implement this function, the agent utilizes the reasoning capabilities of the base LLM and a specialized set of tools. To ensure the effective execution of these complex tasks, the manager agent must be equipped with the following set of tools:

- interfaces for accessing the DIS knowledge base (shortened as DIS-info);
- components for interacting with the domain-oriented knowledge base (shortened as KB);
- a search system within the model's long-term history;
- a programming interface for configuring cluster subtasks;
- a communication interface for interacting with executive agents.

The main task of the executive agent is to prepare program code (possibly through generation, modification, or adaptation of previously prepared solutions) for performing intelligent tasks in a distributed environment (cluster). This involves creating Python programs using libraries that support distributed computing. After preparing the program files, the agent initiates their execution on the cluster through a specialized trigger tool. Since all agents in the system, according to the defined unified requirements, must demonstrate a high-quality generation of executable code, the creation or modification of programs for distributed computing does not require additional specialized capabilities of the base LLM.

For the effective implementation of tasks received from the manager agent, the executor agent requires access to the following set of tools:

- an interface for accessing the cluster knowledge base;
- a component for interacting with the domain-oriented knowledge base;
- a system for registering Python files for task execution;
- a trigger mechanism for launching computational tasks;
- a component for accessing a database of previous "request-implementation" pairs for code reuse (shortened as History).

The proposed multi-agent system architecture for managing a distributed information system potentially provides a flexible approach to automating the planning and execution of complex computational tasks. The use of specialized LLM-based agents, equipped with appropriate tools and mechanisms for accessing knowledge bases, allows for the effective decomposition and distribution of tasks among heterogeneous computational clusters.

REFERENCE:

1. Teerapittayanon S., McDanel B., Kung H. T. Distributed Deep Neural Networks over the Cloud, the Edge and End Devices. URL: <https://arxiv.org/abs/1709.01921> (accessed 13.03.25).
2. A Survey on Large Language Models for Code Generation / J. Jiang et al. URL: <https://arxiv.org/abs/2406.00515> (accessed 15.03.25).
3. Sypherd C., Belle V. Practical Considerations for Agentic LLM Systems. URL: <https://arxiv.org/abs/2412.04093> (accessed 16.03.25).
4. LLM Multi-Agent Systems: Challenges and Open Problems / S. Han et al. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.03578> (accessed 16.03.25).
5. Executable Code Actions Elicit Better LLM Agents / X. Wang et al. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.01030> (accessed 12.03.25).
6. Middleware for LLMs: Tools Are Instrumental for Language Agents in Complex Environments / Y. Gu et al. Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing / ed. by Y. Al-Onaizan, M. Bansal, Y.-N. Chen. Miami, Florida, USA, 2024. P. 7646–7663. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/2024.emnlp-main.436> (accessed 18.03.25).

UDC 628.16:621.311.22:621.182.12

M.O. Chumak, A.M. Shakhnovsky, S.G. Bondarenko, O.V. Sanginova

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

s_g_bondarenko@ukr.net

DYNAMIC PROCESS MODELS FOR DECISION-MAKING IN THE MANAGEMENT OF THE WATER-CHEMICAL REGIME OF A NUCLEAR POWER PLANT

The use of computer-based simulators in the training and retraining of process operators plays a crucial role in ensuring the stability, reliability, and safety of industrial and energy enterprises in Ukraine. This is particularly significant for the nuclear energy sector, where operational precision and adherence to strict safety protocols are paramount.

Computer-based simulators provide an advanced, interactive learning environment that replicates real-world technological processes with high fidelity. These systems allow operators to develop and refine their skills in a controlled and risk-free setting, where they can practice responses to both routine and emergency scenarios. Such training enhances decision-making abilities, operational efficiency, and crisis management skills, ultimately reducing the likelihood of human errors that could lead to operational disruptions or safety hazards.

Furthermore, simulators facilitate standardized and repeatable training, ensuring that all operators acquire a consistent level of competence. This is particularly relevant in the context of workforce development and regulatory compliance, where continuous professional development is necessary to keep pace with evolving industry standards and technological advancements [1].

For Ukraine's industrial and energy sectors, and especially for nuclear power plants, the implementation of simulation-based training programs contributes significantly to operational sustainability. By integrating real-time monitoring, predictive analytics, and adaptive learning modules, these simulators support proactive risk management and enhance overall system resilience.

A key aspect of developing effective computer-based simulators is the creation of quite accurate mathematical models that describe non-stationary technological processes. These models are essential for replicating the dynamic and transient conditions that operators may encounter in real-world industrial and energy systems.

Mathematical modeling enables the precise representation of process variations over time, allowing simulators to incorporate complex dependencies, transient states, and system feedback mechanisms. By integrating such models into simulation environments, operators can gain deeper insights into the behavior of technological systems under fluctuating conditions, improving their ability to respond to operational changes and emergencies.

Additionally, the development of mathematical models enhances the predictive capabilities of training simulators, enabling operators to anticipate potential process deviations and mitigate risks proactively. This is particularly important in nuclear energy, where even minor deviations from standard operating conditions can have significant safety and reliability implications.

The incorporation of mathematical models of non-stationary technological processes into computer-based simulators significantly enhances their realism and effectiveness [2, 3, 4]. By providing a more comprehensive and dynamic training experience, these models contribute to the overall goal of ensuring the stability, reliability, and safety of industrial and energy enterprises in Ukraine [2].

For use in computer-based simulators for training operational personnel, mathematical models have been developed to predict changes in the performance indicators of the studied process over time. As a result of structural and parametric identification of the mathematical description in terms of changes in these indicators, a family of non-stationary mathematical models was obtained.

This study presents some important results regarding the construction of computer models for simulating the second circuit of a nuclear power plant for the use of the mentioned models as part of a computer simulator.

The water-chemical regime of the secondary circuit in nuclear power plants with VVER-1000 reactors is a crucial component in ensuring the efficient and safe operation of the power unit. The

secondary circuit serves to transfer thermal energy from the reactor's primary circuit to the turbine-generator system while preventing direct contact between the radioactive primary coolant and the turbine equipment. The working medium in the secondary circuit is demineralized water, which circulates through steam generators and turbine systems. To maintain its required chemical properties and prevent equipment degradation, specific chemical additives and treatment technologies are applied. Key features of the secondary circuit water-chemical regime especially include:

- pH Regulation. Maintaining an optimal pH level (typically in the range of 9.2 – 9.8) is essential to minimize corrosion processes in pipelines and heat exchange equipment. This is achieved through the controlled addition of ammonia or ethanolamine.
- Oxygen and Hydrazine Control. Oxygen scavengers, such as hydrazine hydrate, or morpholine are used to prevent oxidative corrosion. The residual oxygen scavenger content is carefully regulated to ensure the formation of a protective magnetite layer on metal surfaces.
- Iron and Copper Monitoring. The concentration of iron and copper ions is continuously monitored, as excessive levels can lead to deposits in steam generators and impair heat transfer efficiency.

In particular, the dependence of morpholine concentration on the concentration of iron compounds, based on research results, is represented by the following differential equation:

$$3.113 \cdot y' + y = 0.475 \cdot x \cdot (t - 1),$$

where $T=3.1127$ is the time constant of the object, $k=0.4745$ is the transfer coefficient at 50% of the nominal mode, $\tau=1$ is the time delay constant, y is the morpholine concentration (mg/dm^3), and x is the concentration of iron compounds ($\mu\text{g/dm}^3$).

The mathematical description of the time-dependent change in hydrazine hydrate concentration as a function of the iron compound concentration was obtained in the form:

$$1.527 \cdot y' + y = 9.120 \cdot x \cdot (t - 3.824),$$

where y is the hydrazine concentration ($\mu\text{g/dm}^3$), x is the concentration of iron compounds ($\mu\text{g/dm}^3$), $T=1.5265T$ is the time constant of the object, $k=9.1201$ is the transfer coefficient at 50% of the nominal mode, and $\tau=3.8237$ is the time delay constant.

The adequacy of the obtained models to the initial data was verified using the F-test.

Based on the above-described mathematical models, computer models were developed, enabling simulation modeling of the studied processes according to the specified performance indicators of the water-chemical regime of the secondary circuit of a nuclear power plant (NPP). Figures 1 and 2 present the computer simulation results based on the proposed models, comparing the experimental (initial) values of hydrazine hydrate and morpholine concentrations with the calculated values.

The adoption of computer-based simulators in the training and retraining of process operators is an indispensable component of modern industrial and energy sector workforce development. Their ability to provide immersive, risk-free, and comprehensive training ensures that operators are well-prepared to maintain the stability, reliability, and safety of critical infrastructure in Ukraine.

Computer models of non-stationary processes in the water-chemical regime of the secondary circuit of a nuclear power plant with a VVER-1000 reactor, developed based on the identification of a set of industrial data, enable the integration of new subsystems into the computer simulator for operator training. These subsystems facilitate the simulation of control modes for the coolant composition in the secondary circuit of the power plant.

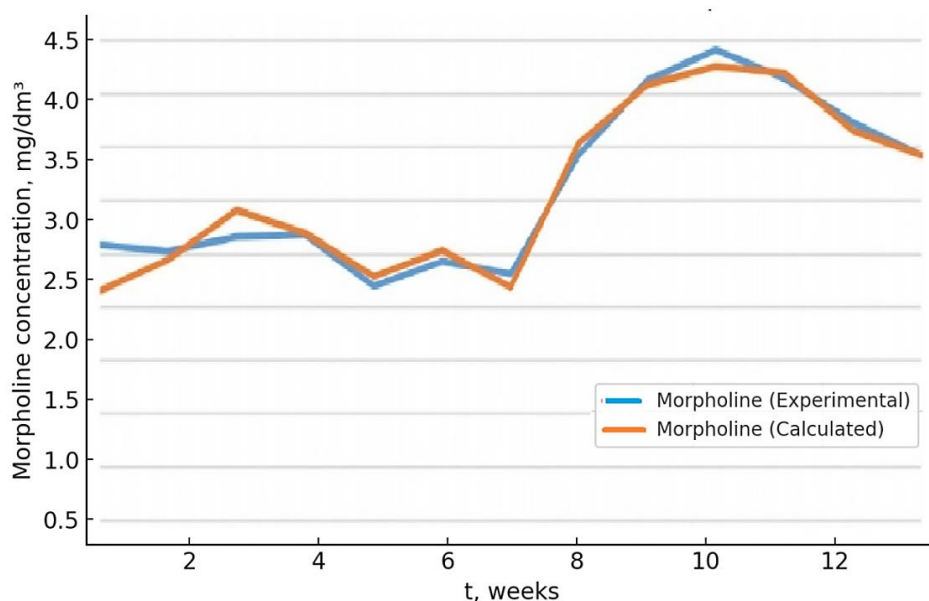


Figure 1 – Dependence of hydrazine hydrate concentration on the concentration of iron compounds

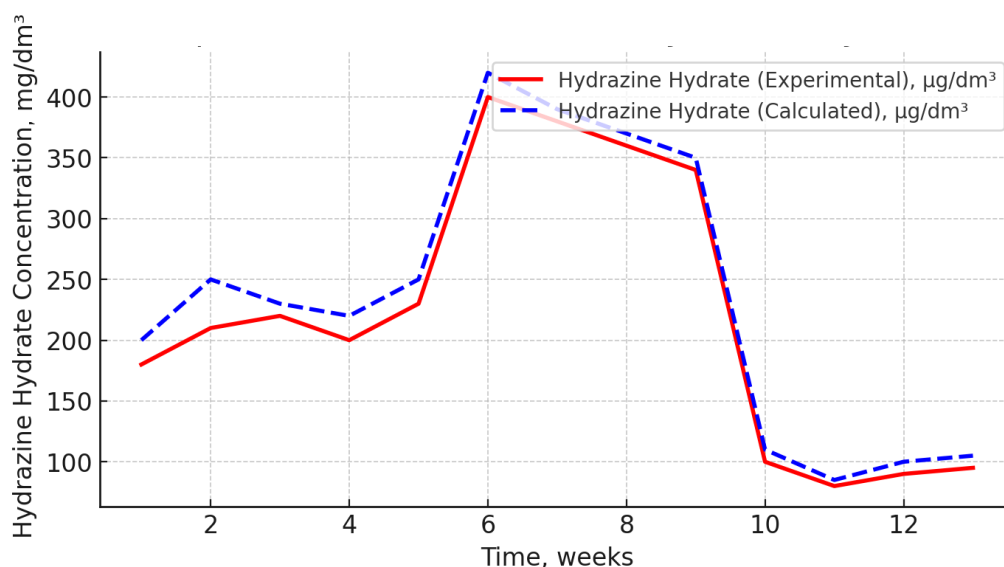


Figure 2 – Graph comparing the experimental values of morpholine concentration with the calculated ones

The presented study was conducted within the framework of the research project "Improvement of Industrial Water Treatment Technologies Using Artificial Neural Networks" (State Registration Number: 0124U001966).

REFERENCES:

1. Strojny P., Dużmańska-Misiarczyk N. Measuring the effectiveness of virtual training: A systematic review. *Computers & Education: X Reality*. 2023. Vol. 2. 100006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2022.100006>
2. Medvedev R. B., Sanginova O. V., Merdukh S. L. Computer simulation of the system of condensate purification plant of NPP with WWER-1000 reactor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, (2012). 2. 14(56), 34–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2012.3954>
3. Wade H. L. A Survey of Vendor-Supported Tools for Real-Time Simulation. Present Availability and Future Needs. *Proc.19 Annual Control Conference*. Purdue University, W.Lafayette, IA, USA, 1993. Pp. 25-38.
4. Dozortsev V. M. Development of computer-based training simulator for industrial operators: Main participants, their roles and communications. *Autom Remote Control*. 2010. 71, pp. 1476–1480. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0005117910070246>.

ПІДХІД З ВИКОРИСТАННЯ ПРОМІЖНОГО ЗЛИТТЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Забезпечення надійного виявлення небезпечних об'єктів є надзвичайно важливим у багатьох реальних ситуаціях – від автономних транспортних засобів, що маневрують жвавими міськими вулицями, і морських суден, що плавають у підступних водах, до промислових об'єктів і розумних систем утилізації відходів у багатолюдних містах. Традиційні системи виявлення об'єктів [1], які зазвичай покладаються лише на один тип датчика (як стандартні RGB-камери), часто мають проблеми за складних умов, таких як погане освітлення, оклюзії або несприятлива погода. Ці недоліки викликали зростаючий інтерес до злиття мультимодальних датчиків [2], коли дані з різноманітних датчиків, таких як камери, LiDAR, теплові/інфрачервоні датчики, тактильні датчики та навіть зображення терагерцового діапазону, поєднуються для забезпечення більш надійної та надійної продуктивності виявлення.

Процес розмінування територій, забруднених вибуховими пристроями, залишається однією з найактуальніших глобальних проблем [3]. За даними міжнародних організацій, значна частина земель у зонах конфлікту та післявоєнних регіонах залишається ураженою наземними мінами, що становить серйозну загрозу для цивільного населення та перешкоджає економічному розвитку. Застосування роботизованих систем у цій сфері є перспективним напрямком, оскільки значно знижує ризики для саперів, підвищує ефективність розмінування та скорочує тривалість операцій. Автономні та дистанційно керовані роботи-розмінувальники можуть працювати в складних умовах, включаючи зони підвищеної небезпеки та важкодоступні місцевості.

Незважаючи на ці переваги, традиційне управління роботами-розмінувальниками в реальних умовах стикається з кількома проблемами. Основні проблеми включають обмежену ситуаційну обізнаність оператора через затримки відеосигналу та передачі даних, труднощі з навігацією на нерівній місцевості та потенційні помилки в алгоритмах прийняття рішень, які можуть призвести до зриву місії. Крім того, тестування роботів-розмінувальників у реальних умовах потребує значних фінансових ресурсів і спеціально розроблених полігонів, що обмежує їх оцінку в широкому діапазоні сценаріїв.

Перспективним підходом до вирішення цих проблем є використання віртуального моделювання для тестування та навчання операторів робототехнічних систем. Сучасні платформи моделювання дозволяють створювати реалістичні середовища, де можна відпрацьовувати сценарії розмінування, моделювати різноманітні загрози та адаптувати автономні алгоритми керування [4]. Такий підхід значно знижує витрати на тестування, покращує навчання операторів і сприяє більш ефективному навчанню в безпечних умовах. Крім того, інтеграція методів машинного навчання у віртуальне середовище підвищує адаптивність роботизованих систем до динамічних змін у реальних умовах. Мультимодальні дані відіграють ключову роль у складних системах аналізу та прийняття рішень, оскільки вони поєднують інформацію від різних датчиків (наприклад, зображення, дані лідара, аудіо, показники температури), що підвищує точність і надійність обробки.

У даному дослідженні пропонується уніфікована структура, яка поєднує візуальні та сенсорні модальності для покращення виявлення небезпечних об'єктів. Використовуючи злиття даних проміжного рівня, запропонований підхід поєднує представлення функцій від кількох датчиків та інтегрує модель критичності об'єкта для встановлення пріоритетів виявлень на основі важливості безпеки.

Нижче описано запропоновану уніфіковану структуру злиття, яка об'єднує візуальні та сенсорні модальності для покращення виявлення загроз. Запропонований підхід розроблено

навколо стратегії злиття проміжного рівня, яка використовує механізми уваги для динамічного зважування та комбінування функцій різних датчиків.

Структуру запропонованої системи подано в кілька етапів та зображено на рисунку 1.

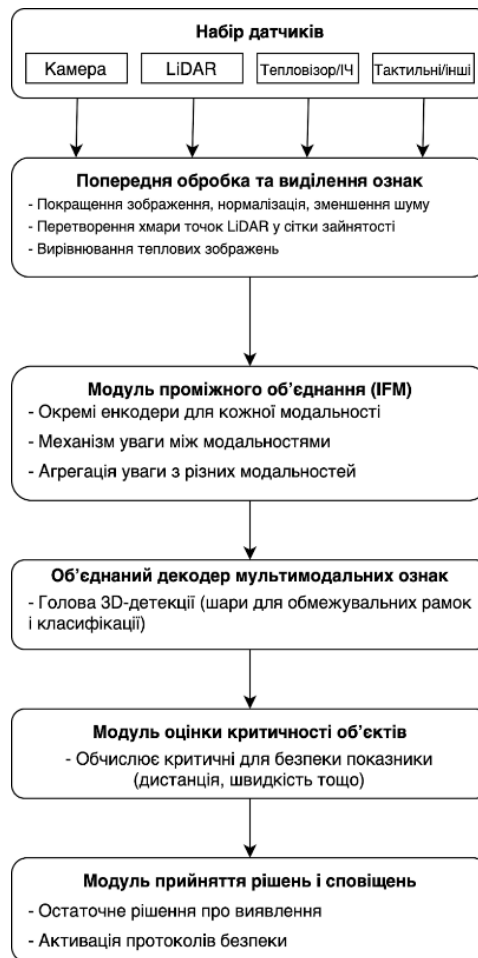


Рисунок 1 – Повний потік даних від вхідного сигналу сенсора до виходу, критичного для безпеки

Нижче наведено детальний перелік основних модулів пропонованого фреймворку.

Модуль 1. Набір датчиків і попередня обробка. Фреймворк починається з набору датчиків, який включає камеру для фіксації RGB-зображень, які важливі для отримання семантичних деталей і інформації про текстуру, LiDAR для надання точних даних про глибину та просторові дані, які згодом перетворюються на тривимірні сітки зайнятості, термічний/ІЧ-датчик для запису градієнту температури, що допомагає виявляти об'єкти в умовах слабкого освітлення або під час несприятливої погоди, тактильні датчики для збору кінестетичних даних, які корисні для аналізу форми та текстури об'єктів. Необроблені дані кожного датчика обробляються за допомогою певних етапів попередньої обробки.

Модуль 2. Проміжне злиття даних. В основі запропонованої структури лежить проміжний модуль злиття даних (IFM), який відповідає за об'єднання функцій різних модальностей. На відміну від раннього злиття, яке об'єднує необроблені дані, і пізнього злиття, яке агрегує остаточні рішення, проміжне злиття використовує функції високого рівня, зберігаючи просторову та семантичну цілісність.

IFM складається з двох основних кроків – окремого кодування та злиття на основі механізмів уваги. Характеристики кожної модальності закодовані в нижньому вимірному просторі, зберігаючи ключові геометричні та семантичні деталі.

Щоб адаптивно зважити внесок кожної модальності, пропонується використовувати двоетапний механізм уваги. Для кожної модальності обчислюється оцінка, яка відображає її

релевантність у поточному контексті. Остаточна об'єднана функція є зваженою сумою індивідуальних ознак модальності. Даний підхід базується на mmFUSION [13] та ефективно інтегрує додаткову інформацію та пом'якшує недоліки будь-якої окремої модальності.

Модуль 3. Спільне декодування ознак і виявлення об'єктів. Після об'єднання ознак спільний мультимодальний декодер ознак обробляє об'єднаний вектор ознак для отримання результатів виявлення об'єктів. Цей етап зазвичай включає роботу 3D-детектора, яка локалізує об'єкти у 3D просторі; класифікує мітки на основі вивчених ознак; виконує оцінку достовірності для кожного виявлення.

Модуль 4. Оцінка критичності об'єкта. Для важливих для безпеки програм не всі виявлення об'єктів однаково важливі. Модуль оцінки критичності об'єкта призначає оцінку критичності кожному виявленому об'єкту на основі таких параметрів, як відстань від датчика, відносна швидкість до платформи, орієнтація об'єкта відносно шляху зіткнення. Цей механізм підрахунку гарантує, що об'єкти, які представляють вищий ризик (наприклад, ближчі та на курсі зіткнення), мають пріоритет у процесі остаточного прийняття рішення.

Модуль 5. Модуль прийняття рішень і сповіщень. Остання стадія об'єднує необроблену достовірність виявлення від спільного декодера з оцінкою критичності, щоб визначити, чи вважається об'єкт небезпечним за допомогою використання вагового коефіцієнта, що врівноважує впевненість виявлення та критичність об'єкта. У разі перевищення попередньо визначеного порогу система видає рішення про виявлення та запускає відповідні протоколи безпеки.

Забезпечення точного калібрування між датчиками є одним із найскладніших аспектів мультимодального злиття. Відмінності в полі зору, роздільній здатності та частоті дискретизації можуть призвести до неузгодженості, що знижує якість інтегрованих функцій. Хоча структура застосовує етапи попередньої обробки та синхронізації, необхідні подальші дослідження для розробки більш надійних та адаптивних методів калібрування.

Крім того, використання механізмів концентрації уваги та проміжного злиття збільшує накладні витрати на обчислення, що може стати серйозною проблемою для програм реального часу, таких як автономні транспортні засоби та промислові системи моніторингу. Оптимізація архітектури мережі та використання апаратних прискорювачів, таких як GPU або TPU, можуть допомогти зменшити ці витрати.

Також багато з поточних наборів даних, які використовуються для виявлення об'єктів у критично важливих для безпеки областях, обмежені різноманітністю та не мають комплексного мультимодального маркування. Цей дефіцит повністю анотованих мультимодальних наборів даних ускладнює повне навчання та оцінку розширених моделей синтезу. Розширення цих наборів даних для охоплення ширшого діапазону небезпечних об'єктів і несприятливих умов має важливе значення для майбутнього прогресу.

Таким чином, інтеграція візуальних і сенсорних модальностей через проміжне злиття та механізми уваги є потужним рішенням для виявлення небезпечних об'єктів у складних динамічних середовищах. Поточний підхід дає початок майбутнім дослідженням і практичним впровадженням у критично важливих для безпеки областях, зрештою сприяючи розробці автономних систем наступного покоління з підвищеною міцністю та надійністю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Arya C., Tripathi A., Singh P., Diwakar M., Sharma K., Pandey H. Object detection using deep learning: a review. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1854, №1. P. 012012. DOI: 10.1088/1742-6596/1854/1/012012.
2. Zhao F., Zhang C., Geng B. Deep Multimodal Data Fusion. *ACM Comput. Surv.* 2024. Vol. 56, №9. Article 216. P. 1-36. DOI: 10.1145/3649447.
3. Fedorenko H., Fesenko H., Kharchenko V. Analysis of methods and development of a concept for guaranteed detection and recognition of explosive objects. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. 2022. Vol. 4, №22. P. 20-31.
4. Shchur H. Intelligent system for demining robot control in a virtual environment. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2024. Vol. 335, №3(1). P. 326-329. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-335-3-43.
5. Ahmad J., Del Bue A. mmFUSION: Multimodal Fusion for 3D Objects Detection. *arXiv preprint*. 2023. arXiv:2311.04058.

СЕКЦІЯ
«СИСТЕМИ
ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ
І КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

ПОКРАЩЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЗІ СМАРТ-ПРИСТРОЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛАСИФІКАЦІЇ ЕМОЦІЙ В ГОЛОСОВОМУ КЕРУВАННІ

Швидке зростання Інтернету речей (IoT) революціонізувало спосіб взаємодії людей із розумними пристроями. Традиційно голосове керування відігравало вирішальну роль у покращенні доступності, дозволяючи користувачам керувати системами IoT за допомогою простих голосових команд. Однак звичайні системи з голосовим керуванням не мають емоційного інтелекту [1], тобто вони реагують на команди, не розуміючи настрою чи емоційного стану мовця. Це обмеження призводить до роботизованої та неперсоналізованої взаємодії, що може знизити задоволеність користувачів.

Класифікація емоцій за допомогою мовлення пропонує новий спосіб покращити системи IoT з голосовим керуванням, зробивши їх більш адаптивними та чутливими. Алгоритми вдосконаленого машинного навчання і глибокого навчання можуть аналізувати голосові сигнали та класифікувати такі емоції, як щастя, смуток, гнів і нейтральність [2]. Інтеграція такої системи в пристрої IoT дозволяє реагувати по-різному на основі виявлених емоцій, а не слідувати жорстким структурам команд. Наприклад, розумний домашній помічник може виявити розчарування в голосі користувача та надати заспокійливу відповідь або запропонувати розслаблюючу музику. Подібним чином медичний пристрій IoT може відстежувати емоційний стан літніх користувачів і сповіщати опікунів, якщо виявлені ознаки стресу або депресії. У професійному середовищі системи IoT з урахуванням емоцій можуть покращити обслуговування клієнтів, виявляючи невдоволення в голосах клієнтів і відповідно коригуючи поведінку системи.

Розробка точної моделі класифікації емоцій вимагає аналізу різних акустичних характеристик, таких як висота звуку, енергія, частотні кепстральні коефіцієнти Mel (MFCC) [3-4] і спектральні характеристики. Ці функції допомагають моделям машинного навчання розрізняти емоції. Реалізація мереж згорткових нейронних мереж (CNN)[5-6] і довгострокової короткочасної пам'яті (LSTM)[7] значно покращила класифікацію емоцій мовлення, досягнувши високої точності.

Метою даного дослідження є розробка системи класифікації емоцій, яка може аналізувати людську мову, виявляти емоції мовлення та інтегрувати результати в пристрої IoT з голосовим керуванням. Досягнувши цих цілей, ми можемо створити систему голосового керування IoT, яка адаптується до емоцій користувачів, покращуючи персоналізацію та задоволеність користувачів. Систему можна застосовувати в розумних будинках, моніторингу охорони здоров'я, обслуговуванні клієнтів і допоміжних технологіях для людей з обмеженими можливостями.

Після запису команди користувачем повідомлення надсилається на локальний блок керування/хмару (AWS IoT). Наступний крок — зрозуміти мову та класифікувати емоції. Агент штучного інтелекту створює команду для пристрою IoT з деякими налаштуваннями на основі цих вхідних даних (відповідно до класифікованих емоцій). Загальне представлення запропонованої системи наведено на рисунку 1.

Традиційні підходи до розпізнавання емоцій на основі мовлення покладаються на ручні функції, отримані з необроблених аудіосигналів. Ці характеристики включають висоту тону, енергію, кепстральні коефіцієнти Mel-Frequency (MFCC) і спектральні властивості. Сучасні методи глибокого навчання, такі як мережі згорткових нейронних мереж (CNN) і довгострокової короткочасної пам'яті (LSTM), можуть автоматично вивчати значущі шаблони з даних мовлення. Однак класичні методи машинного навчання, такі як логістична регресія та наївний Байєс, залишаються важливими та ефективними при роботі з невеликими наборами даних.

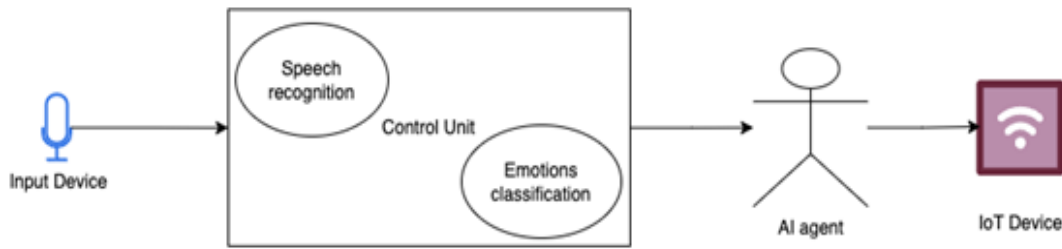


Рисунок 1 – Представлення системи інтернету речей з усвідомленням емоцій у режимі реального часу

Для дослідження було розглянуто такі методи класифікації, як логістична регресія (Logistic regression), наївний класифікатор Байєса (Naive Bayes), дерева рішень (Decision Tree), випадковий ліс (Random Forest), згорткові нейронні мережі (CNN), мережі довгострокової короткочасної пам'яті (LSTM). Тестування виконувалось на наборі даних Tess[8], наборі даних із відкритим кодом, який складається із 200 цільових слів, що були сказані у специфічній манері «Скажи роботу _» двома актрисами віком 26 і 64 років. Записи були згруповані за 7 емоціями (гнів, огида, страх, щастя, приємне здивування, смуток і нейтральні). Всі записи зберігаються у форматі WAV. Для обробки набору даних використовувався алгоритм MFCC. Кепстральні коефіцієнти Mel-Frequency (MFCC) є однією з найбільш широко використовуваних функцій для обробки мови та аудіо. Вони розроблені, щоб імітувати те, як слухова система людини сприймає звук, що робить їх дуже ефективними для розпізнавання мовлення, ідентифікації мовця та класифікації емоцій.

У даному дослідженні для порівняння різних моделей класифікації для розпізнавання мовних емоцій була застосована 5-кратна перехресна перевірка [9]. Кожну модель було навчено та протестовано на різних фрагментах набору даних, щоб гарантувати, що результати не були зміщені щодо будь-якої конкретної підмножини. Остаточна зареєстрована точність представляє середню ефективність усіх п'яти складень, що робить її більш стабільною та репрезентативною оцінкою ефективності моделі. Під час кожної ітерації модель навчається на дещо іншій підмножині даних, що допомагає гарантувати, що вона добре узагальнюється, а не підлаштовується до певної частини даних. Після завершення всіх п'яти ітерацій результати кожного згортання узагальнюються для отримання кінцевої метрики ефективності.

Результати порівняння обраних моделей наведено у таблиці 1:

Таблиця 1 – Результати класифікації для розпізнавання емоцій

Model Name	Fold 1	Fold 2	Fold 3	Fold 4	Fold 5	AVG
Logistic regression	0.9875	0.9938	0.9844	0.9979	0.9844	0.9896
Naive Bayes	0.9866	0.9902	0.9884	0.9911	0.9929	0.9898
Decision Tree	0.9792	0.9896	0.9813	0.9792	0.9751	0.9809
Random Forest	0.9958	1	0.9979	1	0.9938	0.9975
CNN	0.9982	0.9991	1	0.9982	1	0.9991
LSTM	0.9866	0.9902	0.9884	0.9911	0.9929	0.9898

Таблиця містить значення точності для кожного фрагменту та середню точність для всіх п'яти фрагментів, що дає уявлення про послідовність та ефективність кожного підходу.

Результати показують, що моделі глибокого навчання, зокрема CNN і LSTM, досягли найвищої точності класифікації. Модель CNN продемонструвала майже ідеальну продуктивність із середньою точністю 0,9991, що свідчить про її сильну здатність витягувати

значущі шаблони з функцій мовлення. Подібним чином, LSTM, розроблений для послідовних даних, показав конкурентоспроможність із середньою точністю 0,9888.

Серед традиційних моделей машинного навчання Logistic Regression і Naive Bayes продемонстрували схожу продуктивність із середньою точністю 0,9896 і 0,9889 відповідно. Ці результати свідчать про те, що навіть прості класифікатори можуть досягти високої точності, коли навчаються на добре оброблених функціях мовлення. Модель «Дерево рішень» мала найнижчу точність – 0,9809, що підкреслює її тенденцію до надмірного пристосування та непослідовної роботи в різних складках. Random Forest, ансамбль дерев рішень, покращив цей результат з середньою точністю 0,9975, демонструючи свою здатність краще узагальнювати.

Хоча обрані моделі досягли високої точності, кілька областей потребують подальших досліджень і розробок. Розширення набору даних більш різноманітними емоційними виразами та ораторами покращило б узагальнення та надійність моделі. Іншим перспективним напрямком є оптимізація архітектур глибокого навчання шляхом застосування гібридних підходів, таких як поєднання CNN і LSTM або включення механізмів уваги для покращення моделювання послідовності.

Основною проблемою залишається впровадження моделей глибокого навчання в додатки IoT у режимі реального часу, оскільки вони потребують значних обчислювальних ресурсів. Проте, передача знань із попередньо підготовлених моделей мовлення може підвищити точність класифікації, одночасно зменшуючи потребу у великих наборах даних з мітками. Крім того, шум навколишнього середовища та мінливість динаміків створюють значні проблеми в реальних додатках. Подальші дослідження повинні бути зосереджені на розробці стійких до шуму моделей з використанням методів адаптації домену та методів розширення даних. Вивчення мультимодальних підходів, які об'єднують вираз обличчя, фізіологічні сигнали або контекстну інформацію, може ще більше підвищити точність систем розпізнавання емоцій.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ezzameli K., Mahersia H. Emotion recognition from unimodal to multimodal analysis: A review. *Information Fusion*. 2023. Vol. 101. P. 101847. DOI: 10.1016/j.inffus.2023.101847.
2. Jain S., Basu S., Ray A., Das R. Impact of irritation and negative emotions on the performance of voice assistants: Netting dissatisfied customers' perspectives. *International Journal of Information Management*. 2023. Vol. 68. P. 102662. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2023.102662.
3. Abdul Z. Kh., Al-Talabani A. K. Mel frequency cepstral coefficient and its applications: A review. *IEEE Access*. 2022. Vol. 10. P. 122136-122158. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3223444.
4. Dwivedi D., Ganguly A., Haragopal V. V. Contrast between simple and complex classification algorithms. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2023. Vol. 155. P. 123-135. DOI: 10.1016/B978-0-323-91776-6.00016-6.
5. IBM. Convolutional Neural Networks. *IBM Think*. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/convolutional-neural-networks> (дата звернення: 27.03.2025).
6. Sung W.-T., Kang H.-W., Hsiao S.-J. Speech recognition via CTC-CNN model. *Computers, Materials & Continua*. 2023. Vol. 70, №2. P. 1941-1954. DOI: 10.32604/cmc.2023.040024.
7. Senthilkumar N., Karpakam S., Gayathri Devi M., Balakumaresan R., Dhilipkumar P. Speech emotion recognition based on Bi-directional LSTM architecture and deep belief networks. *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 43. P. 2135-2140. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.12.246.
8. Lok E. J. Toronto Emotional Speech Set (TESS). *Kaggle*. 2017. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/ejlok1/toronto-emotional-speech-set-tess> (дата звернення: 27.03.2025).
9. Spangler W. D., Gupta A., Kim D. H., Nazarian S. Developing and validating historiometric measures of leader individual differences by computerized content analysis of documents. *The Leadership Quarterly*. 2013. Vol. 24, №1. P. 5-18. DOI: 10.1016/j.leaqua.2012.11.002.

СЕКЦІЯ
«НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ
ТА В ГАЛУЗІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ»

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK

Сучасний досвід демонструє, що застосування сонячних систем для забезпечення потреб гарячого водопостачання, опалення, підігріву води у басейнах, дозволяє заощадити від 30% до 60% традиційних енергоресурсів. Ефективна робота таких систем може бути забезпечена за умови обґрунтованого підходу щодо вибору схемного рішення, параметрів складових системи, як-то сонячного колектору, ємнісного накопичувача, теплообмінника, насоса, дублюючого джерела енергії, системи керування. Оптимізацію параметрів системи сонячного гарячого водопостачання доцільно проводити на основі імітації її роботи в різних режимах, обумовлених добовою і сезонною зміною природніх умов, навантаження гарячого водопостачання, тощо, використовуючи засоби моделювання.

Одним із сучасних програмних продуктів для імітаційного моделювання роботи складних технічних систем, в тому числі, й енергетичних, є MATLAB/Simulink, який дозволяє будувати моделі таких систем у вигляді блочної структури, в якій певний компонент системи моделюється за допомогою блоку, що містить формулювання основних рівнянь, які описують фізичні процеси, характерні для цього компоненту [1].

Метою даної роботи є розробка імітаційної блочної моделі системи сонячного гарячого водопостачання з електричним дублером в програмному середовищі MATLAB/Simulink.

Для моделювання системи сонячного гарячого водопостачання обрано триконтурну схему, яка складається з геліоконтур, контуру швидкісного теплообмінника та контуру ємнісного водонагрівача (рис. 1). Дану схему застосовують при доповненні традиційної системи гарячого водопостачання сонячним підігрівачем, що працює цілорічно.

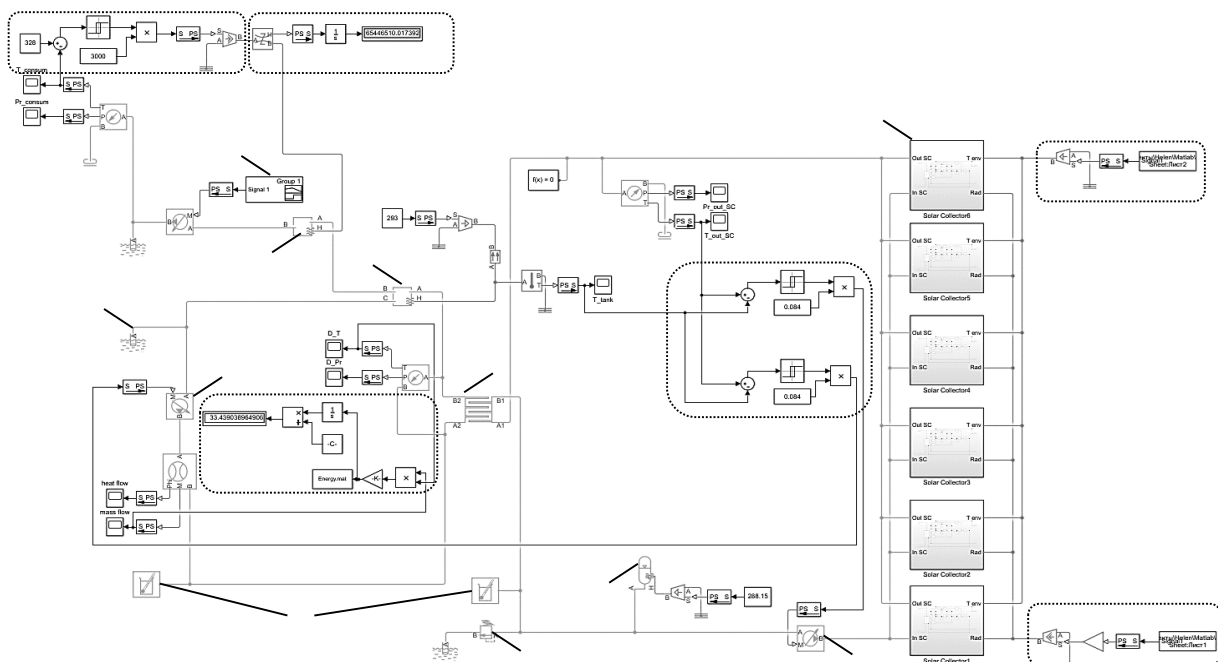


Рисунок 1 – Блочна модель системи сонячного гарячого водопостачання

Геліоконтур системи складається з 6 паралельно підключених за потоком теплоносія плоских сонячних колекторів 1, теплообмінника 2 та розташованих на зворотному трубопроводі запобіжного клапану 3, розширювального мембранного баку 4 та циркуляційного насоса 5.

Теплова модель плаского сонячного колектора 1 враховує потоки тепла від надходження сонячної радіації на поверхні прозорого покриття та абсорбера, теплообмін між конструктивними елементами колектора, теплові втрати в оточуюче середовище, відведення корисної енергії від сонячного колектора потоком рідини.

В контурі швидкісного теплообмінника циркуляцію теплоносія між ємнісним водонагрівачем попереднього нагріву 6 та теплообмінником 2 забезпечує насос 7. Підживлення ємнісного водонагрівача холодною водою для компенсації водорозбору реалізовано через блок «резервуар» 8.

Попередньо підігрітий за рахунок сонячної радіації теплоносієм надходить до ємнісного водонагрівача 9, де, за необхідності, здійснюється його догрівання до температури 55°C дублюючим джерелом енергії (електронагрівачем) 10.

Вид теплоносія в контурах задається блоками 11. У системах, що працюють цілорічно, для запобігання замерзання теплоносія в геліоконтурі використовують суміш води й антифризу [2]. В Європі найчастіше застосовують суміш води з пропіленгліколем концентрацією близько 40 % об.

Автоматичне керування роботою циркуляційних насосів здійснюється за допомогою групи блоків 12, що забезпечують включення насосів з встановленою витратою теплоносія та їх вимикання при досягненні заданих значень різниці температур включення ΔT_{ON} та відключення ΔT_{OFF} , які визначаються за допомогою датчиків температур, встановлених в ємнісному водонагрівачі попереднього нагріву 6 та на виході з сонячних колекторів 1.

Додатково впроваджено схеми вимірювачів теплової енергії, як виробленої за рахунок сонячної радіації 13, так і спожитої дублюючим джерелом енергії з електричної мережі 14 на підтримання температури води в ємнісному нагрівачі.

Параметри оточуючого середовища задаються блоком температури 15 та блоком сонячної радіації 16, що описують погодинні зміни погодних умов протягом характерної доби місяця. Графік споживання гарячої води задається блоком 17.

Апробація побудованої моделі здійснювалась на прикладі системи, геліополе якої складається з чотирьох паралельно з'єднаних пласких сонячних колекторів. В якості вхідних використовувались дані для характерного дня липня в кліматичних умовах м. Херсон [3]. Результати імітаційного моделювання порівнювались з розрахунком, проведеним на основі складання рівнянь енергетичного балансу системи [4]. Визначались, зокрема, такі енергетичні параметри системи сонячного гарячого водопостачання, як теплопродуктивність системи Q_{Sis} , фактор заміщення f та ефективність η (табл. 1).

Таблиця 1 – Енергетичні параметри системи сонячного гарячого водопостачання

Метод визначення	Q_{Sis} , кВт·год	f , %	η , %
- імітаційне моделювання	25,66	85,0	59,2
- енергетичний баланс	27,09	89,8	62,5

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що розбіжність між значеннями енергетичних параметрів, отриманих на основі імітаційного моделювання, та результатами розрахунку за рівняннями енергетичного балансу не перевищує 5%, що вказує на коректність запропонованої імітаційної моделі системи сонячного гарячого водопостачання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Simulink MathWorks. URL: <https://www.mathworks.com/products/> (дата звернення: 24.01.2025).
2. ДСТУ – Н Б В.2.5-43:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення. [Чинний від 01-09-2010]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 45 с.
3. POWER. Data Access Viewer. URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (дата звернення: 24.10.2024).
4. Kalogirou S.A. Solar energy engineering. Processes and systems. Elsevier Inc., 2009. 760 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374501-9.X0001-5>.

БАГАТОКАНАЛЬНИЙ ЦИКЛІЧНИЙ ПРОГРАМОВАНИЙ ТАЙМЕР ДЛЯ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ОПАЛЕННЯ

У сучасному світі енергоефективні технології набувають все більшого значення, особливо коли йдеться про системи опалення приміщень. Одним із ключових компонентів таких систем є пристрої автоматичного керування, серед яких особливо виділяються багатоканальні циклічні програмовані таймери.

Такі таймери являють собою спеціалізовані електронні пристрої, що дозволяють встановлювати точні часові інтервали роботи різних елементів системи опалення через декілька незалежних каналів керування. Вони дають можливість задавати складні алгоритми циклічного функціонування опалювальної системи, оптимізуючи її роботу відповідно до потреб користувача та особливостей приміщення.

На відміну від простих термостатів, багатоканальні програмовані таймери забезпечують більш гнучке налаштування параметрів мікроклімату в різних зонах будівлі. Завдяки наявності декількох незалежних каналів керування, можна встановлювати різні режими роботи для окремих контурів опалення, враховуючи специфіку кожного приміщення: функціональне призначення, режим використання, бажаний температурний режим тощо.

Сучасні моделі таких пристроїв обладнані мікроконтролерами, що дозволяють реалізовувати складні алгоритми керування з урахуванням багатьох факторів: часу, зовнішньої температури, присутності людей у приміщенні тощо. Це дозволяє значно підвищити енергоефективність системи опалення, забезпечуючи комфортні умови при мінімальних енерговитратах.

Застосування багатоканальних циклічних програмованих таймерів є перспективним напрямком розвитку автоматизованих систем опалення, оскільки вони забезпечують точне дотримання заданих температурних режимів, значну економію енергоресурсів та підвищення загального комфорту користувачів.

Прикладом пристрою такого типу є двоканальний цифровий таймер реального часу ELHART ETC1, загальний вигляд якого представлений на рисунку 1

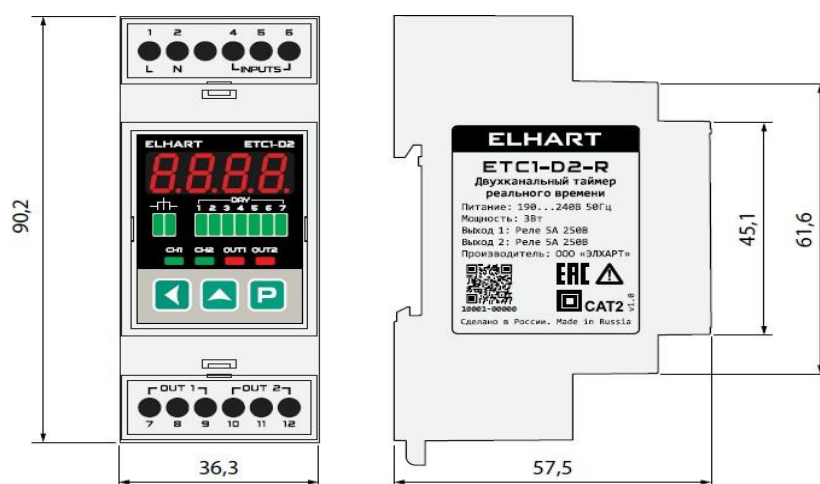


Рисунок 1 – Таймер ELHART ETC1

Таймер ETC1 належить до категорії астрономічних таймерів (астротаймерів), які автоматично обчислюють час сходу та заходу сонця відповідно до поточної календарної дати, географічної широти, довготи та часового поясу місця встановлення. Астротаймер ETC1

оснащений двома виходами, які можуть працювати незалежно один від одного або синхронно під керуванням одного логічного блоку. Синхронна робота виходів дозволяє здійснювати керування кількома пристроями з різними напругами живлення. Для ручного керування (вмикання/вимикання) передбачено два дискретні входи, що підтримують сигнали типу «сухий контакт», а також NPN та PNP. Серед недоліків таймера ETC1 варто зазначити обмежену кількість каналів керування, яка дозволяє використовувати його лише для управління одним теплогенератором або котлом у системі гарячого водопостачання. У зв'язку з цим на ринку представлені пристрої з більшою кількістю каналів. Одним із прикладів є багатоканальне тижневе програмоване реле реального часу НППРВ (рис. 2).



Рисунок 2 – НППРВ

Реле часу НППРВ може застосовуватись для керування роботою різноманітних електричних пристроїв.

Важливою перевагою таких пристроїв є можливість реалізації більшої кількості незалежних каналів керування. Це робить їх оптимальним рішенням для застосування в умовах промислового виробництва або складних побутових систем опалення, де виникає потреба в одночасному та незалежному управлінні численними одиницями обладнання.

У контексті розробки багатоканального циклічного програмованого таймера, впровадження елементів IoT у майбутньому відкриває перспективи не лише оперативного реагування на температурні зміни, але й їхнього прогнозування. Застосування аналітичних інструментів та алгоритмів машинного навчання дозволить системам опалення самостійно оптимізувати графіки роботи на основі аналізу поведінки користувачів та метеорологічних даних. Це сприятиме подальшому підвищенню енергоефективності та забезпеченню оптимального рівня комфорту. Таким чином, інтеграція розробленого таймера в ширшу екосистему IoT для керування опаленням є не просто технологічним трендом, а закономірним етапом на шляху до більш раціонального використання енергетичних ресурсів та формування екологічно відповідального майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Крикус Д. В., Овчинников К. В. Розробка багатоканального циклічного програмованого таймера для автоматизованого керування опалювальною системою.
2. Теплогенератор. Стаття з Вікіпедії – вільної енциклопедії. 2015.
3. MYCOND Limited. 2019. URL: <https://mycond-heatpump.com.ua/naybilsh-efektyvne-ta-ekonomichne-opalennya-pryvatnogo-budynku>
4. Твердопаливні котли: сталеві та чавунні – як обрати раціонально. 2014. С. 3-6
5. Nextion HMI Solution. 2022.
6. Петренко О. В. Інтелектуальні системи автоматичного керування опаленням із використанням технологій Інтернету речей (IoT). *Вісник технічних наук України*. 2021. № 12(2). С. 38–52.

ПОРІВНЯННЯ ВИРОБЛЕННЯ ЕНЕРГІЇ ФАСАДНИМИ ТА ДАХОВИМИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

За оцінками фахівців з Інституту відновлюваної енергії НАН України освоєння сонячного енергетичного потенціалу Херсонщини дозволить щороку виробляти до 4696 млн. кВт·год електричної енергії [1]. Станом на кінець 2020 року на території Херсонщини діяло близько 50 сонячних електростанцій загальною встановленою потужністю понад 400 МВт [2], що становить лише 10% від теоретичного значення, яке загалом оцінюється в 3913 МВт.

Втім, річний обсяг виробленої енергії може бути збільшений не лише за рахунок встановлення нових фотоелектричних станцій, в яких реалізується традиційний підхід з даховим або наземним розташуванням модулів, але й шляхом залучення до генерації вертикальних фасадів будівель, що є особливо перспективним в умовах міської багатоповерхової забудови, коли площа фасаду будівлі, де можуть бути розміщені модулі, значно перевищує площу даху, у зв'язку з чим фасадна фотоелектрична станція потенційно здатна забезпечити більшу генерацію електричної енергії, ніж дахова. Однак, на даний час в Україні реалізовано лише поодинокі приклади фасадних фотоелектричних станцій і перевага все ще надається класичним системам з даховим похилим розташуванням модулів, що мають більш сприятливі умови щодо сонячної інсоляції.

Метою даної роботи є проведення порівняльного аналізу питомого вироблення енергії фасадними та даховими фотоелектричними системами в кліматичних умовах Херсонської області.

Розрахунок надходження сонячної радіації до фотоелектричного модуля із заданою просторовою орієнтацією приймальної поверхні виконувався за методикою [3] у відповідності до виразу:

$$H_T = H_b R_b + H_d \frac{1 + \cos\beta}{2} + (H_b + H_d) \rho \frac{1 - \cos\beta}{2}. \quad (1)$$

В формулі (1) уведено наступні позначення: H_d і H_b – відповідно розсіяна і пряма сонячна радіація, що надходять на горизонтальну поверхню; ρ – альbedo підстилаючої поверхні; β – кут нахилу приймача відносно горизонтальної поверхні; R_b – поправочний коефіцієнт для прямої радіації. Коефіцієнт R_b в формулі (1) враховує поправку щодо надходження прямої сонячної радіації до поверхні довільно орієнтованого приймача порівняно з горизонтальною поверхнею і визначається, окрім нахилу приймача β , схиленням Сонця δ , широтою місцевості φ , годинним кутом ω та азимутом приймальної поверхні θ_n :

$$R_b = \{ \cos\delta (\sin\beta \sin\varphi \cos\theta_n \cos\omega + \sin\beta \sin\theta_n \sin\omega) - \\ - \sin\beta \sin\delta \cos\varphi \cos\theta_n + \cos\beta \cos\delta \cos\varphi \cos\omega + \\ + \cos\beta \sin\delta \sin\varphi \} / \{ \cos\varphi \cos\delta \cos\omega + \sin\varphi \sin\delta \}. \quad (2)$$

При розрахунку H_T за формулою (1) в якості вхідних використовувались дані щодо надходження сумарної та дифузної сонячної радіації на горизонтальну поверхню, а також значення альbedo підстилаючої поверхні для кліматичних умов м. Херсон [4]. Розрахунок проводився для характерного дня кожного місяця в діапазоні азимутальних кутів від 0 (південна орієнтація) до 90° (поверхня, орієнтована на схід або захід). Аналіз результатів цього розрахунку показав, що при азимутальних кутах в діапазоні від 0 до 30° річне надходження

сонячної радіації до вертикальної поверхні залишається майже сталим і при азимуті 30° зменшується лише на 1% відносно поверхні з південною орієнтацією. Отже, відхилення поверхні фасаду від південного напрямку на кути $\pm 30^\circ$ не призводять до суттєвого зменшення у надходженні сонячної радіації і є цілком припустимим.

Проведено оцінку питомого вироблення електричної енергії фасадною фотоелектричною системою в залежності від орієнтації фасаду будівлі відносно сторін світу. Встановлено, що станція зі спеціалізованими модулями номінальною потужністю 180 Вт, розташованими на південному фасаді будівлі, в кліматичних умовах Херсонщини здатна забезпечити річне вироблення електричної енергії загальним обсягом близько $108 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$, в той час як у випадку розміщення модулів на східному або західному фасадах – близько $84 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$, що лише на 22% менше у порівнянні з південним (табл. 1). Це свідчить про доцільність розміщення фотоелектричних модулів не лише на південних, але й на східних та західних фасадах будівель.

Таблиця 1 – Питоме вироблення енергії фотоелектричними системами, $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$

Система	Місяць												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Фасадна (південь)	7,08	8,82	9,89	10,52	10,30	7,97	8,61	9,60	11,64	10,62	6,56	6,19	107,8
Фасадна (схід, захід)	3,04	4,77	6,33	9,17	11,66	9,80	10,35	9,23	8,65	5,67	2,78	2,44	83,9
Дахова (південь, $\beta = 35^\circ$)	7,22	9,87	13,02	16,62	18,78	15,24	16,24	16,06	16,14	12,49	6,99	6,28	154,9

Оцінка питомого вироблення енергії для аналогічної за складом дахової фотоелектричної станції, що має орієнтовані на південь модулі, нахилені під кутом 35° до горизонту і, відповідно, кращі умови сонячної інсоляції протягом року, показав, що така станція здатна генерувати близько $155 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ за рік (табл. 1). Цей показник приблизно в 1,4 рази вищий у порівнянні з питомим виробленням фасадної станції з модулями, орієнтованими на південь, та в 1,8 разів перевищує вироблення енергії для модулів, розміщених на східному або західному фасаді. Втім, враховуючи, що в багатоповерхових будинках площа фасаду є суттєво більшою за площу даху, внесок фасадних модулів у загальну генерацію фотоелектричної системи може бути значно більшим за той, що забезпечується модулями, розташованими на даху будівлі.

Аналіз отриманих результатів показує, що незважаючи на кращі енергетичні показники дахових сонячних електростанцій, фасадні фотоелектричні системи потенційно здатні забезпечити суттєвий внесок у генерацію електричної енергії у випадку їх інтеграції в конструкції багатоповерхових будівель.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. За заг. ред. С.О. Кудрі. К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с.
2. Відновлювана енергетика на Херсонщині розвивається шаленими темпами. Херсонська обласна державна адміністрація. URL: <https://khoda.gov.ua/v%D1%96dnovljuvana-energetika-na-hersonshhin%D1%96-rozviva%D1%94tsja-shalenimi-tempami/> (дата звернення: 24.10.24).
3. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013. 910 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118671603>.
4. POWER. Data Access Viewer. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources. URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (дата звернення 12.02.24).

СЕКЦІЯ
«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
І БЕЗПЕКИ В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ»

АНАЛІЗ ПОТУЖНОСТІ СУДНОВОЇ АВАРІЙНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ CODESYS

Суднові аварійні електростанції є критично важливими для безпеки суден, екіпажу та вантажу [1]. Метою роботи є аналіз їх потужності з використанням платформи автоматизації CODESYS, що дозволяє покращити управління та ефективність роботи цих систем [2].

Платформа автоматизації CODESYS є сучасним інструментом для розробки систем автоматизації в різних сферах, зокрема в морському транспорті.

Для отримання точних результатів у процесі роботи застосовувався табличний метод та мова програмування ST (Structured Text), реалізована в середовищі CODESYS. Ця мова дозволяє виконувати математичні розрахунки та використовувати складні формули. На першому етапі вихідні дані з таблиці (табл. 1) вводяться в CODESYS. Кожен параметр електрообладнання має власний короткий ідентифікатор, наприклад: Pnv1 – Радіоустаткування, Pnv2 – Електронавігаційні прилади, Pnv3 – Засоби зв'язку, сигналізації (рис. 1 а,б,в).

Таблиця 1 – Номінальних параметрів споживачів електроенергії і їх кількості

№ з/п	Найменування	Кількість, шт	Потужність Р, кВт
1	Рульовий пристрій	2	28
2	Сепаратори палива, мастила	3	5
3	Якірно швартовні пристрої: а) брашпиль б) шпиль	1 2	52 26
4	Вентилятори машинного відділення	6	11,2
5	Вентилятори загальносуднові	10	4,5
6	Вентилятори трюмів	10	2,3
7	Лебідки вантажні	12	31,0
8	Рефрижератори провізійні	3	5,3
9	Лебідки шлюпочні	2	7,5
10	Системи кондиціювання: а) компресори б) насоси в) вентилятори г) нагрівальні пристрої	3 2 4	13,5 4,8 4,2 20,0
11	Насоси охолоджуючої води допоміжних дизель-генераторів	2	5,8
12	Насоси охолоджуючої води головного двигуна	2	25,5
13	Насоси масляні головного двигуна	3	15
14	Насоси масляні допоміжних дизель-генераторів	3	6,0
15	Насоси постачальні котлів	1	11,0
16	Камбуз: а) плити б) мотори	1 1	22,0 0,8
17	Насоси циркуляційні котлів	1	5,4
18	Насоси паливоперекачувальні	2	3,7
19	Насоси пожежні	2	34

Продовження таблиці 1

№ з/п	Найменування	Кількість, шт	Потужність Р, кВт
20	Освітлення: а) лампи розжарювання б) люмінесцентні лампи		40,0 20,0
21	Насоси баластно-осушувальні	2	14,0
22	Насоси опріснювальної води	2	5,5
23	Насоси побутових систем	4	5,6
24	Прожектори	4	1,0
25	Компресори головної силової установки: а) головний б) підкачувальний	3 1	48 10
26	Радіообладнання	1	5,5
27	Валоповертальний устрій	1	9,4
28	Майстерні	4	1,5
29	Електронавігаційні прилади	1	1,5
30	Інше моторне навантаження		190

```

PLC_PRG x
1  PROGRAM PLC_PRG
2  VAR
3      Pnv1: LREAL := 5500;
4      Pnv2: LREAL := 1500;
5      Pnv3: LREAL := 1500;
6      Pnv4: LREAL := 28000;
7      Pnv5: LREAL := 34000;
8      Pnv6: LREAL := 14000;
9      Pnv7: LREAL := 60000;
10     Pnv8: LREAL := 1000;
11     Efficiency1: LREAL := 0.7;
12     Efficiency2: LREAL := 0.7;
13     Efficiency3: LREAL := 0.8;
14     Efficiency4: LREAL := 0.7;
15     Efficiency5: LREAL := 0.85;
16     Efficiency6: LREAL := 0.85;
17     Efficiency7: LREAL := 1;
18     Efficiency8: LREAL := 1;
19     Pnp1: LREAL;
20     Pnp2: LREAL;
21     Pnp3: LREAL;
22     Pnp4: LREAL;
23     Pnp5: LREAL;
24     Pnp6: LREAL;
25     Pnp7: LREAL;
26     Pnp8: LREAL;
27     Pfp1: LREAL := 3850;
28     Pfp2: LREAL := 1050;
29     Pfp3: LREAL := 1200;
30     Pfp4: LREAL := 19600;
31     Pfp5: LREAL := 28900;
32     Pfp6: LREAL := 11900;
33     Pfp7: LREAL := 60000;
34     Pfp8: LREAL := 1000;

```

Рисунок 1а – Запис вихідних даних у CODESYS

```

PLC_PRG x
35  Kz1: LREAL;
36  Kz2: LREAL;
37  Kz3: LREAL;
38  Kz4: LREAL;
39  Kz5: LREAL;
40  Kz6: LREAL;
41  Kz7: LREAL;
42  Kz8: LREAL;
43  m1: LREAL := 1;
44  m2: LREAL := 1;
45  m3: LREAL := 1;
46  m4: LREAL := 1;
47  m5: LREAL := 1;
48  m6: LREAL := 1;
49  m7: LREAL := 0.2;
50  m8: LREAL := 1;
51  P1: LREAL;
52  P2: LREAL;
53  P3: LREAL;
54  P4: LREAL;
55  P5: LREAL;
56  P6: LREAL;
57  P7: LREAL;
58  P8: LREAL;
59  COSfi1: LREAL := 0.7;
60  COSfi2: LREAL := 0.7;
61  COSfi3: LREAL := 0.8;
62  COSfi4: LREAL := 0.7;
63  COSfi5: LREAL := 0.85;
64  COSfi6: LREAL := 0.85;
65  COSfi7: LREAL := 1;
66  COSfi8: LREAL := 1;
67  TGfi1: LREAL;
68  TGfi2: LREAL;

```

Рисунок 1б – Запис вихідних даних у CODESYS

```

68      TGfi2: LREAL;
69      TGfi3: LREAL;
70      TGfi4: LREAL;
71      TGfi5: LREAL;
72      TGfi6: LREAL;
73      TGfi7: LREAL;
74      TGfi8: LREAL;
75      Q1: LREAL;
76      Q2: LREAL;
77      Q3: LREAL;
78      Q4: LREAL;
79      Q5: LREAL;
80      Q6: LREAL;
81      Q7: LREAL;
82      Q8: LREAL;
83      Psum: LREAL;
84      Qsum: LREAL;
85      Pp: LREAL;
86      kp: LREAL := 1.03;
87      Qp: LREAL;
88      Sp: LREAL;
89      COSfisv: LREAL;
90      END_VAR

```

Рисунок 1в – Запис вихідних даних у CODESYS

Другий етап – перенесення математичних моделей розрахунків на платформу CODESYS (рис. 2).

<pre> 1 Pnp1 := Pnv1/Efficiency1; 2 Pnp2 := Pnv2/Efficiency2; 3 Pnp3 := Pnv3/Efficiency3; 4 Pnp4 := Pnv4/Efficiency4; 5 Pnp5 := Pnv5/Efficiency5; 6 Pnp6 := Pnv6/Efficiency6; 7 Pnp7 := Pnv7/Efficiency7; 8 Pnp8 := Pnv8/Efficiency8; 9 Kz1 := Pfp1/Pnp1; 10 Kz2 := Pfp2/Pnp2; 11 Kz3 := Pfp3/Pnp3; 12 Kz4 := Pfp4/Pnp4; 13 Kz5 := Pfp5/Pnp5; 14 Kz6 := Pfp6/Pnp6; 15 Kz7 := Pfp7/Pnp7; 16 Kz8 := Pfp8/Pnp8; 17 P1 := Pnp1*kz1*m1; 18 P2 := Pnp2*kz2*m2; 19 P3 := Pnp3*kz3*m3; 20 P4 := Pnp4*kz4*m4; 21 P5 := Pnp5*kz5*m5; 22 P6 := Pnp6*kz6*m6; 23 P7 := Pnp7*kz7*m7; 24 P8 := Pnp8*kz8*m8; </pre>	<pre> 25 TGfi1 := SQRT(1-EXPT(COSfi1,2))/COSfi1; 26 TGfi2 := SQRT(1-EXPT(COSfi2,2))/COSfi2; 27 TGfi3 := SQRT(1-EXPT(COSfi3,2))/COSfi3; 28 TGfi4 := SQRT(1-EXPT(COSfi4,2))/COSfi4; 29 TGfi5 := SQRT(1-EXPT(COSfi5,2))/COSfi5; 30 TGfi6 := SQRT(1-EXPT(COSfi6,2))/COSfi6; 31 TGfi7 := SQRT(1-EXPT(COSfi7,2))/COSfi7; 32 TGfi8 := SQRT(1-EXPT(COSfi8,2))/COSfi8; 33 Q1 := P1*TGfi1; 34 Q2 := P2*TGfi2; 35 Q3 := P3*TGfi3; 36 Q4 := P4*TGfi4; 37 Q5 := P5*TGfi5; 38 Q6 := P6*TGfi6; 39 Q7 := P7*TGfi7; 40 Q8 := P8*TGfi8; 41 Psum := P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8; 42 Qsum := Q1+Q2+Q3+Q4+Q5+Q6+Q7+Q8; 43 Pp := kp*Psum; 44 Qp := Qsum; 45 Sp := SQRT(EXPT(Pp,2)+EXPT(Qp,2)); 46 COSfisv := Pp/Sp; </pre>
--	--

Рисунок 2 – Створення та внесення формул у CODESYS

Для розрахунку потужності аварійного генератора заповнюють таблицю (табл. 2) Після внесення даних і формул у середовище CODESYS розпочинається процес розрахунків для отримання необхідних результатів. У ході виконання створеного проєкту було визначено значення загальної потужності аварійної електростанції судна.

Таблиця 2 – Приклад кінцевих розрахунків

Найменування приймача електроенергії	Кількість, n, шт	Номинальна встановлена потужність, кВт	ККД приймача (η , в.о.)	Номинальна споживана потужність $P_{н.п.}$, кВт	Параметри приймача в аварійному режимі					
					Режим роботи	Коефіцієнт завант. K_z , в.о.	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	Кількість працюючих приймачів, m, шт	Споживана активна потужність, P, кВт	Споживана реактивна потужність, Q, кВАр
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Радіоустаткування	1	5,5	0,7	3,85	БР	0,8	0,7	1	3,9	3,927
Електронавігаційні прилади	1	1,5	0,7	1,05	БР	0,8	0,7	1	1,1	1,071
Засоби зв'язку, сигналізації	1	1,5	0,8	1,2	БР	0,8	0,8	1	1,2	0,899
Рульовий пристрій	2	28	0,7	19,6	БР	0,5	0,7	1	19,6	19,99
Аварійний пожежний насос	2	34	0,85	28,9	БР	0,9	0,85	1	28,9	17,91
Насос баластноосушувальни	2	14	0,85	11,9	БР	0,9	0,85	1	11,9	7,374
Освітлення	-	60	1	60	БР	1	1	0,2	12	0
Прожектори	4	1	1	1	БР	1	1	1	1	0
Підсумок										
Сумарна потужність приймачів									79,5	51,17
Сумарна потужність приймачів з урахуванням коефіцієнта одночасності $K_o = 1,0$									79,5	51,17
Сумарна потужність приймачів з урахуванням коефіцієнта втрат $K_{п} = 1,03$									81,885	52,71
Повна розрахункова потужність, кВА									134,59	
Середньозважений $\cos \varphi$									0.8479	
Кількість і потужність аварійних генераторів									161,51	

Генераторні агрегати підбираються з урахуванням енергетичного балансу та резерву потужності не менше 20% для можливості модернізації судна. В нашому випадку ми можемо обрати морський генератор Onan від Cummins з потужністю до 195 кВт, які підходять для аварійного електропостачання на судах.

Проаналізовано потужність аварійної електростанції судна за допомогою CODESYS. Розроблена модель дозволяє визначати необхідну сумарну потужність генераторів. Отримані результати сприяють підвищенню ефективності станції, а подальший розвиток може включати автоматичне регулювання навантаження та розширення функціоналу моніторингу.

ЛІТЕРАТУРА:

- Голіков С.П. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. Частина 1. Суднові електричні станції. Голіков С.П., Чорний С.Г., Жук Д.О., Івановський М.В.: Навч. пос. К.: Кондор-Видавництво, 2013. 198 с.
- Поливода В.В., Поливода О.В. Проєктування систем автоматизації на платформі CODESYS: навч. посіб. Херсон : ХДМА, 2023. 248 с. ISBN 978-966-2245-78-3

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ЄМНОСТІ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

У сучасних суднових електроенергетичних системах (СЕЕС) акумуляторні батареї відіграють важливу роль у забезпеченні безперебійного електроживлення та підвищенні надійності енергопостачання [1]. Автоматизація розрахунку параметрів акумуляторних батарей дозволяє підвищити ефективність системи, зменшити людський фактор та забезпечити оптимальну експлуатацію енергетичних ресурсів.

В умовах розвитку сучасного суднобудування та морських перевезень питання ефективного електропостачання суден набуває стратегічного значення. Одним із ключових компонентів суднової електроенергетичної системи є акумуляторні батареї, які виконують наступні функції: резервне електроживлення у разі відмови основного джерела, компенсація пікових навантажень у гібридних та автономних енергосистемах та збереження електроенергії та оптимізація паливоспоживання.

Традиційні методи розрахунку параметрів акумуляторних батарей базуються на емпіричних формулах, що не завжди враховують реальні умови експлуатації. Вони можуть бути неточними, що призводить до перевитрат або недостатнього енергопостачання суднових систем. Це особливо важливо для автономних суден, аварійно-рятувальних суден та суден із системами зменшеного шкідливого впливу на навколишнє середовище (наприклад, електричних або гібридних суден) [2].

Автоматизовані системи розрахунку акумуляторних батарей забезпечують інтеграцію математичних моделей, що враховують динамічні зміни навантаження та ефективність батарей у реальному часі, високу точність розрахунків з урахуванням різних режимів роботи судна, зниження ймовірності помилок у процесі проектування та експлуатації електроенергетичних систем судна, оптимізацію витрат на закупівлю та обслуговування акумуляторних батарей.

Таким чином, дослідження автоматизованих методів розрахунку акумуляторних батарей є актуальним завданням, яке сприятиме підвищенню ефективності суднових енергосистем, зменшенню експлуатаційних витрат та забезпеченню безпеки мореплавства.

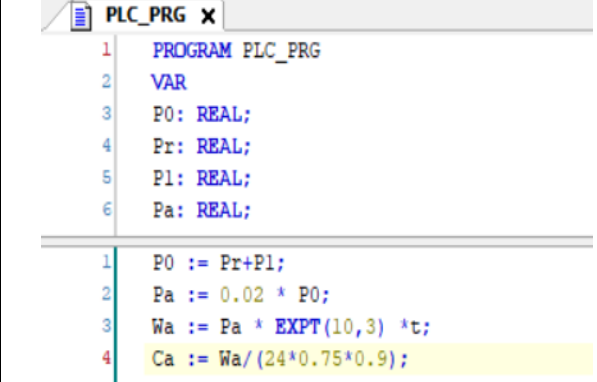
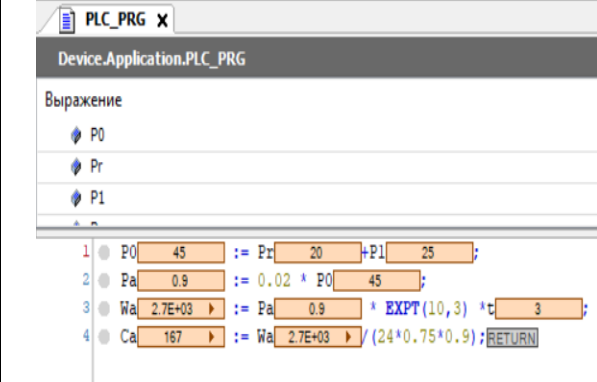
Акумуляторні батареї забезпечують резервне живлення та стабільну роботу критичних електросистем судна. Вони використовуються для компенсації пікових навантажень у гібридних та автономних суднових енергосистемах. Вибір оптимальної конфігурації батарей впливає на безпеку та ефективність суднової експлуатації.

Ручні методи розрахунку є трудомісткими та мають значну похибку через обмеженість врахування реальних умов експлуатації. Емпіричні підходи часто не враховують особливості заряду/розряду батарей у динамічних умовах. Відсутність автоматизації розрахунків призводить до перевитрат або недостатнього забезпечення електроживлення. Висока точність розрахунку необхідної ємності та кількості акумуляторних батарей приводить до мінімізації людського фактора та виключення помилок у процесі проектування, врахування динамічних змін навантаження та реальних умов експлуатації судна, а також оптимізації фінансових витрат на закупівлю та обслуговування акумуляторних батарей.

Для аналізу енергетичних потреб судна з урахуванням характеру навантажень необхідно створити автоматизований розрахунок ємності акумуляторних батарей, з врахуванням режимів заряду/розряду та прогнозування ресурсу батарей, візуалізацією даних для зручності аналізу та прийняття рішень.

Проведено розробку автоматизованої системи розрахунку ємності акумуляторних батарей суднової електроенергетичної системи (табл. 1) з використанням платформи автоматизації CODESYS [3].

Таблиця 1 – Розрахунок в CODESYS

P1: REAL; Pa: REAL; Wa: LREAL; t: REAL; Ca: REAL; END_VAR	P0 := Pr+P1; Pa := 0.02 * P0; Wa := Pa * EXPT(10,3) *t; Ca := Wa/(24*0.75*0.9);
 <pre> 1 PROGRAM PLC_PRG 2 VAR 3 P0: REAL; 4 Pr: REAL; 5 P1: REAL; 6 Pa: REAL; 7 8 P0 := Pr+P1; 9 Pa := 0.02 * P0; 10 Wa := Pa * EXPT(10,3) *t; 11 Ca := Wa/(24*0.75*0.9); </pre>	 <pre> 1 P0 45 := Pr 20 + P1 25 ; 2 Pa 0.9 := 0.02 * P0 45 ; 3 Wa 2.7E+03 := Pa 0.9 * EXPT(10,3) *t 3 ; 4 Ca 167 := Wa 2.7E+03 / (24*0.75*0.9); RETURN </pre>

Проектування суден із підвищеною енергоефективністю сприяє оптимізації витрат на експлуатацію та технічне обслуговування акумуляторних батарей та їх використання у суднах із гібридними або повністю електричними силовими установками та застосовуються у військових, науково-дослідних та аварійно-рятувальних суднах.

Зниження витрат на енергозабезпечення суден передбачає підвищення надійності суднових енергосистем, зменшення екологічного впливу за рахунок оптимального використання енергії та створення бази для впровадження інтелектуальних суднових енергетичних систем.

Автоматизація розрахунку акумуляторних батарей забезпечує їх вибір для правильної експлуатації суднової електроенергетичної системи. Використання програмних платформ для автоматизації дозволяє створити гнучку та ефективну систему, що сприяє підвищенню безпеки та надійності суднового енергопостачання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Регістр судноплавства України. "Правила класифікації та побудови морських суден".
2. Плахтій О.В. "Автоматизовані системи електропостачання". К.: Техніка, 2019.
3. Поливода В.В., Поливода О.В. Проектування систем автоматизації на платформі CODESYS: навч. посіб. Херсон : ХДМА, 2023. 248 с. ISBN 978-966-2245-78-3

ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ГОЛОВНОЮ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУДНОПЛАВСТВА

Сучасні умови судноплавства, з постійно зростаючими вимогами до екологічної безпеки та ефективності, потребують оптимальних параметрів роботи обладнання головної енергетичної установки. Інтеграція систем керування підсистемами головного двигуна у суднові моніторингові мережі відкриває нові можливості для забезпечення стабільної роботи двигунів та їх надійної експлуатації [1]. Завдяки впровадженню інтелектуальних систем на верхньому рівні комп'ютерно-інтегрованих систем керування, стає можливим усунути людський фактор, пришвидшити процес прийняття рішень та адаптувати роботу підсистем до змінних умов, як-от якість палива або умови плавання. Інноваційні підходи дозволяють досягати високої точності моніторингу та керування, що сприяє підвищенню ресурсу обладнання та зменшенню витрат. Таким чином, інтеграція таких систем стає ключовим напрямком для підвищення загальної ефективності й безпеки судноплавства.

Ефективність сучасних систем керування підсистемами головної енергетичної установки визначається багатьма факторами, серед яких ключовими є структура системи керування та ефективність алгоритмів її функціонування. Зважаючи на це, інтеграція систем керування підсистемами головного двигуна у сучасні суднові моніторингові мережі виступає важливою науково-технічною задачею. Це дослідження має на меті глибокий аналіз та розробку практичних рекомендацій щодо інтеграції системи керування головним двигуном, спрямованих на оптимізацію його роботи, підвищення надійності та ефективності експлуатації.

До питань, що потребують особливої уваги та вирішення можна віднести наступне:

- Інтеграція різних систем судна, що належать до різних виробників, у єдину мережу потребує уніфікації стандартів і протоколів зв'язку.
- Забезпечення кібербезпеки інтегрованих систем для запобігання зовнішнім втручанням та захисту критично важливих даних.
- Адаптація систем керування до різних умов експлуатації, таких як якість палива, кліматичні умови та маршрути судноплавства.
- Висока вартість впровадження інтелектуальних систем, що ускладнює їх застосування для невеликих судноплавних компаній.

Метою даного дослідження є розробка рекомендацій щодо інтеграції систем керування підсистемами головного двигуна у сучасні суднові моніторингові мережі, спрямованих на забезпечення екологічної та технічної ефективності, підвищення надійності обладнання та оптимізацію його роботи.

Розглянемо аспекти автоматизації процесів керування судновою енергетичною установкою та інтеграцію в загальносуднові моніторингові системи з метою зниження впливу людського фактору, адаптації систем до змінних умов експлуатації, таких як якість палива чи кліматичні особливості маршруту.

Уніфікація стандартів і протоколів зв'язку вимагає застосування єдиних міжнародних стандартів, таких як ISO чи ІЕС, для автоматизованих морських систем. Це забезпечить сумісність між системами різних виробників та сприятиме безперервному обміну інформацією.

Для адаптації систем до потреб конкретного судна, а також для спрощення інтеграції підсистем і зниження витрат на модернізацію, доцільним є застосування модульного підходу. Зокрема, впровадження комп'ютерно-інтегрованих систем, таких як Kongsberg Ship@Web [2], може стати ефективною базою для інтеграції. Ця система забезпечує доступ до даних із різних підсистем, їх організацію та зберігання, а також зручне відображення даних, зокрема через

веб-технології, що значно підвищує доступність та прозорість інформації. Додатково, використання історичних даних, таких як тренди та звіти, сприяє оптимізації роботи суднових підсистем, полегшує прийняття обґрунтованих рішень та забезпечує стабільність експлуатації обладнання.

При цьому операторам суден важливо мати ґрунтовні знання щодо роботи з інтегрованими системами, зокрема їх функцій моніторингу, звітності та аналізу даних. Така обізнаність дозволить не тільки максимально ефективно використовувати переваги інтегрованих рішень, але й забезпечить своєчасне реагування на можливі зміни в параметрах системи та прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Навчання персоналу стає ключовим елементом у досягненні високого рівня безпеки й продуктивності роботи суднових систем.

З іншого боку, одним із ключових викликів сучасного судноплавства в умовах цифровізації залишається забезпечення кібербезпеки інтегрованих систем. Важливими заходами є впровадження багаторівневого шифрування даних під час їх передачі та зберігання, що сприяє захисту від несанкціонованого доступу та перехоплення. Використання сегментованих VLAN-мереж забезпечує розділення адміністративних систем від процесних, що дозволяє зменшити ризик зовнішнього впливу, доповнене обов'язковим впровадженням багатфакторної аутентифікації для операторів і адміністративного персоналу.

Крім того, важливо використовувати системи моніторингу доступу для своєчасного виявлення та блокування потенційно небезпечних дій. Постійне оновлення програмного забезпечення та впровадження систем виявлення і запобігання вторгненням (IDS/IPS) є ключовими умовами підтримки високого рівня кібербезпеки. Додатково проведення регулярного стрес-тестування систем на кіберзагрози дозволяє своєчасно виявляти слабкі місця та удосконалювати їх захист.

Адаптація систем керування до різних умов експлуатації може бути забезпечена впровадженням сучасних методів керування, включаючи використання систем на основі нечіткої логіки [3]. Завдяки цій технології можливе створення алгоритмів, які враховують множинність невизначених параметрів, таких як якість палива, кліматичні умови та специфіка маршруту плавання. Такі системи дозволяють динамічно адаптувати свої налаштування до змінних умов, забезпечуючи оптимальне дозування мастила, ефективне використання палива та стабільну роботу обладнання.

Запровадження адаптивних систем із використанням нечіткої логіки мінімізує вплив людського фактору та сприяє автоматизації режимів експлуатації на основі реальних даних сенсорів і телеметрії. Як наслідок, це допомагає підвищити загальну ефективність функціонування суднових систем, знизити експлуатаційні витрати і значно покращити екологічні показники судноплавства.

Висока вартість впровадження інтелектуальних систем дійсно є серйозним бар'єром для їх широкого застосування, особливо серед невеликих судноплавних компаній. Швидке впровадження інтелектуальних систем демонструє перспективи часткового вирішення проблеми їхньої інтеграції та високої вартості з часом. Подальший розвиток технологій, накопичення теоретичних напрацювань і практичного досвіду сприятимуть зниженню вартості компонентів і спрощенню процесу їхньої інтеграції.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Challenges and future trends in marine robotics / Enrica Zereik, Marco Bibuli, Nikola Mišković, Pere Ridao, António Pascoal. *Annual Reviews in Control*, Volume 46, 2018, pp. 350-368, ISSN 1367-5788, <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2018.10.002>.
2. Kongsberg K-Fleet Maintenance. URL: <https://k-fleet.kongsbergdigital.com/wp-content/uploads/2023/11/KFD100005-1-K-Fleet-Maintenance-datasheet.pdf>
3. Бігун С.В., Сіманенков А.Л., Лебеденко Ю.О. Система керування процесом упорскування циліндрового мастила суднових двигунів із нечітким регулятором. *Прикладні питання математичного моделювання*. Т. 7, №1, 2024, С. 11-22 <https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/ppmm/article/view/675>

ВИКОРИСТАННЯ ОПТОВОЛОКОННИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЦІЛІСНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ВІБРАЦІЙ

Безпека залізничного руху є критично важливою, а стан рейкової колії – одним із ключових факторів її забезпечення. Традиційні методи моніторингу стану рейок, такі як візуальний огляд чи ультразвукова дефектоскопія, часто є дискретними, трудомісткими та не завжди дозволяють виявляти дефекти на ранніх стадіях [1]. Водночас розвиток оптоволоконних технологій відкриває нові можливості для створення систем безперервного розподіленого моніторингу інфраструктурних об'єктів [2], зокрема залізничних колій. Ця робота досліджує потенціал використання оптоволоконних датчиків для контролю цілісності рейок шляхом аналізу вібраційних характеристик, що виникають під час руху поїздів.

Метою даної роботи є дослідження та обґрунтування можливості застосування оптоволоконних сенсорних систем для виявлення порушень цілісності залізничних рейок (таких як тріщини, надмірний знос, дефекти стиків). Цей підхід базується на аналізі параметрів вібрацій, що генеруються рухомим складом, і є актуальним напрямком досліджень, як показують попередні роботи [3, 4].

Пропонується використання системи моніторингу на базі оптоволоконних датчиків, інтегрованих з рейковою колією. Для цього можуть бути застосовані, наприклад, розподілені акустичні сенсори (DAS) або волоконно-оптичні бреггівські ґратки (FBG) [5, 6]. При проходженні поїзда виникають вібрації, які поширюються вздовж рейки та реєструються оптоволоконною системою в режимі реального часу [7]. Отримані дані про вібрації (амплітуда, частота, спектральні характеристики) піддаються цифровій обробці та аналізу. Передбачається, що наявність дефектів у рейці призводитиме до зміни характеру вібраційних сигналів (наприклад, появи специфічних частотних складових, зміни амплітуди або форми сигналу) у зоні дефекту порівняно з неущкодженими ділянками. Аналіз цих змін дозволить не тільки локалізувати, але й потенційно класифікувати виявлені дефекти [7].

Запропонований підхід має значний потенціал для створення ефективної системи безперервного моніторингу стану залізничних рейок у реальному часі [4]. Впровадження такої системи може суттєво підвищити безпеку руху, дозволити перейти від регламентного до проактивного обслуговування інфраструктури (ремонт за фактичним станом), знизити експлуатаційні витрати та мінімізувати ризики аварійних ситуацій, пов'язаних із руйнуванням рейки [1, 8]. Важливою перевагою є використання оптоволокна, яке забезпечує стійкість до електромагнітних завад та можливість моніторингу протяжних ділянок колії [2].

Використання оптоволоконних датчиків для аналізу вібрацій, що генеруються поїздом під час руху, є перспективним напрямком для розробки систем моніторингу цілісності залізничних рейок. Цей метод потенційно дозволяє здійснювати безперервний контроль стану колії на великих відстанях, виявляти дефекти на ранніх стадіях та підвищувати загальний рівень безпеки залізничних перевезень [5, 7]. Для визначення оптимальних конфігурацій системи та алгоритмів обробки даних необхідні подальші детальні дослідження та експериментальна перевірка в реальних умовах експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Schenato L. A review of distributed fibre optic sensors for geo-hydrological applications. *Applied Sciences*. 2017. Vol. 7(9). P. 896.
2. Barrias A., Casas J. R., Villalba S. A Review of Distributed Optical Fiber Sensors for Civil Engineering Applications. *Sensors*. 2016. Vol. 16(5). P. 748. DOI: 10.3390/s16050748.
3. Zhang, H. (2020). "Fiber optic acoustic sensors for train detection and axle counting.
4. Singh, R. (2022). "Enhancing railway safety with fiber optic vibration sensors.
5. Minardo A., Coscetta A., Pirozzi S. et al. Fiber Optic Sensor for Monitoring Railway Traffic. *Sensors*. 2021.
6. Peng B., Zhang H., Li Z., Liao Y. Application of FBG Sensors for Structural Health Monitoring of Transportation Infrastructures. *Sensors*.
7. Wang Z., Wang T., Jia S. et al. Railway track defect detection based on distributed fiber optic vibration sensing technology. *Photonic Sensors*.
8. Кулик В. В., Ляшенко В. О. Застосування волоконно-оптичних сенсорів для моніторингу стану залізничної колії. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. Серія: Транспортні системи та технології*. 2019. Вип. 33. С. 56-64.

РЕАЛІЗАЦІЯ СХЕМИ ПРЯМОГО ТА РЕВЕРСИВНОГО ПУСКУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ CODESYS В СУДНОВІЙ АВТОМАТИЗОВАНІЙ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ

Сучасні суднові автоматизовані електроенергетичні системи (CAEEC) вимагають високої надійності, ефективності та гнучкості управління електроживленням для забезпечення безперебійної роботи всіх суднових систем [1]. У зв'язку з розвитком технологій та підвищенням вимог до безпеки та екологічних стандартів, необхідно вдосконалювати системи комутації та захисту електроенергетичних мереж.

У цьому контексті використання платформи автоматизації CODESYS є важливим рішенням для ефективного управління електроенергією на судах. CODESYS — це інструментальний програмний комплекс для промислової автоматизації, який надає можливості для розробки програмного забезпечення з високою надійністю та гнучкістю [2].

Сучасні суднові автоматизовані електроенергетичні системи – це складні комплекси, що потребують постійного вдосконалення для забезпечення надійності, ефективності та безпеки [1]. В умовах стрімкого розвитку промислової автоматизації, використання передових інструментів є критично важливим для оптимізації роботи суднових електроенергетичних систем.

Платформа CODESYS, відома своєю потужністю в промисловій автоматизації, пропонує значний потенціал для спрощення розробки та налагодження систем управління електроенергетичними мережами на судах. Її застосування для комутації та захисту приймачів у суднових системах є актуальним напрямом досліджень.

Хоча CODESYS зарекомендувала себе в промисловості, її застосування в суднових системах потребує глибшого вивчення. Подальші дослідження в цій області мають важливе практичне та наукове значення. Вони дозволять:

- оптимізувати системи управління електроживленням на судах;
- підвищити надійність та безпеку суднових електроенергетичних систем;
- розвинути нові технології та методи управління в морській галузі.

Отже, дослідження потенціалу CODESYS у суднових автоматизованих електроенергетичних системах є важливим кроком для розвитку сучасних морських технологій.

Розглянемо дві схеми підключення асинхронного двигуна через магнітний пускач – реверсивну та не реверсивну. Розробимо ці схеми за допомогою мови програмування. У ході виконання робіт використовується мова програмування LD (Ladder Diagram), яка імітує роботу релейних схем. Застосуємо логічний тип даних у LD схемі з двома можливими значеннями – істина (TRUE) та брехня (FALSE).

Спочатку розглянемо нереверсивну схему підключення асинхронного двигуна через магнітний пускач – схема управління асинхронним двигуном (рис. 1).

Ця схема призначена для запуску, зупинки та захисту асинхронного двигуна (MOTOR) і складається з наступних компонентів:

- QF (автоматичний вимикач) – забезпечує подачу та відключення живлення всієї схеми, а також захист від коротких замикань та перевантажень.
- KM1 (магнітний пускач) – виконує функцію комутації силового ланцюга для запуску та зупинки двигуна.
- MOTOR (асинхронний двигун) – основний виконавчий механізм, що приводиться в рух електроенергією.
- FU (запобіжник) – забезпечує додатковий захист ланцюга від надструмів.

- Кнопки управління (STOP, START) – використовуються для ручного управління запуском та зупинкою двигуна.

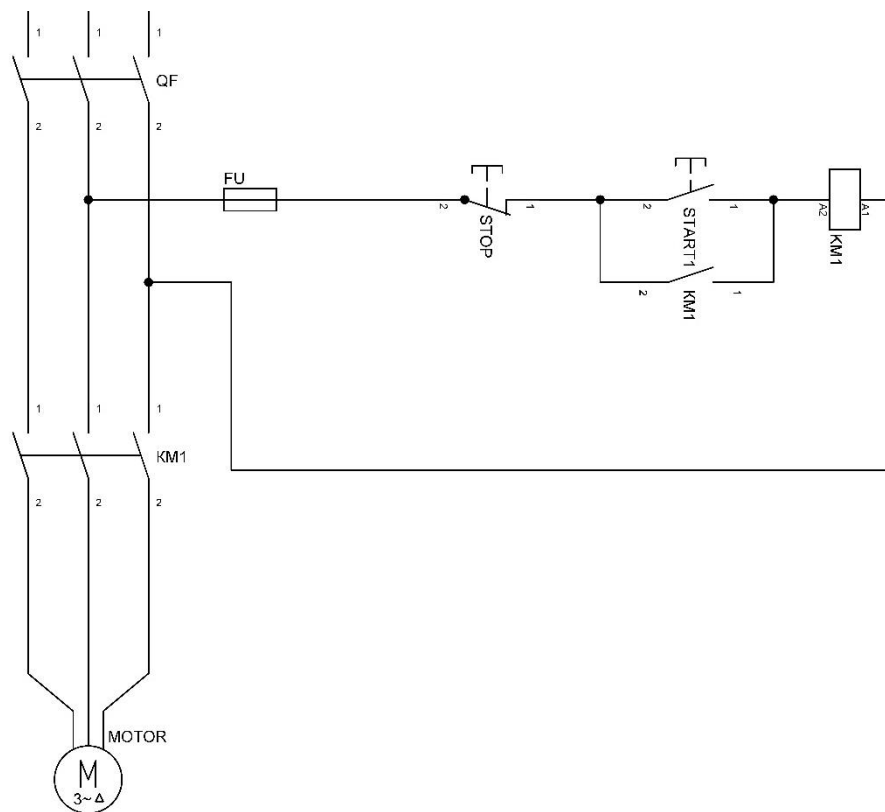


Рисунок 1 – Нереверсивна схема підключення магнітного пускача

Ця схема призначена для запуску, зупинки та захисту асинхронного двигуна (MOTOR) і складається з наступних компонентів:

- QF (автоматичний вимикач) – забезпечує подачу та відключення живлення всієї схеми, а також захист від коротких замикань та перевантажень.
- KM1 (магнітний пускач) – виконує функцію комутації силового ланцюга для запуску та зупинки двигуна.
- MOTOR (асинхронний двигун) – основний виконавчий механізм, що приводиться в рух електроенергією.
- FU (запобіжник) – забезпечує додатковий захист ланцюга від надструмів.
- Кнопки управління (STOP, START) – використовуються для ручного управління запуском та зупинкою двигуна.

Динаміка роботи схеми:

1. Подача живлення. При ввімкненні автоматичного вимикача QF на схему подається електроживлення.
2. Запуск двигуна. При натисканні кнопки "START" напруга надходить на котушку магнітного пускача KM1. Магнітний пускач KM1 спрацьовує, замикаючи свої силові контакти. Замкнуті силові контакти KM1 подають напругу на асинхронний двигун MOTOR, запускаючи його роботу.
3. Самоблокування (утримання). Для забезпечення безперервної роботи двигуна після відпускання кнопки "Пуск" використовується самоблокування. Допоміжний нормально розімкнутий контакт KM1 замикається при спрацьовуванні пускача, шунтуючи кнопку "START". Це забезпечує постійне живлення котушки KM1, утримуючи силові контакти замкнутими.

4. Зупинка двигуна. При натисканні кнопки "STOP" розривається коло живлення котушки КМ1. Магнітний пускач КМ1 вимикається, розмикаючи свої силові контакти. Живлення двигуна MOTOR припиняється, і він зупиняється.
5. Захист від надмірного струму. Запобіжник FU захищає електричний ланцюг від надмірного струму, при виникненні короткого замикання, запобіжник згоряє, і розриває коло.

Схема є типовою для управління асинхронними двигунами в промислових застосуваннях, забезпечуючи як ручне, так і автоматичне управління та захист.

Ця схема на мові програмування LD має вигляд схеми, яка зображена на рис. 2.



Рисунок 2 – LD схема підключення магнітного пускача (не реверсивна схема)

Схема працює наступним чином: кнопка «START» - кнопка управління (нормально відкритий контакт), змінюючи значення якої можна подати напругу на котушку магнітного пускача КМ1, який замикає свої контакти (нормально відкриті контакти), тим самим шунтуючи кнопку «START» та подаючи живлення на «MOTOR», тобто двигун. Кнопка «STOP» (нормально закритий контакт) при натисканні (зміні значення) розмикає свій контакт, перериваючи живлення на інші елементи схеми.

Розглянемо реверсивну схему підключення магнітного пускача (рис.3):

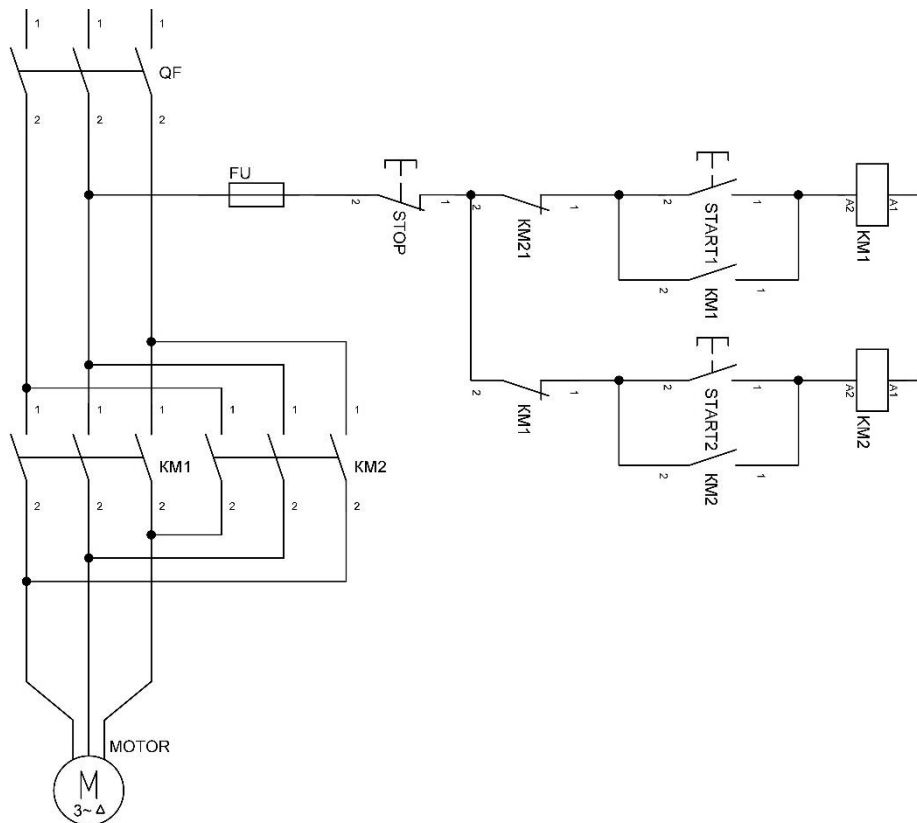


Рисунок 3 – Реверсивна схема підключення магнітного пускача

На відміну від нереверсивної схеми, реверсивна схема включає кнопку "Реверс" та додатковий магнітний пускач, що дозволяють змінювати напрямок обертання двигуна. Принцип роботи схеми дещо складніший. В даному випадку реверс двигуна здійснюється за рахунок перевертання місцями двох фаз. При цьому потрібно здійснити блокування, яке б не давало включитися другому пускачу, якщо перший знаходиться в роботі і навпаки. Якщо включити два пускача одночасно, то відбудеться коротке замикання на силових контактах пускача.

Принцип роботи реверсивної схеми:

1. **Подача живлення.** Для подачі живлення на схему необхідно увімкнути автоматичний вимикач QF.
2. **Запуск прямого обертання.** При натисканні кнопки «START1» напруга подається на котушку магнітного пускача KM1. Магнітний пускач KM1 спрацьовує, і його силові контакти замикаються, подаючи напругу на двигун. Одночасно замикається допоміжний контакт KM1, шунтуючи кнопку «START1», що забезпечує безперервну роботу двигуна. Для запобігання одночасному включенню двох пускачів використовується блокування. Нормально замкнутий допоміжний контакт KM1 розмикається, блокуючи включення пускача KM2.
3. **Зупинка двигуна.** Для зупинки двигуна необхідно натиснути кнопку «STOP». При цьому розривається ланцюг живлення котушки KM1, і пускач KM1 вимикається. Всі контакти пускача KM1 повертаються у вихідне положення.
4. **Запуск реверсивного обертання.** Після зупинки двигуна можна запустити реверсивне обертання. При натисканні кнопки «START2» напруга подається на котушку магнітного пускача KM2. Магнітний пускач KM2 спрацьовує, і його силові контакти замикаються, подаючи напругу на двигун, але в протилежному напрямку. Одночасно замикається допоміжний контакт KM2, шунтуючи кнопку «START2», і розмикається допоміжний контакт KM2, блокуючи включення пускача KM1.

Особливості використання. Принцип роботи не залежить від напруги котушки пускача (220 В або 380 В). Для підвищення безпеки в умовах підвищеної вологості можна використовувати пускач з низьковольтною котушкою (наприклад, 24 В) при напрузі живлення 380 В.

Ця схема забезпечує надійне управління реверсивним обертанням двигуна з необхідним захистом.

Реверсивна схема підключення магнітного пускача також була побудована за допомогою LD:

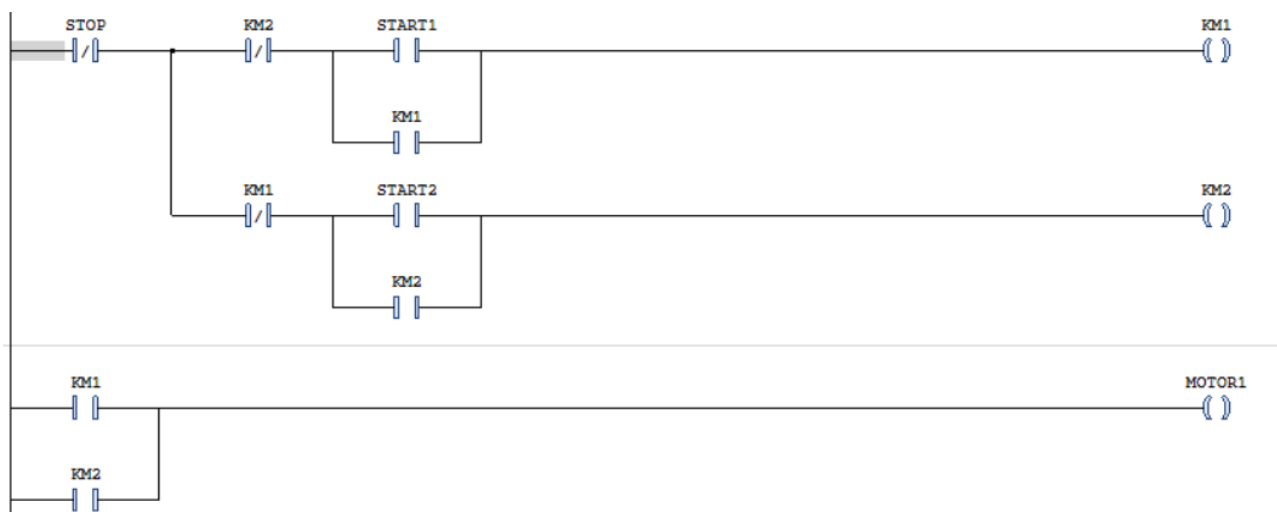


Рисунок 4 – LD схема підключення магнітного пускача (реверсивна схема)

Принцип роботи даної LD схеми схожий на попередню, але при цьому тут є два контактори. Розглянемо більше детально, як саме працює дана LD схема:

При натисканні кнопки «START1» замикається її контакт та подається напруга на магнітний пускач KM1. Цей магнітний пускач замикає свої контакти:

1. Шунтуючи кнопку «START1» - нормально відкритий контакт;
2. Подаючи живлення на «MOTOR1» - нормально відкритий контакт;
3. Блокуючи напругу на магнітний пускач KM2 перед кнопкою «START2» - нормально закритий контакт.

При цьому є живлення на магнітному пускачі KM1, а KM2 залишиться без живлення, навіть якщо натиснена кнопка «START2».

Для того, щоб зробити реверс потрібно:

1. Натиснути кнопку «STOP», якою розмикається коло живлення на магнітний пускач «KM1» - нормально закритий контакт;
2. На кнопці «START1» необхідно змінити значення з «TRUE» на «FALSE», тим самим розімкнути контакт.
3. На кнопці «START2» необхідно змінити значення з «FALSE» на «TRUE», тим самим замикаючи контакт.
4. Повертаємо кнопку «STOP» у початкове положення, тобто замикається її контакт.

Після цих дій подається живлення на магнітний пускач KM2 та завдяки його контактам блокується живлення на магнітний пускач KM1 та подається живлення на «MOTOR1». Таким методом розроблена реверсивна схема підключення магнітного пускача.

Для забезпечення надійної комутації та захисту електрообладнання в CAEES, що є важливим для підвищення безпеки та ефективності морських перевезень, було розроблено систему автоматизації на базі платформи CODESYS. Використання CODESYS дозволило створити масштабовану систему, яка забезпечує ефективне управління та захист широкого спектру електроприймачів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Голіков С.П., Чорний С.Г., Жук Д.О., Івановський М.В. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. Частина 1. Суднові електричні станції: Навч. пос. К.: Кондор-Видавництво, 2013. 198 с.
2. Поливода В.В., Поливода О.В. Проектування систем автоматизації на платформі CODESYS: навч. посіб. Херсон : ХДМА, 2023. 248 с. ISBN 978-966-2245-78-3

МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІКИ АВТОМОБІЛІВ З ВРАХУВАННЯМ АНТИКРИЛА ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ З ТРАСОЮ

Аеродинаміка автомобіля це один з ключових чинників, що визначає наскільки ефективно буде працювати транспортний засіб в реальних умовах. Аеродинамічні характеристики впливають на максимальну швидкість автомобіля, його динаміку, керованість, витрату пального, і, як наслідок, на економічність та навіть на екологічні аспекти. Для деяких областей аеродинамічні показники є вкрай критичними, наприклад особливо важливо враховувати аеродинаміку у спортивних змаганнях, де навіть незначна підйомна сила може серйозно змінити поведінку автомобіля на трасі. При цьому відомо, що навіть порівняно незначні зміни геометрії кузову, або ж використання деяких навісних елементів можуть значно вплинути на аеродинамічний опір, як в позитивному, так і в негативному ключі.

В даній роботі представлено розрахунок аеродинамічних особливостей автомобіля засобами CFD на прикладі Porsche 911 Turbo у кузові 930 та варіант збільшення сили зчеплення автомобіля з трасою за рахунок встановлення іншого антикрила. Змодельовано продувку автомобіля за методами обчислювальної аеродинаміки для визначення аеродинамічних характеристик. Спрощена CAD модель автомобіля показана на рис. 1.

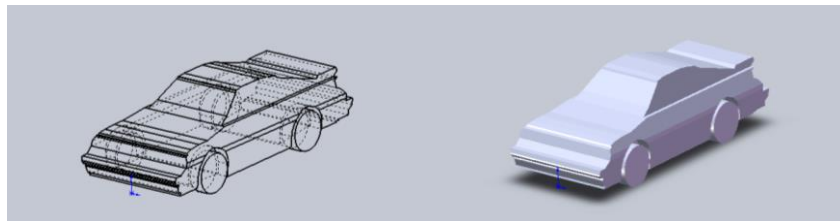


Рисунок 1 – Загальний вигляд CAD моделі автомобілю

Для розрахунків була використана неструктурована сітка з тетраедричними елементами з додатково побудованим шаром призматичних комірок для врахування пограничного шару з контролем збіжності розрахунків за параметром y^+ (рис. 2). Результати постпроцесору представлено у вигляді відповідно графіків тиску, ліній току, та перерахунку коефіцієнту аеродинамічного опору.

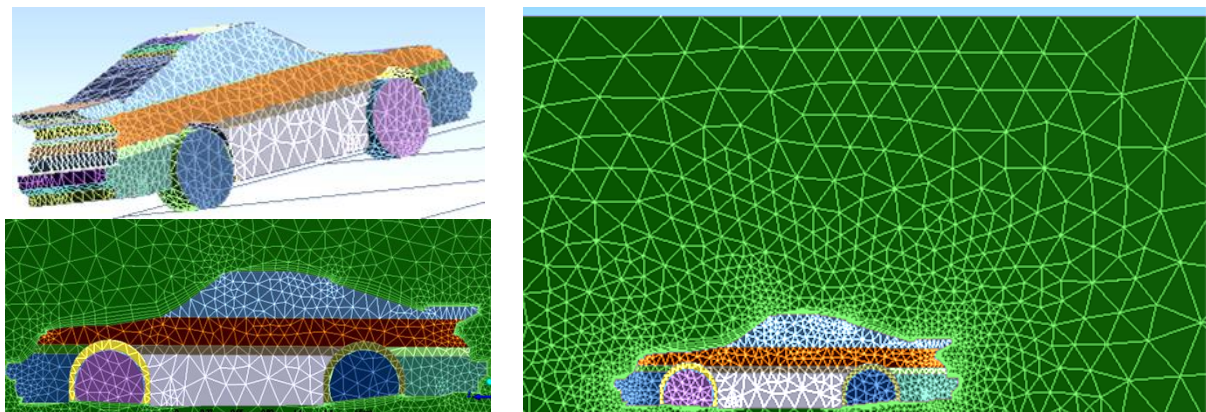


Рисунок 2 – Сітка скінченних елементів з шаром призматичних комірок для розрахунку пограничного шару

За результатами досліджень візуалізовано процес віддалення точки відриву, перерозподіл ізоліній тиску та зміну вихрової картини за автомобілем. Розраховані величини сили аеродинамічного опору та потужності, що втрачається на його подолання (рис. 3, а – в).

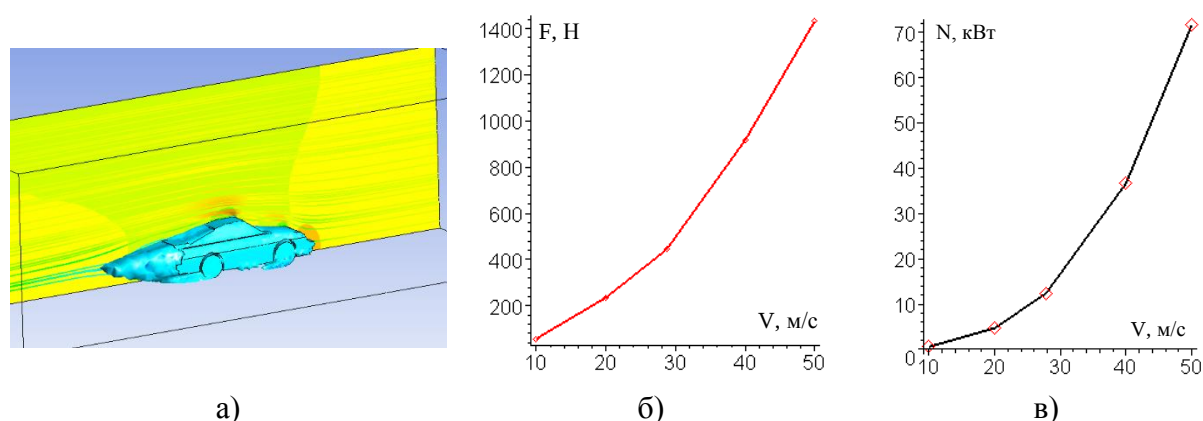


Рисунок 3 – Лінії току, трасировка тисків, ізоповерхня швидкості (а), розрахований графік сили аеродинамічного опору (б) та потужності, що втрачається на його подолання (в)

Для збільшення притисної сили запропоновано встановлення антикрила, аеродинамічні розрахунки якого показані на рис. 4.

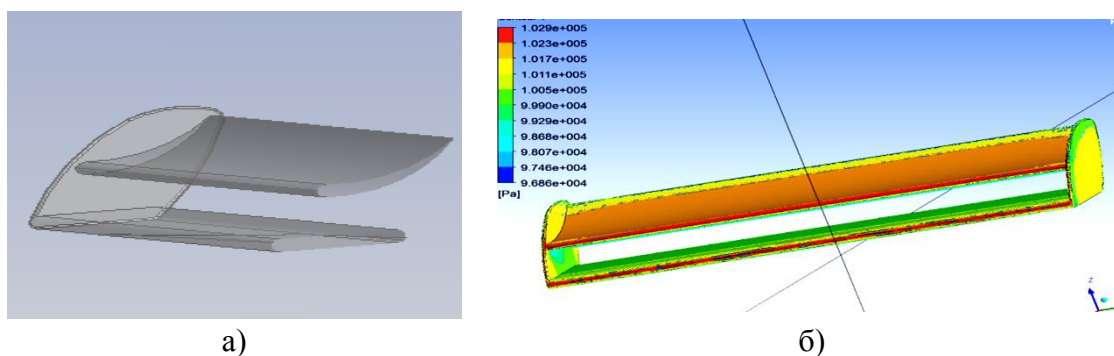


Рисунок 4 – CAD модель антикрила (а) та результати розрахунків поля тисків (б)

За результатами досліджень навантаження на верхню частину антикрила складає 900 Н. Притисна сила на швидкості 40 м/с становить 89,3 Н. За рахунок встановленого спойлера вдалося збільшити притисну силу на швидкості 40 м/с на 89,3 Н.

У ході дослідження було проведено моделювання аеродинамічних характеристик автомобіля Porsche 911 Turbo (кузов 930) з використанням методів обчислювальної аеродинаміки. Було проаналізовано вплив антикрила на формування аеродинамічного опору та притисної сили. Результати показали, що встановлення оптимізованого антикрила дозволяє знизити коефіцієнт аеродинамічного опору та збільшити притисну силу на високих швидкостях, що позитивно впливає на стійкість автомобіля. Такий підхід може бути ефективно застосований як у спортивному автотранспорті, так і при проєктуванні дорожніх автомобілів для покращення їх аеродинамічних властивостей.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Тягній В.Г., Ємець В.В. Основи аеродинаміки та динаміки польоту: ч. I : Аерогідрогазодинаміка : навч. посіб. МВС України, Харківський національний університет внутрішніх справ, Кременчуцький льотний коледж. Харків: ХНУВС, 2023. 280 с.
2. Волков В.П., Вільський Г.Б. Теорія руху автомобіля: підручник. Суми: Університетська книга, 2015. 320 с.
3. Єгоров А.А., Куличенко П.Н., Русанов С.А., Лобов О.О. Використання деталей складних профілів для зменшення аеродинамічного опору. ВІСНИК ХНТУ №3(70), 2019, С. 22-30.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПАРКУВАНЬ

Процес моделювання транспортних паркувань є важливою частиною транспортного планування та містобудування. Моделювання паркувань допомагає ефективно організувати використання обмежених просторів для зберігання транспортних засобів, зменшити затори, покращити доступність і зручність для водіїв, а також забезпечити безпеку.

Розглянемо основні етапи процесу моделювання транспортних паркувань.

1. Аналіз попиту на паркування. Для початку необхідно провести аналіз попиту на паркування в конкретному районі або зоні. Це включає в себе вивчення кількості транспортних засобів, які потребують місць для паркування, а також типи транспортних засобів (легкові автомобілі, вантажівки, мотоцикли).

Важливими чинниками є час доби, сезонні коливання попиту, зокрема, у бізнес-центрах, торгових зонах, житлових районах чи туристичних місцях.

2. Оцінка наявної інфраструктури. Оцінюється кількість і стан існуючих паркувань, їх доступність для користувачів, типи паркувальних місць (вуличні, підземні, багаторівневі). Враховуються обмеження за розмірами, доступом, а також інші фактори, які можуть впливати на ефективність їх використання.

3. Розробка моделі паркувань. Створення математичних та комп'ютерних моделей для визначення оптимальної кількості паркувань, їх типів, розміщення, а також схеми організації руху на паркувальних територіях. Моделювання часто включає в себе використання спеціальних програмних продуктів (наприклад, VISSIM, SYNCHRO, AIMSUN) для симуляції транспортних потоків та взаємодії з паркуваннями.

4. Оптимізація розташування паркувань. Важливо забезпечити таке розташування паркувань, яке мінімізує час на пошук місця для паркування і дозволяє максимально ефективно використовувати доступний простір. Це може бути досягнуто через змішане використання багаторівневих та наземних паркувань, інтеграцію з іншими видами транспорту (наприклад, станціями метро або автобусними зупинками). Також розглядаються питання безпеки – створення зручних і безпечних під'їздів, освітлення, відеоспостереження та доступ для людей з інвалідністю.

5. Інтеграція з міським плануванням. Моделювання паркувань повинно враховувати загальну транспортну стратегію міста чи району, зокрема, забезпечення балансування між паркуванням та іншими транспортними потребами (наприклад, пішохідними зонами, велосипедними доріжками, громадським транспортом). Прогнозується розвиток інфраструктури в майбутньому, зокрема, зміни в транспортних потоках, збільшення кількості населення та автомобілів.

6. Розробка політик і тарифікації. Для стимулювання ефективного використання паркувань можуть бути розроблені політики з тарифікації, що включають в себе диференційовані тарифи залежно від часу доби, місця паркування, тривалості перебування, а також електронні системи оплати (мобільні додатки, картки тощо). Також можуть бути запропоновані різні заходи, як-от знижки для жителів району, обмеження на безкоштовне паркування чи резервування місць для автівок з низьким рівнем викидів.

7. Моніторинг та коригування. Після впровадження моделі необхідно здійснювати постійний моніторинг ефективності використання паркувань: завантаженість, середній час пошуку паркувального місця, відгуки користувачів. У разі необхідності вносяться корективи до системи паркування, зокрема, щодо додавання нових паркувань, зміни тарифів, організації руху тощо.

8. Використання сучасних технологій. Сучасні технології, такі як інтелектуальні транспортні системи (ITS), допомагають значно покращити процес управління паркуваннями. Це включає в себе використання датчиків, камер спостереження, автоматичних систем розпізнавання номерних знаків (ANPR), а також мобільних додатків для пошуку вільних місць для паркування в реальному часі. Розумні паркування дозволяють оптимізувати процес пошуку місць для паркування, зменшити навантаження на транспортні мережі та знизити

рівень забруднення повітря, оскільки водії не витрачають час на марні спроби знайти місце для паркування.

9. Залучення громадськості та інтереси різних груп. Важливим аспектом є врахування інтересів різних соціальних груп при проектуванні та організації паркувань. Це може включати створення спеціальних місць для людей з інвалідністю, доступних для сімей з дітьми, а також для велосипедистів. Громадське обговорення та залучення мешканців до процесу проектування паркувань дозволяє більш точно визначити потреби користувачів і зменшити можливі соціальні конфлікти, що можуть виникати через обмежений доступ до паркувальних місць.

10. Екологічні та стійкі підходи. У контексті сталого розвитку міських просторів важливо враховувати екологічні аспекти. Проектування паркувань має включати елементи зеленої інфраструктури, такі як зелені дахи паркувань або покриття, яке поглинає вуглекислий газ. Це допоможе зменшити екологічний слід паркувань. Крім того, варто передбачити зарядні станції для електричних автомобілів, оскільки попит на такі транспортні засоби зростає.

11. Управління і моделювання попиту в умовах змін. Моделювання паркувань не є одноразовою задачею, воно потребує постійного коригування через зміну транспортних потоків, розвитку нових транспортних засобів і мобільності (наприклад, каршерінг, таксі на замовлення). Зважаючи на швидкий розвиток нових технологій і змін у соціальній поведінці (популяризація електросамокатів, каршерінгу, автономних транспортних засобів), моделі паркувань повинні бути адаптивними і готовими до змін.

Таким чином, процес моделювання транспортних паркувань є складним і багатогранним завданням, що вимагає комплексного підходу. Він включає аналіз попиту на паркувальні місця, проектування інфраструктури, використання сучасних технологій, врахування екологічних аспектів, а також залучення громадськості до прийняття рішень. Поряд з цим, важливою частиною є інтеграція моделювання паркувань в загальний контекст містобудування та транспортної системи.

Моделювання транспортних паркувань дозволяє не лише покращити зручність і доступність для водіїв, а й зменшити навантаження на міський транспорт, знизити рівень заторів та покращити екологічну ситуацію в містах. Врахування всіх цих факторів дозволить створити сталу і ефективну інфраструктуру паркування, що відповідатиме вимогам сучасних міст і потребам їхніх жителів.

Врахування всіх цих аспектів допоможе створити комфортне, екологічне та економічно ефективне середовище для паркування, що в свою чергу сприятиме розвитку сталого міського середовища та покращенню якості життя для мешканців і відвідувачів міста.

Процес моделювання транспортних паркувань є циклічним і постійно вдосконалюється з урахуванням змін у транспортній інфраструктурі, розвитку міста, зростання кількості населення та зміни у звичках водіїв. Важливо забезпечити баланс між потребами користувачів і ефективним використанням простору, що дозволить покращити ситуацію з паркуванням у міських умовах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Kreshchenko T., Yushchenko Y. Розпізнавання вільних місць для паркування автомобілів із використанням глибинного навчання. *Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки*. Лютий 2023. Т. 5. С. 72–78. DOI:10.18523/2617-3808.2022.5.72-78.
2. Zijlstra T. A., Vanoutrive T., Verhetsel A. Meta-analysis of the effectiveness of park-and-ride facilities. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. Sep. 2015.–Vol.15, No4. P. 597–612. DOI:10.18757/ejtir.2015.15.4.3099.
3. Ma S., Jiang H., Han M. Research on Automatic Parking Systems Based on Parking Scene Recognition. *Advancing Technology for Humanity*. Oct. 2017. Vol.5. P. 21901–21917. DOI:10.1109/ACCESS.2017.2760201.
4. Path Tracking Control of Automatic Parking Cloud Model considering the Influence of Time Delay. Y. Hua, H. Jiang, Y. Cai [et al]. *Mathematical Problems in Engineering*. Feb. 2017. Vol. 2017, Issue 1. P. 1–14. DOI: 10.1155/2017/6590383.
5. Kinematic analysis of rotary car parking system mechanism. I. Nursalim, H. M. Saputra, N. Ismail[et al]. *4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*. Mar. 2017. P.1–5. DOI: 10.1109/ICSIMA.2017.8311980.
6. Любницький Р.І. Формування мережі об'єктів паркування індивідуального автотранспорту в історично сформованих містах (на прикладі м. Львова): дис. на здобуття вч. ступеню канд. арх.: спец. 18.00.01 / Любницький Роман Ігорович. Львів, 2018. 271 с.
7. Дульфан С. Б. Закономірності впливу «перехоплюючих» парковок на формування транспортних потоків (на прикладі м. Харків): автореф. дис. канд. тех. наук: 05.22.01. Дульфан Сергій Борисович; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х., 2016. 22 с.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СУДНОВІЙ АВТОМАТИЗОВАНІЙ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ

Автоматизовані електричні системи на судах – це важливі технології, які забезпечують нормальну роботу судна під час рейсів. Одна з головних задач таких систем – це захист приймачів електроенергії, що включає попередження аварій, швидке їх виявлення та мінімізацію негативних наслідків. Моделювання таких систем стало потужним інструментом для прогнозування їх роботи, оптимізації параметрів та забезпечення безпеки обладнання в складних умовах.

Є декілька систем для моделювання такі, як MATLAB і Simulink – використовуються для розробки, моделювання та аналізу теоретичних систем. І такий, як CODESYS – орієнтований на програмовані логічні контролери (ПЛК) і автоматизацію промислових процесів.

У цій роботі використовується платформа автоматизації CODESYS, компонент створення візуалізації.

Моделювання системи захисту приймачів електроенергії в суднових електроенергетичних системах – це ключовий аспект забезпечення надійності та безпеки суден. В умовах морської експлуатації, де можливості зовнішньої допомоги обмежені, важливо передбачати та оперативно реагувати на можливі збої.

Суднові електроенергетичні системи досить складні: вони включають безліч компонентів, працюють в умовах підвищеної вологості, вібрацій і температурних коливань. Тому їхній захист вимагає сучасних підходів, таких як релейний захист, автоматичні вимикачі та інші технології, що дозволяють швидко відключати пошкоджені ділянки без втрати працездатності всієї системи.

Одним із найефективніших методів покращення захисту є моделювання процесів управління. Воно допомагає забезпечити автоматизацію та контроль різних систем на судні або в промисловості. Використання програмного забезпечення, такого як CODESYS, дозволить розробити логіку для ПЛК, тестувати та налаштовувати системи управління в реальному часі. Це дасть змогу оптимізувати роботу технічних систем, забезпечити їх надійність та знизити ризик відмов у складних умовах. Моделювання в CODESYS дозволить перевірити і налаштувати систему перед її впровадженням в роботу, що підвищить ефективність і безпеку в експлуатації.

На судах питання електробезпеки стоїть особливо гостро, бо можливості заміни обладнання чи виклику фахівців у відкритому морі обмежений. Тому всі рішення мають бути максимально продуманими та протестованими. Сучасні інтелектуальні системи захисту дозволяють автоматично адаптуватися до умов експлуатації, що значно підвищує загальну надійність енергозабезпечення.

Моделювання систем захисту – це не просто теоретична концепція, а реальний інструмент, що дозволить зробити суднові електросистеми безпечнішими та ефективнішими. Нові технології відкривають ще більше можливостей для розвитку цієї сфери.

На основі звичайної лінійної діаграми (рис.1), в котру входить кнопка START та STOP, мотор та захист від перевантаження, створимо візуалізацію.



Рисунок 1 – Ladder Diagram

Для початку, щоб створити “візуалізацію”, потрібно додати екран візуалізації до проекту. У лівій частині CODESYS у вікні Devices на компонент Application ПКМ обираємо – Add object – Visualization (рис.2).

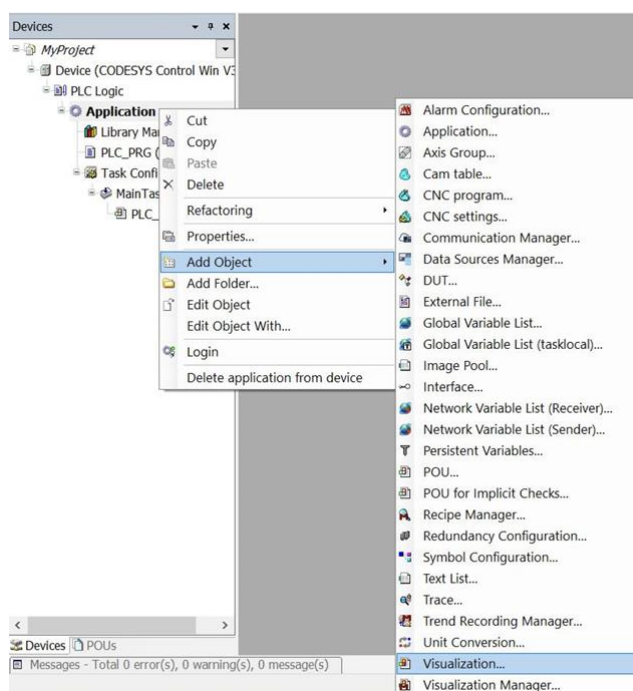


Рисунок 2 – Розташування екрана візуалізації

Після цього з’явиться вікно, в якому можна вказати ім’я екрана та за потреби можна обрати більш розширений об’єм символів для візуалізації. Під час створення з’явиться декілька компонентів Visualization Manager та сам екран Visualization.

Visualization Manager – цей компонент потрібен для гнучкого налаштування нашого екрану візуалізації. В ньому можна налаштувати параметри відображення, інтеграцію з іншими пристроями. Visualization – цей компонент дає змогу нам налаштувати візуальне оформлення, програмувати та підв’язувати візуальну схему до лінійної діаграми. Щоб розпочати створення візуальної схеми, відкриваємо компонент Visualization. Справа буде знаходитись Visualization ToolBox (рис.3).

Кожна з деталей розкладена по категоріям. Використовуємо вкладку “Lamps/Switches/Bitmaps” (рис.4), щоб взяти кнопки та світлодіоди до схеми, та вкладку “Common Controls” (рис.5) для підпису частин схеми.

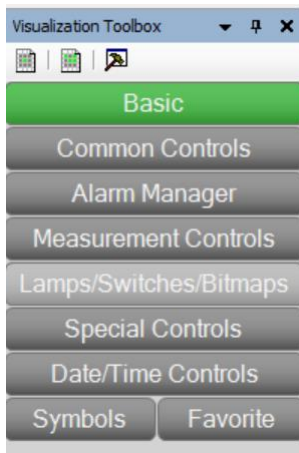


Рисунок 3 –Visualization
ToolBox



Рисунок 4 – Lamps/Switches/Bitmaps

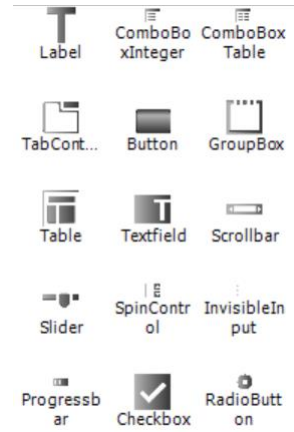


Рисунок 5 – Common
Controls

Всі компоненти переносяться на екран та будується візуальна схема. Таким чином виходить така схема, як показана на рисунку 6.



Рисунок 6 – Візуальна схема

Перейдемо до програмування та прив'язування компонентів до лінійної діаграми. Обираємо кожен компонент окремо і налаштовуємо стосовно лінійної діаграми. ЛКМ по компоненту схеми і справа з'явиться вікно з Properties (Властивості) кнопки або світлодіода, в залежності що виділено (рис.7).

У Властивостях можемо змінювати позицію розташування по осі координат X та Y, шириною та висотою. Поле Variable використовується для прив'язування компонентів схеми до об'єктів лінійної діаграми. За необхідності, можливо обрати колір фону компонента.

Property	Value
Element name	GenElemInst_10
Type of ele...	Lamp1
Position	
X	646
Y	130
Width	70
Height	70
Variable	PLC_PRG.Motor
Texts	
Tooltip	
State variables	

Рисунок 7 – Властивості

По строчці Variable натискаємо ЛКМ і три крапки або можемо прописати вручну, після цього у відкритому вікні (рис.8) обираємо розташування лінійної діаграми PLC_PRG, обираємо до чого нам потрібно прив'язати. Якщо це кнопка START – прив'язуємо до контакту START, кнопка STOP – до контакту STOP, світлодіод RUN – до контакту Motor, світлодіод OVERLOAD до контакту OVERLOAD.

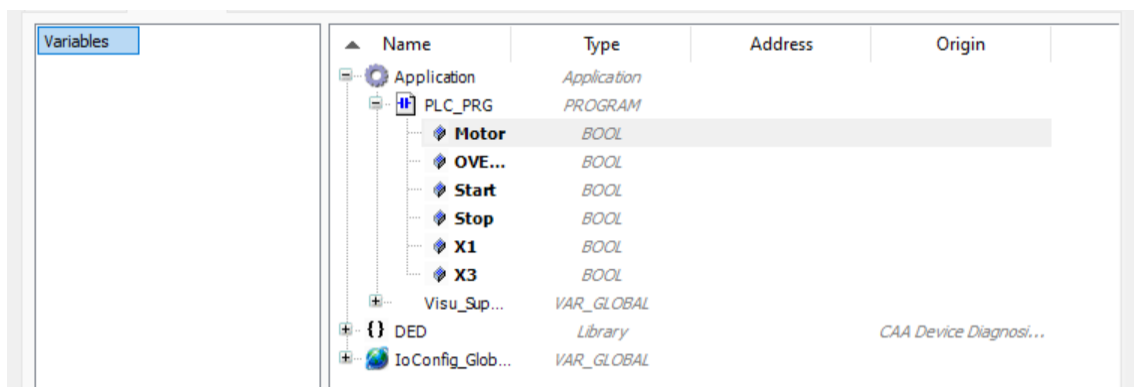


Рисунок 8 – Вікно для прив'язування компонентів схеми до лінійної діаграми

Запускаємо схему і перевіряємо роботу. Після натискання кнопки START загоряється світлодіод RUN (рис. 9).



Рисунок 9 – Схема після натискання кнопки START(у процесі RUN)

Схема діє до тих пір, поки не натиснемо кнопку STOP, після цього схема зупиняється. У разі того, щоб перевірити OVERLOAD (Перевантаження) використаємо кнопку TEST (рис.10).



Рисунок 10 – Схема після натискання кнопки TEST(у процесі OVERLOAD)

Розроблена в середовищі CODESYS система автоматизованої комутації та захисту електрообладнання сприяє підвищенню ефективності та безпеки роботи суднових електроенергетичних комплексів.

Використання Visualization дозволило створити графічний інтерфейс Human–Machine Interface (HMI), що дасть змогу виконувати моніторинг і керування процесами автоматизації. Через Visualization можна відображати змінні, налаштовувати елементи управління та взаємодіяти з користувачем у реальному часі. Visualization Manager допомагає організовувати та налаштовувати ці екрани в межах проекту.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Голіков С.П., Чорний С.Г., Жук Д.О., Івановський М.В. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. Частина 1. Суднові електричні станції: Навч. пос. К.: Кондор–Видавництво, 2013. 198 с.
2. Поливода В.В., Поливода О.В. Проектування систем автоматизації на платформі CODESYS: навч. посіб. Херсон : ХДМА, 2023. 248 с. ISBN 978–966–2245–78–3

СЕКЦІЯ
«НОВІТНІ
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В МЕДИЧНІЙ ГАЛУЗІ»

Д.В. Невінський, Д.І. Мартьянов

Національний університет «Львівська політехніка»

d.martjnoff@gmail.com

ВПЛИВ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ, МЕДИЧНИХ І ДЕМОГРАФІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ДИНАМІКУ ТУБЕРКУЛЬОЗУ В УКРАЇНІ

Україна наразі перебуває в умовах чергового сплеску туберкульозу, що є не лише медичною, а й соціальною проблемою, яка відображає складний комплекс соціально-економічних труднощів, обмеженість доступу до якісної медичної допомоги та демографічні зміни [1]. Туберкульоз, як захворювання, тісно пов'язане з рівнем бідності, умовами проживання, доступністю діагностики та лікування, давно визнано «дзеркалом» соціального благополуччя суспільства [2]. В умовах війни, економічної нестабільності та значного переміщення населення (4,9 млн внутрішньо переміщених осіб станом на 2022 рік), проблема туберкульозу в Україні набула особливої гостроти [1].

Глобальні дослідження підтверджують, що епідемії туберкульозу значною мірою залежать від соціальних детермінант, таких як бідність, алкоголізм і недостатній доступ до медичних послуг [2]. Однак в українському контексті комплексний аналіз впливу цих факторів залишається недостатньо розвинутим через брак інтегративних підходів, які б поєднували медичні, соціальні та демографічні дані [1]. Традиційні методи аналізу не дозволяють повною мірою прогнозувати епідеміологічні тренди чи розробляти ефективні стратегії протидії. У цьому контексті штучний інтелект (ШІ) відкриває нові можливості для обробки великих масивів даних і виявлення складних взаємозв'язків [4]. Метою нашого дослідження є аналіз впливу соціально-економічних, медичних і демографічних факторів на захворюваність на туберкульоз в Україні з використанням методів ШІ для визначення ключових чинників і формування рекомендацій щодо профілактики та контролю захворювання.

Дослідження базується на унікальному наборі даних, зібраних за період 2007–2022 років, який охоплює всі регіони України та включає 400 записів. Цей набір містить широкий спектр показників: кількість спеціалізованих туберкульозних лікарень, частоту флюорографічних оглядів на 100 тис. населення, рівень вакцинації проти туберкульозу, кількість виявлених бактеріовиділювачів, а також демографічні характеристики (робітники, пенсіонери, студенти, безробітні, особи, що повернулися з місць позбавлення волі тощо). Окремо враховано соціальні фактори, такі як відсоток населення, що зловживає алкоголем чи наркотиками, та медичні показники, зокрема захворюваність на ВІЛ/ТБ, резистентний туберкульоз і результати лікування (успішне, перерване, невдале).

Методологія дослідження складалася з кількох етапів. Спочатку проведено кореляційний аналіз для оцінки статистичних зв'язків між змінними та захворюваністю, використовуючи коефіцієнт детермінації R^2 . Далі застосовано широкий спектр моделей машинного навчання, включно з лінійною регресією, деревами рішень, випадковим лісом, адаптивним бустингом (AdaBoost), методом опорних векторів (SVM) і нейронними мережами [4]. Для забезпечення надійності результатів використано 5-кратну крос-валідацію, що дозволило оцінити стійкість моделей до змін у даних. На основі найкращих моделей побудовано ансамбль Stacking, який комбінує прогнози для підвищення точності.

Для інтерпретації результатів застосовано SHAP-аналіз (SHapley Additive Explanations), який визначає внесок кожного фактора у прогноз моделі. Завершальним етапом став аналіз чутливості, що оцінив, як зміни вхідних параметрів впливають на вихідні прогнози.

Дослідження проводилось у програмному середовищі Orange, що забезпечило зручну візуалізацію потоків даних і результатів.

Кореляційний аналіз виявив найсильніший зв'язок між захворюваністю на туберкульоз і такими факторами, як бактеріовиділення ($R^2=0.641$), ВЛ/ТБ ($R^2=0.542$) та флюорографічні огляди ($R^2=0.501$) [5]. Менш виражений вплив показали соціальні фактори, наприклад, зловживання алкоголем ($R^2=-0.107$) чи наркотиками ($R^2=0.118$), що вказує на домінування медичних і епідеміологічних змінних.

Тестування моделей машинного навчання показало різні рівні ефективності. Лінійна регресія досягла $R^2=0.71$, демонструючи помірну точність, тоді як метод найближчих сусідів (kNN) виявився найменш ефективним ($R^2=0.29$). Випадковий ліс ($R^2=0.78$) і AdaBoost ($R^2=0.81$) показали високі результати, але найкращу точність забезпечив ансамбль Stacking ($R^2=0.83$, $MSE=62.99$), що свідчить про переваги комбінованого підходу [4].

SHAP-аналіз визначив бактеріовиділення (важливість 0.405) як головний чинник впливу на захворюваність, за яким слідує флюорографічні огляди (0.059) і хірургічне лікування (0.026) [3]. Аналіз чутливості підтвердив ці висновки: при збільшенні бактеріовиділення спостерігається логарифмічний ріст захворюваності, що стабілізується на певному рівні, тоді як флюорографічні огляди демонструють лінійний зв'язок із виявленням нових випадків. Хірургічне лікування також показало логарифмічну залежність, що може бути пов'язано з історичними особливостями терапії в Україні.

Результати узгоджуються з глобальними дослідженнями, які підкреслюють роль бактеріовиділювачів у поширенні туберкульозу [5]. Один невиявлений хворий може заразити 10–15 осіб у тісному контакті, що пояснює логарифмічний ріст захворюваності при збільшенні цього показника [2]. Висока значущість флюорографічних оглядів підтверджує рекомендації ВООЗ про необхідність їхнього цільового застосування для груп ризику, таких як внутрішньо переміщені особи, кількість яких в Україні зросла до 4,9 млн через війну [1]. Це особливо актуально в умовах високого рівня захворюваності та обмежених ресурсів медичної системи.

Цікавим є значний вплив хірургічного лікування, що може бути пов'язано з практикою його поєднання з хіміотерапією в Україні протягом досліджуваного періоду (2007–2022) [3]. Сучасні протоколи ВООЗ рекомендують хірургію лише в окремих випадках резистентного туберкульозу, але історичні дані свідчать про ширше застосування цього методу в минулому. Соціальні фактори, такі як зловживання алкоголем чи безробіття, виявилися менш значущими, ніж медичні, що підкреслює необхідність зосередження на епідеміологічних заходах [2].

Застосування ШІ, зокрема ансамблю Stacking, дозволило досягти високої точності прогнозів ($R^2=0.83$), перевершивши окремі моделі [4]. SHAP-аналіз і аналіз чутливості додали прозорості результатам, показавши, як кожен фактор впливає на модель. Наприклад, стабілізація захворюваності при високому рівні бактеріовиділення вказує на насичення епідеміологічного процесу, коли більшість контактних осіб уже інфіковані. Це підтверджує важливість раннього виявлення та ізоляції хворих, що є стандартом у розвинених країнах [5].

Практичне значення дослідження полягає в можливості використання його результатів для оптимізації медичних ресурсів. Наприклад, збільшення частоти флюорографічних оглядів у групах ризику може значно знизити рівень недіагнованих випадків, а контроль за бактеріовиділювачами – зменшити передачу інфекції. Водночас менший вплив соціальних факторів свідчить про потребу комплексного підходу, який поєднує медичні та соціальні заходи.

Дослідження продемонструвало, що бактеріовиділення (важливість 0.405) та флюорографічні огляди (0.059) є основними чинниками, які впливають на захворюваність на туберкульоз в Україні [5]. Використання методів ШІ, зокрема ансамблю Stacking, дозволило досягти високої точності прогнозування ($R^2=0.83$), а SHAP-аналіз і аналіз чутливості

підтвердили стабільність і відтворюваність результатів [4]. Логарифмічний ріст захворюваності при збільшенні бактеріовиділення підкреслює критичну роль ранньої діагностики та ізоляції хворих, тоді як лінійна залежність від флюорографічних оглядів вказує на їхню ефективність у виявленні нових випадків [1].

Отримані дані створюють наукову основу для розробки цілеспрямованих стратегій боротьби з туберкульозом в Україні. Посилення контролю за бактеріовиділювачами, оптимізація доступу до флюорографії для груп ризику та перегляд підходів до хірургічного лікування можуть суттєво знизити захворюваність. Результати дослідження можуть бути використані органами охорони здоров'я для прийняття обґрунтованих рішень, розподілу ресурсів і підвищення ефективності протитуберкульозних заходів у сучасних умовах [2]. У майбутньому планується розширити аналіз, включивши дані про генетичні штами туберкульозу та їхню резистентність, щоб удосконалити прогнозування [5].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Chiang S.S., Dolynska M., Rybak NR, et al. Clinical manifestations and epidemiology of adolescent tuberculosis in Ukraine. *ERJ Open Res.* 2020;6(3):00308-2020. doi:10.1183/23120541.00308-2020.
2. Lönnroth K., Jaramillo E., Williams B.G., et al. Drivers of tuberculosis epidemics: the role of risk factors and social determinants. *Soc Sci Med.* 2009;68(12):2240-2246. doi:10.1016/j.socscimed.2009.03.041.
3. Shevchenko O.S., Todoriko L.D., Ovcharenko I.A., et al. A mathematical model for predicting the outcome of treatment of multidrug-resistant tuberculosis. *Wiad Lek.* 2021;74(7):1649-1654.
4. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019;25:44–56. doi:10.1038/s41591-018-0300-7.
5. Wiens K.E., Woyczynski L.P., Ledesma J.R., et al. Global variation in bacterial strains that cause tuberculosis disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med.* 2018;16(1):196. doi:10.1186/s12916-018-1180-x.

СЕКЦІЯ
«СУЧАСНІ
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ЗАСОБИ
В ГАЛУЗІ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
І МЕХАТРОНІКИ»

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ТЕХНОЛОГІЯМИ 3D-ДРУКУ ТА ПОСТМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Адитивне виробництво (АМ) є технологією виготовлення, у якій деталь створюється пошарово безпосередньо з її CAD-моделі. Деталь ділиться на шари заданої товщини, а машина для адитивного виробництва, керована комп'ютером із числовим програмним управлінням (CNC), наносить ці шари один на одного. Завдяки цьому підходу можна виготовляти дуже складні та індивідуалізовані деталі з меншими зусиллями, ніж у традиційних методах виробництва. Ще однією перевагою є зменшення кількості відходів, що у свою чергу знижує вартість виготовлення деталей у порівнянні з механічною обробкою. Завдяки цьому адитивне виробництво широко використовується в таких передових галузях, як аерокосмічна, автомобільна промисловість і біомедична інженерія.

Проте деталі створені за допомогою адитивного виробництва, мають характерні процесуальні недоліки, зокрема високу шорсткість поверхні. Оскільки виготовлення відбувається пошарово, з'являється ефект ступінчастості, що погіршує якість поверхні порівняно з традиційними методами. Це особливо помітно на вигнутих і похилих ділянках. Для металевих виробів, виготовлених із порошкових матеріалів, додатковою проблемою стає агломерація частково розплавлених частинок, що ще більше знижує якість поверхні. Крім того, можливі деформації, термічні напружки та викривлення, які негативно впливають на точність розмірів. Окрім зниженої втомної міцності, висока шорсткість поверхні може погіршувати ефективність потоку в аерокосмічних компонентах. Таким чином, надмірна шорсткість не лише псує зовнішній вигляд деталей, а й знижує їхню продуктивність.

Оскільки технології адитивного виробництва не дозволяють одразу досягти потрібних механічних характеристик і якості поверхні, деталі піддають постобробці після виготовлення.

Обробка полімерних деталей [2-3]

Механічне шліфування: це один із найпоширеніших методів обробки адитивно виготовлених деталей. Воно включає різноманітні методи, від використання наждачного паперу до магнітореологічного шліфування (MRF) та абразивно-потокової обробки (AFF).

Полірування наждачним папером: Це найпростіший метод обробки деталей, виготовлених методом FDM (fused deposition modeling). Після полірування наждачним папером шорсткість поверхні зменшилася з 14,4 мкм до 0,407 мкм. Однак цей процес спричиняє високий ступінь зношування, що значно зменшує розміри деталей.

Абразивно-струменева обробка (AJ): Під час обробки потік абразивних частинок спрямовують під певним кутом до поверхні. Залежно від абразивного матеріалу та параметрів тиску, шорсткість поверхні значно зменшувалася, але AJ має обмеження щодо обробки складних форм.

Обробка в обертovому барабані: У цьому методі деталі поміщаються в абразивне середовище в барабані, який обертається. Хоча цей процес дозволяє обробляти складні форми, його ефективність зменшується для похилих поверхонь, а сам процес займає тривалий час.

Абразивно-потокова обробка (AFF): Цей метод демонструє хороші результати для обробки складних поверхонь і порожнин, оскільки потік абразивного матеріалу може проникати в усі кути.

Хімічна обробка: є поширеним методом покращення якості поверхні деталей, виготовлених за допомогою АМ. Метод передбачає занурення деталей у рідкий або пароподібний хімічний розчин. Наприклад:

Обробка ABS у розчині диметилкетону: Після обробки шорсткість поверхні зменшилася приблизно на 1%. Однак цей процес також спричиняє незначне зменшення розмірів деталей.

Обробка PLA парою дихлорметану: Це значно знижує шорсткість поверхні (на 86% у порівнянні з необробленими деталями).

Застосування покриттів: покривання полімерних деталей, наприклад, восковими складами, використовуються для створення шаблонів лиття. Цей процес знижує шорсткість поверхні, але збільшує розміри деталі, що слід враховувати під час розробки.

Лазерна обробка полімерів, таких як PLA, демонструє зменшення шорсткості до 1–2 мкм. Однак процес має обмеження для обробки внутрішніх порожнин. Надмірна енергія може призвести до перегріву та пошкодження матеріалу.

Обробка металевих деталей [3]

Лазерна поліровка металевих деталей, виготовлених методом АМ: Цей метод дозволяє суттєво змінювати текстуру поверхні без втрати матеріалу. Основний принцип полягає в тому, що лазер нагріває поверхню деталі, плавлячи нерівності, які потім заповнюють заглибини, зменшуючи шорсткість. Однак лазерна поліровка має обмеження для обробки внутрішніх порожнин або поверхонь зі складною геометрією.

Електрохімічна та хімічна обробка: металеві деталі, які проводять електрику, можна обробляти електрохімічно. У таких методах використовуються кислотні розчини для видалення часток із поверхні.

Механічна обробка: використовується в широкому спектрі методів, таких як шліфування, ультразвукова обробка та абразивно-потокова обробка.

Постобробка методом ультразвуку: таке як ультразвукове нанокристалічне шліфування (UNSM), використовуються для покращення поверхні деталей. UNSM зменшує шорсткість поверхні з 18 до 3,5 мкм. Додатковою перевагою є створення залишкових стискуючих напруг, які підвищують міцність на втому.

Лазерне ударне зміцнення (LSP): цей метод використовується для створення стискуючих напруг на поверхні деталей, що підвищує їхню довговічність. LSP може значно покращити зносостійкість і змінити мікроструктуру поверхні.

У цій роботі розглянуто методи постобробки деталей, виготовлених за технологією адитивного виробництва. Кожен метод має свої переваги та обмеження, тому вибір технології постобробки залежить від вимог до кінцевої продукції. Для полімерних виробів найбільш ефективними є хімічна обробка та метод AFF. Металеві деталі доцільно полірувати за допомогою лазера або ультразвукових методів, оскільки вони забезпечують найвищу якість поверхні. Поєднання різних підходів дає змогу компенсувати недоліки окремих технологій і досягати оптимальних результатів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. DebRoy T., Wei H., Zuback J. et al. Additive manufacturing of metallic components – Process, struct.
2. Kumar P., Singh R. "Impact of Post-Processing on Mechanical Properties of Polyamide Parts," International Journal of Manufacturi.
3. The Post-Processing of Additive Manufactured Polymeric and Metallic Parts.2-32

**МАШИННЕ НАВЧАННЯ ТА НЕЙРОМЕРЕЖІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДУ СОТС
ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ РІЗАННЯ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ**

Механічна обробка металів є однією з ключових операцій у виробництві деталей. Якість обробки залежить від багатьох факторів, включаючи склад смаочно-охолоджуючих технологічних середовищ (СОТС), параметри різання та фізико-хімічні процеси, що відбуваються в зоні різання. В останні роки машинне навчання та нейромережі стали потужним інструментом для оптимізації цих процесів. У даній статті розглядаються можливості застосування цих технологій для покращення складу СОТС та управління процесами різання в реальному часі.

Оптимізація складу СОТС за допомогою машинного навчання. Склад СОТС грає ключову роль у забезпеченні якості обробки металів. Традиційні методи розробки СОТС базуються на емпіричних даних та вимагають значних витрат часу та ресурсів. Машинне навчання дозволяє автоматизувати цей процес, аналізуючи великі обсяги даних про властивості різних компонентів СОТС. Алгоритми машинного навчання, такі як регресія, класифікація та кластеризація, можуть бути використані для прогнозування впливу різних компонентів СОТС на якість обробки. Наприклад, за допомогою регресійних моделей можна визначити оптимальну концентрацію полімерних добавок, які покращують оброблюваність металу.

Генеративні моделі для розробки нових матеріалів. Генеративні моделі, такі як GAN (Generative Adversarial Networks), можуть бути використані для розробки нових матеріалів з заданими властивостями. Ці моделі дозволяють створювати віртуальні компоненти СОТС та прогнозувати їх поведінку в умовах різання.

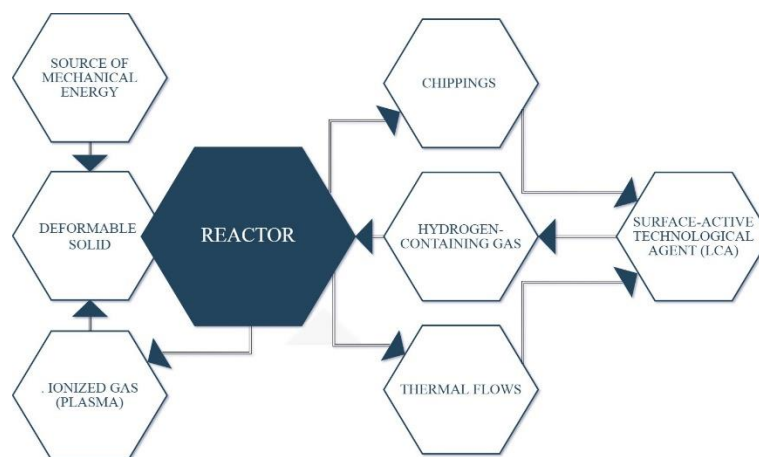


Рисунок 1 – Схема взаємодії компонентів у зоні різання при механічній обробці металів

На рисунку 1 представлена схема взаємодії різних компонентів у зоні різання при механічній обробці металів. Джерело механічної енергії (1) впливає на деформуєме тверде тіло (2), що призводить до утворення тріщин руйнування (3). У процесі різання утворюється стружка(4), яка взаємодіють з поверхнево-активним технологічним середовищем (СОТС) (5). В результаті цієї взаємодії генерується водневмісний газ (6), який під дією термічних потоків (7) перетворюється на іонізований газ (плазму) (8). Цей процес є ключовим для розуміння механізму механоплазмової обробки, який дозволяє значно покращити якість обробки металів. Використання машинного навчання та нейромереж дозволяє оптимізувати склад СОТС та

керувати процесами різання в реальному часі, що забезпечує більш високу точність та ефективність механічної обробки.

Управління процесами різання в реальному часі. Процеси різання є складними та вимагають точної настройки багатьох параметрів, таких як швидкість різання, подача, температура та кількість та якість смазочно-охолоджуючих технологічних середовищ (СОТС). Традиційні методи управління цими параметрами часто не враховують динамічні зміни умов різання, що може призвести до зниження якості обробки та збільшення витрат на виробництво. Наприклад, зміна температури або зносу інструменту може суттєво впливати на результат різання, але традиційні системи управління не завжди вчасно реагують на ці зміни.

Основна проблема полягає в тому, щоб забезпечити стабільну та ефективну роботу обладнання в умовах, коли параметри процесу постійно змінюються. Це вимагає не лише точного контролю за поточними умовами, а й швидкої адаптації до змін. Традиційні підходи, такі як ручне управління або використання статичних алгоритмів, не завжди справляються з цими викликами. Тому застосування інтелектуальних систем, таких як машинне навчання та нейромережі, стає необхідністю для сучасної механічної обробки.

Нейромережі, особливо рекурентні нейромережі (RNN), можуть бути використані для прогнозування якості обробки в реальному часі на основі даних з датчиків. Ці мережі здатні аналізувати часові ряди даних, такі як зміни температури, швидкості різання та стану інструменту, і передбачати можливі проблеми, такі як знос інструменту або погіршення якості поверхні. Наприклад, система може попереджати оператора про необхідність заміни інструменту або коригування параметрів різання, щоб уникнути браку.

Основна перевага нейромереж полягає в їх здатності навчатися на великих обсягах даних та виявляти складні закономірності, які люди можуть не помітити. Це дозволяє системам управління ставати "розумнішими" з часом, зменшуючи ймовірність помилок та підвищуючи ефективність процесу.

Системи управління, засновані на машинному навчанні, можуть автоматично коригувати параметри різання в реальному часі. Алгоритми машинного навчання аналізують дані з датчиків, таких як термопари, датчики зносу інструменту та системи візуалізації, і приймають рішення про зміну швидкості різання, подачі СОТС та інших параметрів. Наприклад, якщо система виявляє підвищення температури в зоні різання, вона може автоматично зменшити швидкість різання або збільшити подачу СОТС, щоб запобігти пошкодженню інструменту або деталі.

Такі системи можуть працювати в режимі реального часу, що дозволяє швидко реагувати на зміни умов та запобігати виникненню проблем. Це не лише підвищує якість обробки, а й знижує витрати на виробництво за рахунок зменшення кількості браку та збільшення терміну служби інструментів.

Машинне навчання та нейромережі відкривають нові можливості для оптимізації складу СОТС та управління процесами різання в реальному часі. Ці технології дозволяють автоматизувати розробку нових матеріалів, прогнозувати якість обробки та керувати процесами різання з високою точністю. Впровадження цих методів у практику може значно покращити ефективність механічної обробки металів та знизити витрати на виробництво.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Soshko A.I. Theory and Applications of Mechanoplasma Effect in the Processes of Machining Intensification. *PROGRESS IN PHYSICS of METALS №1*, vol.20, 2019, Pp. 96-193.
2. Сошко А. І. Обґрунтування механоплазмового ефекту, що виникає в процесі механічної обробки металу в смазочно-охолоджуючих технологічних середовищах. *Металофізика і новітні технології, №1*, 2017, С.117-140.
3. Кулезнев В.Н. Хімія та фізика полімерів. К.: Вища школа, 1988, 311 с.

Наукове електронне видання

ХНТУ АРМ – 2025

**Матеріали
ХІІ Всеукраїнської
науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти
та молодих вчених
з автоматичного управління
присвячена Дню ракетно-космічної галузі України**

Праці конференції

ISBN 978-617-8187-44-6
(електронне видання)



Підписано до друку 08.04.2025 р. Формат 60×84/8.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 13,65. Обл.-вид. арк. 14,68.
Замовлення №3127.

Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С.
Свідоцтво про внесення до державного реєстру суб'єктів видавничої справи:
серія ХС №48 від 14.04.2005 р., видано Управлінням у справах преси та інформації
73000, Україна, м.Херсон, вул. Соборна, 2,
тел. +38050-133-10-13, e-mail: printvvs@gmail.com