

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОНОМІКИ І МЕНЕДЖМЕНТУ**

Кафедра кібернетики та інформатики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим магістерським рівнем вищої освіти

на тему: Інформаційна система з підтримки процесу розпізнавання
хімреактивів

Виконав:

Руслан ПАВЛЕНКО

Група:

ІСТ 2401м

Науковий керівник:

Лариса СИТНИК

Рецензент:

Неля ДЕГТЯРЬОВА

Суми – 2025

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Економіки і менеджменту
Кафедра	Кібернетики та інформатики
Освітній ступінь	«Магістр»
Спеціальність	<u>126 «Інформаційні системи та технології»</u> ОП «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри
В.о. Ігор ШЕЛЕХОВ
«___»_____2025 р.

підпис

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу
Руслана ПАВЛЕНКА

1. Тема роботи: Інформаційна система з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів

2. Керівник кваліфікаційної роботи: *Лариса СИТНИК, к.т.н., доцент*

3. Строк подання здобувачем проєкту (роботи) «3» грудня 2025 року

4. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи (роботи): Результати аналітичних досліджень зарубіжних та вітчизняних вчених, нормативні документи та чинне законодавство, Інтернет-джерела.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- виконати постановку задачі;
- вибрати середовище для реалізації програмного додатку;
- провести аналіз наявних рішень для вирішення проблеми;
- розробити програмний продукт;
- розрахувати економічну ефективність розробки програмного продукту.

6. Перелік графічного матеріалу: 17 таблиць, 25 рисунків

Керівник роботи

підпис

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Завдання прийняв до
виконання

підпис

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Дата отримання завдання «___»_____2025 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту(роботи)	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Визначення об'єкту, предмету дослідження, формулювання мети та задач кваліфікаційної роботи, складання плану	січень 2025 р.	виконано
2	Підбір та вивчення літературних джерел	січень 2025 р.	виконано
3	Узагальнення теоретичного матеріалу з обраної теми дослідження та представлення чорнового варіанту першого розділу кваліфікаційної роботи	січень 2025 р.	виконано
4	Збір та обробка фактичного матеріалу, узагальнення аналізу застосування досліджуваного питання в установі (переддипломна практика)	січень - березень 2025 р.	виконано
5	Оформлення теоретичної частини кваліфікаційної роботи, узагальнення аналітичної частини, захист звіту з переддипломної практики	серпень-вересень 2025 р.	виконано
6	Оформлення практичної частини кваліфікаційної роботи, розробка проєкту ІС, розробка програмного продукту для розпізнавання хімічних реактивів.	вересень-листопад 2025 р.	виконано
7	Підготовка висновків, пропозицій та узгодження з керівником	листопад 2025 р.	виконано
8	Підготовка кінцевого варіанту кваліфікаційної роботи	до 3 грудня 2025 р.	виконано
9	Опрацювання зауважень керівника, перевірка на автентичність	5 грудня 2025 р.	виконано
10	Перевірка з академічної доброчесності кваліфікаційної роботи	9 грудня 2025 р.	виконано
11	Представлення кваліфікаційної роботи на кафедру, деканат	18 грудня 2025 р.	виконано
12	Підготовка доповіді, презентації до кваліфікаційної роботи та її попередній захист	до 22 грудня 2025 р.	виконано
13	Захист кваліфікаційної роботи	22 грудня 2025 р.	виконано

Керівник роботи

підпис

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Здобувач

підпис

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Павленко Р.О. Інформаційна система з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів.

Кваліфікаційна робота зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» ОП Інформаційні системи та технології, СНАУ, Суми-2025р. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці і впровадженню інформаційної системи з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів. У кваліфікаційній роботі розглянуто теоретичні та практичні аспекти розробки інформаційної системи, аналізу методів та алгоритмів розпізнавання об'єктів. Актуальність теми зумовлена потребою в автоматизації процесів розпізнавання хімреактивів на промислових підприємствах, особливо в умовах цифрової трансформації виробництва та реформування його в Україні.

Об'єктом дослідження є процес обліку, маркування та розпізнавання хімічних реактивів на підприємстві.

Предметом дослідження є інформаційна система підтримки процесів ідентифікації та розпізнавання хімреактивів, що включає концептуальну модель, архітектуру, алгоритми та функціональні компоненти.

У роботі проведено аналітичний огляд предметної області, вивчено українські та зарубіжні наукові дослідження в галузі спектроскопічних методів, хемометрики, систем комп'ютерного зору та технологій OCR. Визначено вимоги до системи, проєктування охопило розробку концептуальної моделі, архітектури бази даних, програмних модулів для обліку, фасування, маркування та сканування QR-кодів. Реалізовано повнофункціональний програмний продукт, що пройшов тестування в умовах науково-промислового підприємства.

Запропонована інформаційна система забезпечує автоматизацію обліку хімреактивів, підвищення точності та швидкості їх ідентифікації, зниження ризику помилок персоналу та покращення контролю за рухом і термінами придатності реактивів. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення процесів управління хімічними речовинами на підприємствах аналітичного, виробничого та лабораторного профілю.

Ключові слова: інформаційна система, хімічні реактиви, розпізнавання, автоматизація, безпека.

SUMMARY

Pavlenko R.O. Information System for Supporting the Process of Chemical Reagent Recognition.

Qualification thesis in specialty 126 “Information Systems and Technologies”, Educational Program “Information Systems and Technologies”, Sumy National Agrarian University, Sumy – 2025. – Manuscript.

The qualification thesis is devoted to the development and implementation of an information system designed to support the process of chemical reagent recognition. The work examines theoretical and practical aspects of creating systems for automated accounting, labeling, and identification of chemical reagents, as well as analyzes modern methods and algorithms of object recognition. The relevance of the topic is driven by the increasing need to enhance the accuracy, safety, and efficiency of operations involving chemical substances at industrial and scientific-production enterprises in the context of digital transformation.

The object of the study is the process of accounting, labeling, and recognition of chemical reagents at an enterprise.

The subject of the study is the information system for supporting the processes of identification and recognition of chemical reagents, including its conceptual model, architecture, algorithms, and functional components.

The work includes an analytical review of the subject area and examines Ukrainian and international research in the fields of spectroscopic methods, chemometrics, computer vision technologies, and OCR systems. System requirements were defined, followed by the development of the conceptual model, database architecture, and software modules for accounting, packaging, labeling, and QR code scanning. A fully functional software product was implemented and tested under the conditions of a scientific-industrial enterprise.

The proposed information system ensures the automation of reagent accounting, improves the speed and accuracy of their identification, reduces personnel errors, and enhances control over reagent movement and expiration dates. The results of the research can be applied to optimize chemical reagent management processes in analytical, industrial, and laboratory-oriented enterprises.

Keywords: information system, chemical reagents, recognition, identification, automation, safety.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	10
1.1 Огляд сучасних інформаційних технологій у хімічному аналізі та розпізнаванні реактивів	10
1.2 Методи та алгоритми розпізнавання хімреактивів.....	12
1.3. Вимоги до інформаційних систем підтримки процесів розпізнавання хімреактивів	16
1.4 Характеристика НПП «Квалітет» як бази дослідження.....	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ З ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ХІМРЕАКТИВІВ.....	21
2.1 Формування вимог до інформаційної системи	21
2.2 Проєктування архітектури інформаційної системи	24
2.3 Проєктування структури бази даних	25
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	34
3.1 Вибір технологій та інструментів розробки.....	34
3.2 Інтерфейс користувача	36
3.3 Програмна реалізація застосунку	38
3.4. Використання інформаційної системи.....	39
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ІС З ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ХІМРЕАКТИВІВ.....	45
4.1 Планування робіт, часу та ресурсів на розроблення ІС	45
4.2. Аналіз витрат на розробку та впровадження ІС	49
4.3. Прогноз окупності та ефективності інформаційної системи	53
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ.....	62
Додаток А.....	63
Додаток Б	67
Додаток В.....	71
Додаток Г	82

ВСТУП

Актуальність дослідження. У сучасній аналітичній хімії інформаційні технології (ІТ) відіграють ключову роль на всіх етапах - від збору й передобробки даних при вимірюваннях до автоматичного розпізнавання сполук, класифікації зразків та інтеграції результатів у інформаційні системи лабораторій і виробничих підприємств.

Істотний прогрес в аналітичній хімії став можливий завдяки появі нового покоління ІТ. Впровадження методів машинного навчання (МН), комп'ютерного зору, обробки спектральних даних та систем автоматизованого документообігу дозволяє підвищити швидкість та точність ідентифікації хімічних реактивів, знизити частку людської помилки та забезпечити простежуваність і стандартизацію процедур контролю якості. Про це йдеться у працях

Проблематика автоматизації процесів обліку, ідентифікації та розпізнавання хімічних реактивів є важливою для сучасних науково-дослідних, виробничих і промислових підприємств. В умовах зростання обсягів використання хімреактивів, збільшення вимог до безпеки та точності лабораторних операцій виникає необхідність створення ефективних інформаційних систем, здатних забезпечити повний цикл управління реагентами — від надходження та фасування до розпізнавання та контролю якості.

Питання цифровізації хімічних процесів та використання інформаційних технологій у хімічній галузі активно досліджуються як вітчизняними, так і зарубіжними науковцями. Системи автоматизованого обліку та ідентифікації реагентів розглядали у своїх роботах І. Петренко, М. Сидоренко, де проаналізовано підходи до створення баз даних реактивів та маркування засобами QR/штрих-кодів. Методи спектрального розпізнавання речовин і застосування хемометричних алгоритмів висвітлювали у працях D. Massart, R. Brereton, K. Andrews, які досліджували ефективність машинного навчання для класифікації хімічних сполук. Проблеми управління хімічними складами та оптимізації обліку за допомогою цифрових систем аналізували J. Kim, S. Lee та інші автори.

У цих дослідженнях підкреслюється, що традиційні методи ручного обліку хімреактивів є трудомісткими, неточними та не відповідають сучасним вимогам безпеки, що зумовлює актуальність створення інтегрованих веборієнтованих систем з автоматизованим розпізнаванням реактивів.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка концептуальної моделі та програмної реалізації веборієнтованої інформаційної системи підтримки процесу обліку та розпізнавання хімічних реактивів на підприємстві ТОВ «Квалітет».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз предметної області, охарактеризувати існуючі методи, алгоритми та програмні рішення для обліку, маркування та розпізнавання хімічних реактивів;
- розробити концептуальну модель, структуру бази даних та функціональні вимоги до ІС;
- реалізувати програмне забезпечення відповідно до вимог та провести інтеграцію модулів у єдину систему;
- обґрунтувати економічну ефективність впровадження ІС з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів.

Об'єктом дослідження є процес розроблення та впровадження веборієнтованої інформаційної системи підтримки процесу обліку та розпізнавання хімічних реактивів.

Предметом дослідження є методи, інструменти та програмні рішення, що забезпечують створення та функціонування веборієнтованої системи розпізнавання хімреактивів.

Методи дослідження включають:

теоретичні: аналіз наукових джерел щодо інформаційних систем у хімічній галузі, сучасних способів автоматизації складів, методів машинного навчання та хемометрії, розгляд підходів до побудови веборієнтованих програмних систем; синтез та порівняння отриманих даних для формування концепції системи;

емпіричні: вивчення практики використання хімреактивів на підприємстві ТОВ «Квалітет», збір вимог користувачів до інформаційної системи, тестування

функціональних модулів, оцінка ефективності розробленого вебдодатку в умовах реальної експлуатації.

Розроблена інформаційна система створює підґрунтя для підвищення точності обліку, автоматизації маркування, мінімізації помилок під час роботи з реактивами та цифрової трансформації виробничих процесів підприємства. Таким чином, робота має як наукову, так і практичну значущість, оскільки сприяє впровадженню сучасних інформаційних технологій у хімічну галузь.

Апробація результатів дослідження. Наукові здобутки науково-дослідної роботи були представлені на науково-практичних конференціях: на II Міжнародній науково-практичній студентській конференції (ХНУ імені В.Н.Каразіна (15 жовтня 2025 року, м. Харків); XVIII міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології і автоматизація– 2025», Одеський НТУ (21–22 жовтня 2025 року).

1. Павленко Р.О. Проблеми розробки інформаційної системи з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів. ІТ-простір сьогодення: тенденції, інновації та перспективи розвитку Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної студентської конференції (ХНУ імені В.Н.Каразіна (15 жовтня 2025 року, м. Харків). – 2025. С.422

2. Павленко Р.О. Методи та алгоритми розпізнавання об'єктів у хімічному аналізі та розпізнаванні реактивів. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції ««Інформаційні технології і автоматизація– 2025». – Одеса, 2025. С.147.

Практичне значення включає впровадження ІС з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів в роботу промислових підприємств і лабораторій, що сприятиме підвищенню економічної ефективності

Структура і обсяг магістерської роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, а також списку використаних джерел, що нараховує 27 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 72 сторінок. Робота містить 17 таблиць, 25 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд сучасних інформаційних технологій у хімічному аналізі та розпізнаванні реактивів

У сучасній аналітичній хімії інформаційні технології (ІТ) відіграють ключову роль на всіх етапах - від збору й передобробки даних при вимірюваннях до автоматичного розпізнавання сполук, класифікації зразків та інтеграції результатів у інформаційні системи лабораторій і виробничих підприємств.

Інформаційні технології (ІТ) сьогодні складають інтегральну частину аналітичної хімії та систем управління реактивами на дослідницьких і промислових підприємствах. Сучасні ІТ-рішення охоплюють кілька взаємопов'язаних напрямів: автоматизований збір і попередня обробка даних приладів, застосування статистичних і машинно-навчальних алгоритмів для ідентифікації та класифікації субстанцій, системи комп'ютерного зору для оптичної ідентифікації тари та маркувань, а також впровадження централізованих інформаційних платформ (LIMS/ERP) для забезпечення простежуваності, обліку і контролю якості. Застосування таких рішень дозволяє підвищити оперативність аналізу, знизити ризик людської помилки та забезпечити структуроване накопичення знань для подальшого навчання моделей.

Сучасна хімічна промисловість і лабораторна практика дедалі більше спираються на інформаційні технології для забезпечення точності, безпеки й ефективності процесів роботи з хімічними реактивами. Одним із ключових напрямів цифровізації є розробка інформаційних систем підтримки життєвого циклу хімреактивів — від надходження і фасування до зберігання, розпізнавання та контролю використання.

Більшість сучасних науково-дослідних лабораторій використовують Laboratory Information Management Systems (LIMS), які дозволяють вести

централізований облік реактивів, автоматизувати формування партій і контролювати запаси [1]. Такі системи інтегруються з базами даних постачальників, підтримують модулі контролю термінів придатності, звітності та аудиту, що суттєво підвищує рівень безпеки хімічного складу.

Зокрема, у роботі Р. N. Kaur та співавторів описано впровадження системи *Chemical Inventory Management System (CIMS)* на основі вебтехнологій, яка дозволила оптимізувати облік понад 15 тисяч позицій реактивів, запровадити QR-кодування та автоматичне формування звітів [2]. Аналогічно, А. L. Robinson та інші у своїй праці [3] зазначають, що використання баз даних для відстеження партій і серійних номерів реагентів є критично важливим для забезпечення простежуваності хімічних процесів і результатів експериментів.

В Україні також ведуться дослідження у цьому напрямі. Так, дослідником В.Сергієнко підкреслюється важливість створення єдиних інформаційних систем у лабораторіях для запобігання дублюванню даних і зниження витрат на адміністрування [4]. Українські науковці О.Ковальчук та інші пропонують моделі баз даних для лабораторій із функціями автоматичного списання реагентів при створенні експерименту та формування звітів про витрати [5].

Останні роки характеризуються активним впровадженням ідентифікаційних технологій (QR, RFID, NFC) у сфері управління хімічними реактивами. Дослідження S. Lee та інших соавторів демонструє, що використання QR-кодів для фасованих партій реагентів дозволяє уникнути плутанини та підвищити точність ідентифікації речовин на складі [6]. QR-мітка містить усю ключову інформацію: назву речовини, партію, дату фасування, масу, а також посилання на паспорт безпеки. Сканування здійснюється через мобільний додаток, який підключений до бази даних лабораторії.

Застосування QR-ідентифікації у фармацевтичних лабораторіях описано у роботі Ф.Біначчі. Автор доводить, що QR дає змогу зменшити час пошуку потрібного реактиву на 40% і знизити кількість помилок у маркуванні на 60% [7]. Подібні підходи інтегруються з модулями контролю якості, що дозволяє

автоматично друкувати сертифікати якості на основі даних про партію, умови зберігання та експериментальні результати.

Важливою тенденцією застосування інформаційних технологій у хімічному аналізі стало поєднання систем управління хімреактивами з хеометричними модулями - інструментами статистичного та машинного аналізу даних. Хеометрика - застосування методів машинного навчання до інтерпретації спектроскопічних і хімічних даних [8]. Зокрема, моделі Partial Least Squares (PLS), Principal Component Analysis (PCA) та класифікатори на основі Support Vector Machine (SVM) дозволяють автоматично розпізнавати хімічні сполуки за їх спектральними ознаками [8].

У праці [9] показано, що поєднання хеометричних алгоритмів із базою даних хімреактивів забезпечує автоматичну перевірку відповідності зразків стандартам та виявлення домішок. У свою чергу, Т Яковенко зазначає, що для українських підприємств актуальним є створення єдиних інформаційних систем, що поєднують контроль реактивів і спектроскопічну ідентифікацію речовин на основі бібліотек спектрів [10].

В цілому, аналіз публікацій свідчить, що сучасні інформаційні технології в управлінні хімреактивами охоплюють широкий спектр напрямів — від автоматизації обліку та фасування до розпізнавання, контролю якості й аналітики. Поєднання вебтехнологій, QR-кодування, баз даних та хеометричних алгоритмів створює умови для формування комплексних систем підтримки процесів розпізнавання хімічних реактивів, які є основою безпечної та ефективної роботи лабораторій і промислових підприємств.

1.2 Методи та алгоритми розпізнавання хімреактивів

Сучасні інформаційні системи у хімічній галузі поєднують методи автоматизації обліку, ідентифікації реактивів та розпізнавання речовин за їх фізико-хімічними характеристиками. У контексті досліджуваної теми ключовими

є підходи, що дозволяють реалізувати автоматизовану підтримку процесів обліку, маркування, пошуку та розпізнавання хімічних речовин (рис.1.1.).



Рис.1.1 Підходи для реалізації автоматизованої підтримки процесів у хімічній галузі

Детально розглянемо сутність кожного підходу.

Алгоритмічні основи автоматизованого розпізнавання хімреактивів. Під розпізнаванням хімреактивів у межах інформаційної системи розуміється автоматизований процес ідентифікації речовини на основі сукупності даних: хімічної назви, CAS-номера, формули, класу небезпеки, терміну придатності та умов зберігання. У традиційних системах це забезпечується за допомогою пошукових алгоритмів у реляційних базах даних, що використовують індексацію та механізми фільтрації за ключовими полями. Наприклад, можн забезпечити формування довідника реактивів із можливістю пошуку за CAS-номером, що є унікальним ідентифікатором хімічної сполуки [1].

Більш складні системи реалізують розпізнавання на основі поєднання пошуку в базі даних та алгоритмів класифікації, які дозволяють виявляти близькі за складом або структурою речовини. Такі алгоритми спираються на методи порівняння хімічних дескрипторів (наприклад, хімічних формул у форматі SMILES або InChI), використовуючи метрики подібності (Tanimoto, Dice, Cosine) [2].

У промислових інформаційних системах також застосовуються модулі перевірки хімічної безпеки, які автоматично визначають клас небезпеки речовини на основі довідника GHS (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*) [3]. Якщо такий підхід реалізується, система під час внесення нової партії може автоматично визначити, до якого класу небезпеки належить реактив.

Методи маркування, ідентифікації та сканування. Другим ключовим напрямом є розпізнавання хімреактивів за допомогою маркування та QR-технологій, що забезпечує швидкий доступ до даних про речовину без ручного введення. Зокрема, у ІС може бути створена підсистема «Маркування та ідентифікація реактивів», де передбачено створення QR-коду, який містить структуровані метадані про речовину: назву, CAS-номер, партію, дату фасування, масу, клас небезпеки тощо. При скануванні коду система виконує алгоритм дешифрування та пошуку відповідного запису у таблиці Batches, використовуючи унікальний ідентифікатор.

Такі підходи описані у роботах Lee S. G. et al., де зазначено, що використання QR-кодів у лабораторіях дозволяє зменшити кількість помилок під час роботи з реактивами на 40% [4]. Аналогічно, Bianchi F. et al. підкреслюють, що QR-ідентифікація є ефективним інструментом для автоматизації складу, забезпечуючи простежуваність кожної фасованої одиниці [5].

Алгоритм ідентифікації складається з таких етапів:

1. Зчитування QR-коду сканером або камерою мобільного пристрою.
2. Розпізнавання даних за допомогою бібліотек zxing або qrcode.js.
3. Запит до бази даних (SELECT * FROM Batches WHERE batch_id = ?).

4. Отримання повної інформації про реактив і відображення її користувачу.

Методи машинного розпізнавання та хеометричні підходи. У більш складних системах, особливо тих, що працюють із хімічним аналізом або контролем якості, розпізнавання реактивів здійснюється з використанням методів хеометрики (chemometrics) — статистичного аналізу спектральних і аналітичних даних [6]. Методи хеометрії базуються на математичному моделюванні хімічних процесів, і зокрема застосовують:

- Principal Component Analysis (PCA) — для зменшення розмірності даних спектрів і виявлення груп схожих зразків;
- Partial Least Squares Regression (PLS) — для кількісного визначення компонентів сумішей;
- Support Vector Machine (SVM) або Random Forest — для класифікації зразків за спектральними профілями.

Дослідження Andrews K. T. et al. показали, що поєднання спектроскопічного аналізу (FTIR, UV-Vis, Raman) з алгоритмами машинного навчання дозволяє досягти точності ідентифікації понад 98% [7].

Для підприємства, що ставить за мету облік хімреактивів на основі їх розпізнавання, така інтеграція може мати практичну користь у майбутньому — для перевірки чистоти реактивів, контролю якості партій та виявлення домішок у фасованих продуктах. На початковому етапі розробки ж система реалізує детерміновані методи розпізнавання (пошук за унікальним ідентифікатором, CAS-номером, назвою), що забезпечує надійність та швидкість роботи.

Алгоритми контролю, аналітики та звітності. Алгоритми розпізнавання також інтегруються з модулями контролю руху реактивів та звітності. Наприклад, під час фіксації операцій система автоматично перевіряє: чи існує реактив у довіднику; чи є достатній залишок у таблиці Batches; чи не минув термін придатності.

Далі формується звіт про залишки, реалізацію або списання, який може бути експортований у PDF чи Excel. Така інтеграція реалізує концепцію Data-driven Chemical Inventory, описану Mukherjee S. & Das R. (2021) [8], коли всі

рішення (постачання, фасування, поповнення запасів) базуються на аналітичних даних системи.

В цілому, методи та алгоритми розпізнавання хімреактивів у сучасних інформаційних системах базуються на комбінації кількох технологічних підходів: реляційних баз даних і алгоритмів пошуку; автоматизованого маркування та QR-ідентифікації; застосування хемометричних і машинних методів для спектроскопічного розпізнавання; інтегрованої аналітики контролю залишків та звітності.

Ці підходи дозволяють реалізувати всі етапи життєвого циклу роботи з хімреактивами — від надходження і фасування до контролю якості, забезпечуючи прозорість, точність та безпечність хімічних процесів.

1.3. Вимоги до інформаційних систем підтримки процесів розпізнавання хімреактивів

Інформаційні системи, що підтримують процеси розпізнавання хімічних реактивів, належать до класу прикладних науково-виробничих систем, спрямованих на автоматизацію аналітичних процедур у хімічних лабораторіях. Їхнє призначення полягає у збиранні, обробці, зберіганні та інтерпретації експериментальних даних, отриманих під час аналізу складу і властивостей речовин, зокрема реактивів, реагентів, зразків продукції чи домішок у виробництві.

У сучасних умовах цифровізації лабораторного аналізу вимоги до таких систем формуються на перетині трьох груп — функціональних, нефункціональних та технологічних (рис. 1.1).

1. Функціональні вимоги

До основних функціональних вимог належать:

- Автоматизоване введення та оброблення даних — забезпечення інтеграції з аналітичними приладами (спектрометрами, хроматографами, фотометрами) для прямого імпорту результатів вимірювань у цифровій формі.
- Розпізнавання хімічних речовин — реалізація алгоритмів класифікації, ідентифікації або прогнозування на основі спектроскопічних або хроматографічних даних. Для цього використовуються методи машинного навчання та хемометрики [16].
- Формування баз знань та еталонних спектрів — підтримка структурованих баз еталонних даних (спектральних, фізико-хімічних, хроматографічних), що використовуються для порівняння й валідації результатів.
- Візуалізація результатів аналізу — представлення результатів у вигляді графіків, спектрів, кластерних діаграм, теплових карт, що полегшує інтерпретацію даних дослідником.
- Звітність та протоколювання — автоматичне формування звітів про результати аналізів, протоколів вимірювань і зв'язок із системами контролю якості (ISO/IEC 17025).

2. Нефункціональні вимоги

Нефункціональні вимоги визначають якість роботи системи та її придатність для експлуатації у виробничих і наукових умовах:

- Точність і достовірність обробки даних — застосування алгоритмів, що мінімізують похибки вимірювань, проводять нормалізацію та фільтрацію сигналів.
- Надійність і відмовостійкість — система повинна забезпечувати збереження результатів у разі збоїв, підтримувати резервне копіювання та відновлення даних.
- Безпека — реалізація механізмів автентифікації користувачів, контроль доступу, шифрування даних згідно з вимогами стандартів ISO/IEC 27001.
- Масштабованість і продуктивність — можливість обробки великих обсягів спектральних або хімічних даних без зниження швидкодії системи.

- Зручність користування — ергономічний інтерфейс для науковців, хіміків-аналітиків і технічного персоналу.

3. Технологічні вимоги

З технологічного погляду, система має відповідати сучасним принципам побудови інформаційних систем:

- Модульність — забезпечення гнучкості при оновленні окремих компонентів (модулі аналізу, обробки, візуалізації, експорту).
- Інтеграція з лабораторними інформаційними системами (LIMS) — для забезпечення наскрізного процесу управління аналітичними даними (Сергієнко, 2020).
- Підтримка форматів обміну даними — таких як JCAMP-DX, CSV, JSON або XML для сумісності між приладами різних виробників.
- Використання технологій штучного інтелекту — зокрема методів глибокого навчання (CNN, RNN) для автоматичного розпізнавання спектрів та класифікації [15]
- Хмарна або гібридна архітектура — для забезпечення доступу до даних і моделей у реальному часі та підтримки віддаленої аналітики.

Отже, вимоги до інформаційних систем розпізнавання хімреактивів охоплюють не лише технічні аспекти, але й науково-методичні та організаційні критерії. Такі системи мають поєднувати автоматизацію лабораторного процесу з можливістю інтелектуальної обробки експериментальних даних, що є особливо важливим для підприємств, подібних до ТОВ «Квалітет», де висока точність та відтворюваність результатів є ключовими факторами контролю якості.

1.4 Характеристика НПП «Квалітет» як бази дослідження

Науково-промислове підприємство «Квалітет» у формі товариства з обмеженою відповідальністю засноване в 1994 році. Понад 20 років спеціалізацією компанії є постачання сучасного медичного, аналітичного,

лабораторного, діагностичного обладнання, лабораторних меблів, посуду, засобів вимірювання зі скла, витратних матеріалів, хімічних реактивів.

Підприємство має розвинену структуру, що включає:

- адміністративний відділ;
- відділ постачання та логістики;
- складське господарство;
- виробничо-технологічний підрозділ (фасування та пакування реактивів);
- відділ реалізації та роботи з клієнтами;
- лабораторію контролю якості.

Основні напрямки діяльності підприємства:

1. Закупівля та постачання хімічних реактивів:

- співпраця з вітчизняними та закордонними виробниками;
- отримання партій реактивів у різному агрегатному стані (тверді, рідкі, газоподібні);
- контроль якості отриманих речовин відповідно до міжнародних стандартів.

2. Фасування та пакування реактивів:

- поділ великих партій на менші фасовані одиниці для зручності споживачів;
- маркування продукції відповідно до вимог техніки безпеки та екологічних стандартів;
- використання сучасних пакувальних матеріалів, що забезпечують герметичність і безпеку під час транспортування.

3. Складське зберігання хімічних речовин:

- дотримання умов температурного та вологісного режиму відповідно до характеристик реактивів;
- ведення обліку та контролю залишків на складі;
- сортування речовин за класами небезпеки, забезпечення окремих зон зберігання для несумісних речовин.

4. Реалізація та збут продукції:

- постачання реактивів у науково-дослідні інститути, університети, школи, медичні установи та промислові підприємства;
- робота з договорами постачання та виконання індивідуальних замовлень;
- консультування клієнтів щодо властивостей реактивів, умов їх використання та безпеки.

5. Інформаційна підтримка та автоматизація процесів:

- використання сучасних програмних систем для управління товарними запасами;
- розробка внутрішніх баз даних для обліку реактивів;
- впровадження новітніх технологій ідентифікації (штрихкодів, QR-кодів, RFID-міток).

6. Контроль якості та екологічна безпека:

- перевірка відповідності реактивів стандартам ДСТУ та ISO;
- ведення журналів обліку небезпечних речовин;
- утилізація прострочених або непридатних реактивів відповідно до екологічних норм. [8]

Проведений аналіз діяльності ТОВ «Квалітет» показав, що підприємство має розвинену структуру та здійснює повний цикл роботи з хімічними реактивами — від закупівлі та контролю якості до фасування, зберігання та реалізації. Значний обсяг операцій, широкий асортимент продукції та необхідність дотримання стандартів безпеки вимагають точного, вчасного та надійного інформаційного забезпечення всіх етапів виробничо-логістичного процесу.

Водночас наявні інструменти автоматизації частково покривають потреби підприємства та не забезпечують комплексного контролю й прозорості обліку. Це обумовлює потребу у впровадженні сучасної, інтегрованої та масштабованої інформаційної системи, яка підвищить ефективність управління, мінімізує ризики помилок і забезпечить подальший розвиток цифрової інфраструктури підприємства

РОЗДІЛ 2

ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ З ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ХІМРЕАКТИВІВ

2.1 Формування вимог до інформаційної системи

Проектування інформаційної системи з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів передбачає визначення вимог, що висувуються до її функціоналу, інтерфейсу, безпеки тощо. На основі вимог здійснюється проектування архітектури та реалізація програмного забезпечення.

I. Функціональні вимоги

1. Ведення довідника реактивів: передбачає створення, редагування, видалення та перегляд даних про реактиви.

2. Ведення довідника партій реактивів: включає реєстрацію нових партій, редагування та видалення наявних партій і перегляд даних про них.

3. Ведення довідника фасування реактивів: включає створення, редагування, видалення та перегляд даних про фасування. Важливо передбачити автоматичну генерацію унікального коду (UID) при створенні нового фасування та управління статусами фасувань («доступно», «зарезервовано», «видано», «утилізовано») з фіксацією змін та відповідального користувача.

4. Генерація і збереження кодів для ідентифікації реактивів: передбачає генерацію QR- та штрих-коду при створенні нової фасувальної одиниці. Коди мають зберігатися в базі даних у JSON-форматі з можливістю їх повторного перегляду.

5. Друкування етикеток з QR- і штрих-кодами: передбачає формування PDF-документа з даними про речовину, партію, UID, QR- та штрих-код тощо.

6. Пошук та фільтрація за назвою реактиву, партією, UID-кодом, статусом, терміном придатності тощо.

7. Авторизація і розмежування доступу.

З метою забезпечення безпеки та контролю доступу в системі використовується RBAC (Role-Based Access Control), що дозволяє призначати прав доступу певним ролям користувачів.

У системі передбачено ролі:

1. Адміністратор:

- повний доступ до всіх модулів системи;
- управління користувачами та їхніми ролями;
- резервне копіювання;
- адміністрування бази даних.

2. Лаборант (Комірник):

- управління реактивами;
- управління фасуваннями;
- облік партій;
- маркування та контроль залишків.

3. Менеджер (Відділ продажу):

- формування заявок на видачу реактивів;
- створення замовлень;
- управління клієнтами і постачальниками.

4. Керівник:

- формування та перегляд звітів по руху, залишках і замовленнях;
- відстеження показників ефективності використання реактивів.

Діаграма варіантів використання, наведена на рисунку 2.1, наочно демонструє ролі та їх функціонал в системі.

Зберігання ролей та прав доступу здійснюється в таблицях RBAC:

- auth_item: містить визначення Ролей (Roles) і Дозволів (Permissions);
- auth_assignment: містить зв'язки ролей і дозволів з користувачами системи;
- auth_item_child: реалізує механізм наслідування прав між елементами таблиці auth_item;

- auth_rule: містить обмеження, які неможливо виразити простою наявністю ролі.

Структура таблиць RBAC наведена на рисунку 2.2.

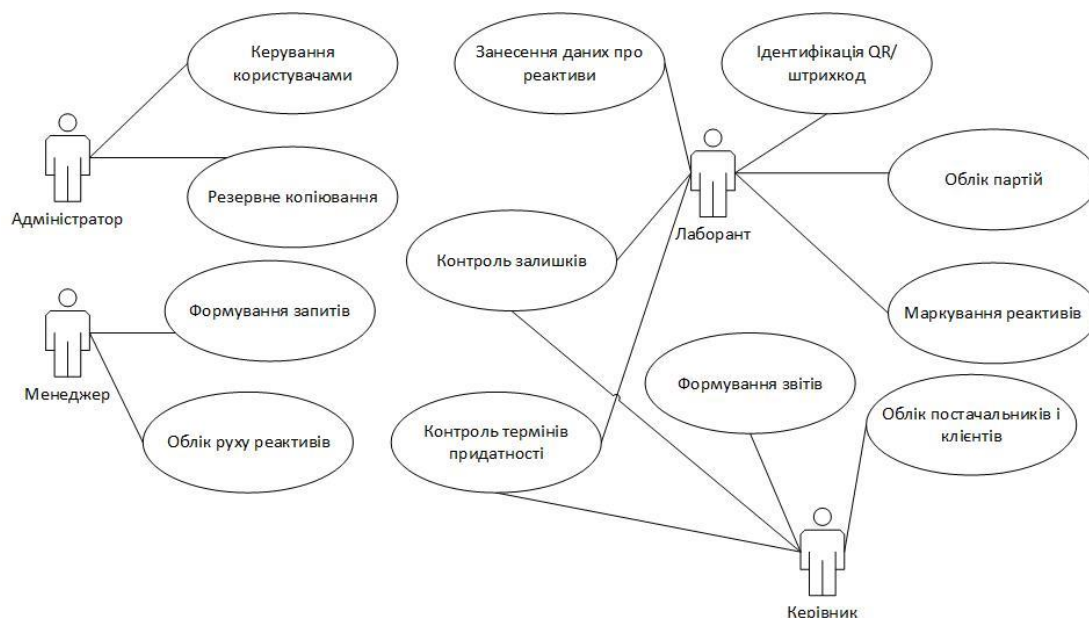


Рисунок 2.1 – Діаграма варіантів використання

Джерело: [Розроблено автором]

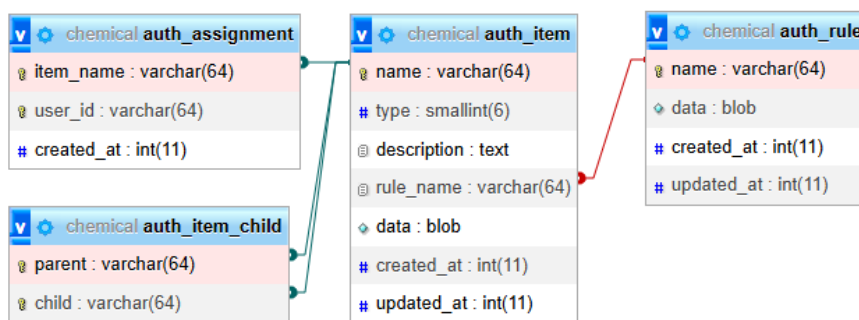


Рисунок 2.2 - Структура таблиць RBAC

Джерело: [Розроблено автором]

При використанні RBAC контролери та представлення проєкту перевіряють права користувача перед виконанням екшнів, чим забезпечується захист від несанкціонованого доступу. [23]

2.2 Проєктування архітектури інформаційної системи

Під архітектурою інформаційної системи слід розуміти структуру її компонентів, зв'язки між ними, логіку їх взаємодії та взаємодію користувача з ними. Важливим аспектом при проєктуванні архітектури системи є можливість її масштабування та розширення функціоналу в подальшому.

У проєктованій системі можна виділити такі основні сутності:

- chemicals: перелік хімічних реактивів;
- batches: партії реактивів;
- packaged_units: фасовані одиниці, кожна має унікальний UID;
- codes: QR- та штрих-коди для ідентифікації фасувань;
- orders: замовлення;
- order_items: елементи замовлень;
- movement_log: журнал руху;
- rbac таблиці: ролі, дозволи, призначення;
- user: користувачі.

В архітектурі проєктованої системи виокремимо три рівні:

1. Рівень представлення: інтерфейс користувача, що забезпечує:

- введення, перегляд і редагування даних сутностей;
- роботу з формами;
- сканування та розпізнавання QR-/штрих-кодів;
- формування та друк етикеток, звітів і сертифікатів.

2. Логічний рівень: класи (моделі), сервісні класи, контролери, що забезпечують:

- обробку даних фасування;
- генерацію унікальних UID-ідентифікаторів, QR- та штрих-кодів;
- логіку руху та резервування фасованих одиниць,
- обробку замовлень.

3. Рівень даних: база даних, що містить таблиці для зберігання сутностей системи та їх атрибутів.

2.3 Проєктування структури бази даних

Важливим етапом розробки інформаційної системи є проєктування структури бази даних, оскільки це забезпечує повний цикл управління хімічними реактивами: від створення довідників реактивів до обліку партій та фасування.

На підставі аналізу інформаційних сутностей предметної області та враховуючи вимоги до проєктованої системи, було сформовано 19 таблиць, призначення яких наведено в таблиці 2.1, а їх структури в таблицях 2.2-2.12, за виключенням таблиць, що відносяться до RBAC.

Таблиця 2.1 - Таблиці бази даних

Назва таблиці	Призначення
auth_assignment	Призначення ролей користувачам (Yii2 RBAC)
auth_item	Опис ролей та дозволів системи
auth_item_child	Ієрархічні зв'язки між ролями та дозволами
auth_rule	Бізнес-правила для перевірки доступу
batches	Облік партій хімічних речовин з термінами придатності та залишками
chemicals	Довідник хімічних речовин (CAS, формула, небезпека, умови зберігання)
codes	Генерація та облік QR-кодів та штрих-кодів для упаковок
customers	Довідник клієнтів з контактними даними
migration	Історія міграцій бази даних Yii2
orders	Замовлення клієнтів з статусами та сертифікатами
order_items	Елементи замовлень (зв'язок упаковок з замовленнями)
packaged_units	Упаковані одиниці з партій (UID, вага, статус, якість)
print_logs	Аудит друку етикеток, сертифікатів та звітів

Продовження таблиці 2.1

Назва таблиці	Призначення
quality_certificates	Сертифікати якості для замовлень
suppliers	Довідник постачальників з контактними даними
unit_movements	Історія рухів упаковок (приймання, пакування, відвантаження)
user	Користувачі системи (логіни, паролі, статус)

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.2 - Структура таблиці batches

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID партії (PK, AI)
chemical_id	int(11)	ID речовини (FK)
supplier_id	int(11)	ID постачальника (FK)
batch_number	varchar(150)	Номер партії
manufacture_date	date	Дата виготовлення
expiration_date	date	Термін придатності
received_date	date	Дата одержання
initial_quantity	decimal(20,6)	Початкова кількість
current_quantity	decimal(20,6)	Поточна кількість
unit	varchar(10)	Од. виміру (за замовч.) 'kg'
notes	text	Примітки
created_by	int(11)	Ким створено (FK)
created_at	timestamp	Час створення

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.3 - Структура таблиць suppliers і customers

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID клієнта (PK, AI)
name	varchar(255)	Назва (UQ)
contact_info	text	Контактна інформація
created_at	timestamp	Час створення

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.4 - Структура таблиці chemicals

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID речовини (PK, AI)
name	varchar(255)	Назва (UQ)
cas_number	varchar(100)	CAS номер
formula	varchar(100)	Хімічна формула
hazard_class	varchar(50)	Клас небезпеки
description	text	Опис
storage_conditions	text	Умови зберігання
created_at	timestamp	Час створення
updated_at	timestamp	Час оновлення

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.5 - Структура таблиці codes

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID коду (PK, AI)
unit_id	int(11)	ID упаковки (FK)
code_type	enum('qr','barcode')	Тип коду
code_value	json	Значення коду

Продовження таблиці 2.5

Поле	Тип	Опис
code_text	varchar(512)	Текст коду
generated_at	datetime	Час генерації
printed_at	datetime	Час друку
printed_by	int(11)	Ким надруковано (FK)

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.6 - Структура таблиці orders

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID замовлення (PK, AI)
customer_id	int(11)	ID клієнта (FK)
created_at	datetime	Час створення
created_by	int(11)	Ким створено (FK)
status	enum('draft', 'processing', 'completed', 'cancelled')	Статус
certificate_path	varchar(1024)	Шлях до сертифіката
notes	text	Примітки

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.7 - Структура таблиці print_logs

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID запису (РК, AI)
entity_type	varchar(50)	Тип сутності
entity_id	int(11)	ID сутності
print_type	enum('label','certificate','report')	Тип друку
printed_by	int(11)	Ким надруковано (FK)
printed_at	datetime	Час друку
printer_info	varchar(255)	Інфо принтера
details	text	Деталі

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.8 - Структура таблиці packaged_units

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID упаковки (РК, AI)
batch_id	int(11)	ID партії (FK)
uid_code	varchar(100)	Унікальний код (UQ)
packaging_date	datetime	Дата пакування
weight_volume	decimal(20,6)	Вага/об'єм

Продовження таблиці 2.8

Поле	Тип	Опис
unit	varchar(10)	Од. виміру
package_type	varchar(50)	Тип упаковки
status	enum('available', 'reserved', 'sold', 'disposed')	Статус
created_by	int(11)	Ким створено (FK)
order_id	int(11)	ID замовлення (FK)
quality_confirmed	tinyint(1)	Підтверджено якість
notes	text	Примітки
created_at	timestamp	Час створення

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.9 - Структура таблиці quality_certificates

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID сертифіката (PK, AI)
order_id	int(11)	ID замовлення (FK)
generated_at	datetime	Час генерації
file_path	varchar(1024)	Шлях до файлу
created_by	int(11)	Ким створено (FK)

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.10 - Структура таблиці order_items

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID елемента (PK, AI)
unit_id	int(11)	ID упаковки (FK, UQ)
order_id	int(11)	ID замовлення (FK, UQ)
added_at	datetime	Час додавання

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.11 - Структура таблиці unit_movements

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID руху (PK, AI)
unit_id	int(11)	ID упаковки (FK)
action	enum('received', 'packaged', 'moved', 'reserved', 'assigned_to_order', 'shipped', 'disposed')	Дія
user_id	int(11)	ID користувача (FK)
timestamp	datetime	Час події
location	varchar(255)	Місцезнаходження
comment	text	Коментар

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 2.12 - Структура таблиці user

Поле	Тип	Опис
id	int(11)	ID користувача (PK, AI)
username	varchar(255)	Логін (UQ)
auth_key	varchar(32)	Ключ авторизації
password_hash	varchar(255)	Хеш пароля
password_reset_token	varchar(255)	Токен скидання (UQ)
email	varchar(255)	Email (UQ)
status	smallint(6)	Статус

Продовження таблиці 2.12

Поле	Тип	Опис
created_at	int(11)	Час створення
updated_at	int(11)	Час оновлення
verification_token	varchar(255)	Токен верифікації

Джерело: [Розроблено автором]

Фізична модель бази даних з зазначеними зв'язками між таблицями представлена на рисунку 2.3. Таблиці RBAC представлені на рисунку 2.2 і на цій схемі відсутні, оскільки не мають зв'язків з іншими таблицями. SQL-запит формування структури бази даних наведено в додатку В.

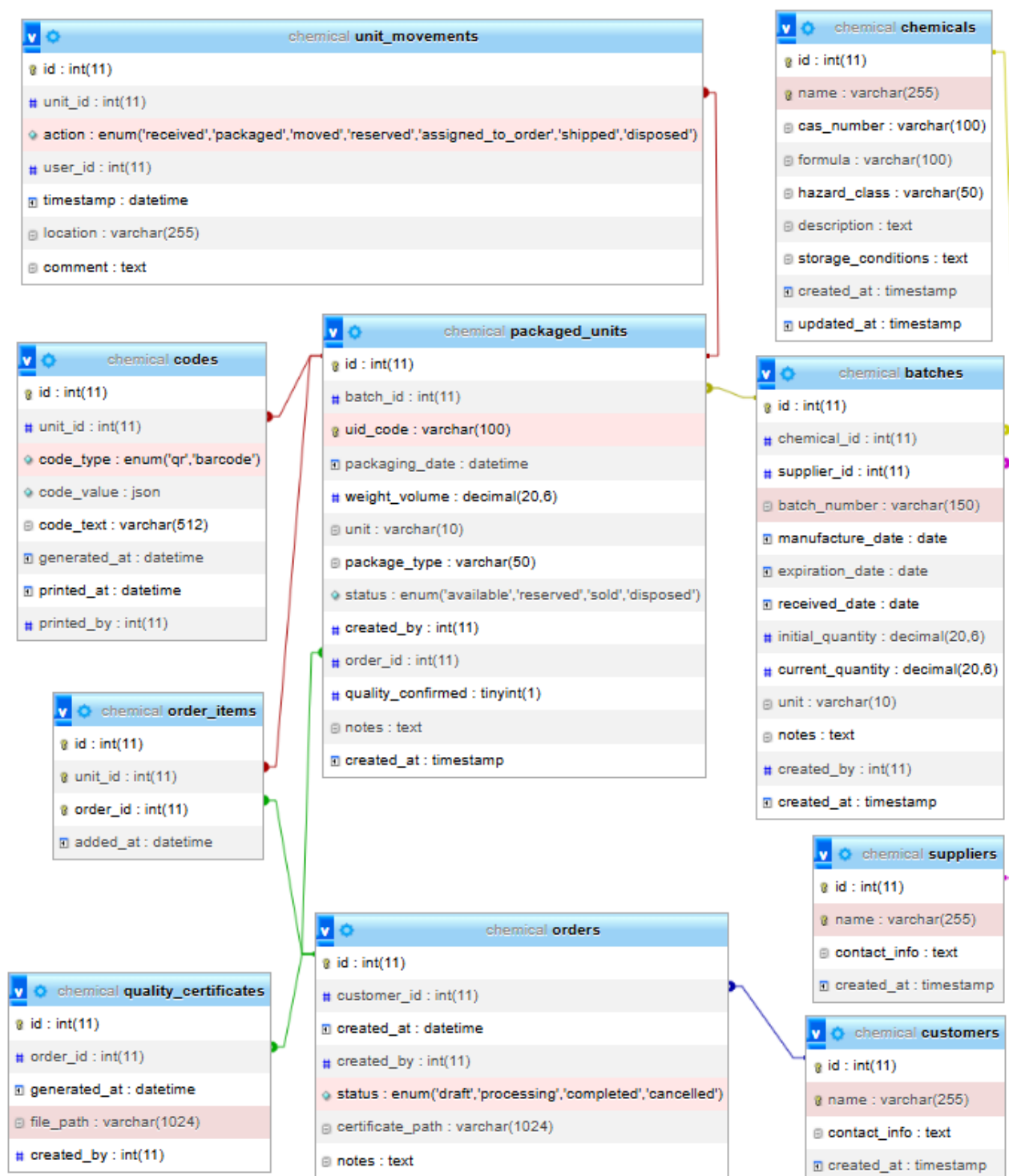


Рисунок 2.3 - Фізична модель бази даних

Джерело: [Розроблено автором]

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Вибір технологій та інструментів розробки

Важливим етапом реалізації інформаційної системи є вибір оптимального стеку технологій, що має забезпечити швидку розробку, подальшу масштабованість і зручний та ефективний супровід.

Для розробки серверної і інтерфейсної частини застосунку було обрано PHP-фреймворк Yii2 шаблону Advanced.

До переваг обраного фреймворку можна віднести:

1. Розмежування структури проєкту на три частини - frontend, backend та console, що дозволяє швидко побудувати систему з різними рівнями доступу, в т.ч. і з адміністративним інтерфейсом.

2. Підтримка патерну проєктування MVC (Модель-Представлення-Контролер), що сприяє розробці структурованого коду, та створює зручні умови для тестування проєктів та подальшого їх масштабування.

3. Вбудована система контролю доступу на основі ролей RBAC, використання якої є важливим у діючих системах.

4. Вбудований механізм генерації коду Gii, який дозволяє генерувати моделі, контролери та представлення для виконання CRUD-операцій з даними, а це, в свою чергу, суттєво пришвидшує час розробки.

5. Використання класів ActiveRecord та Query Builder спрощують роботу з даними.

6. Наявність ресурсів з широким вибором розширень та зовнішніх бібліотек, які інтегрується з проєктами, наприклад, пакети для генерації QR-кодів, штрих-кодів, генерації PDF-файлів тощо. [24]

Для роботи з базою даних у проєкті обрано СУБД MySQL. Вона має ряд суттєвих переваг, серед яких:

1. MySQL має за визначених умов використання вільну ліцензію, що знижує вартість розробки проєкту.

2 Фреймворк Yii2 має інтегровані драйвери, міграції та оптимізацію запитів саме під

3. Низькі вимоги до ресурсів при збереженні високої продуктивності роблять її швидкою при виконанні CRUD-операцій.

4. MySQL є універсальною системою, яка підходить як для невеликих систем, так і для систем рівня великих підприємств.

Окрім того, не дивлячись на те, що Yii2 вже з коробки пропонує інтерфейс, для реалізації інтерфейсу системи обрано шаблон адміністративної панелі AdminLTE, що базується на Bootstrap. Його використання забезпечує розробнику вже готовий шаблон із бічним меню, заголовками, таблицями, формами тощо. До того ж, AdminLTE має інтеграцію з Yii2 та містить шаблони представлень. Зв'язка AdminLTE та Bootstrap 5 дозволяє створити сучасний та адаптивний інтерфейс.

Для реалізації вимог стосовно генерації QR- і штрих-кодів, їх друку та збереження в pdf-форматі обрано такі бібліотеки:

- endroid/qrcode: забезпечує генерацію QR-кодів, підтримує формати PNG, SVG, EPS;
- picqer/php-barcode-generator: забезпечує генерацію штрих-кодів в різних форматах (EAN-13, Code128 та ін.); генерує зображення для друку;
- kartik-v/yii2-mpdf (на базі mPDF): забезпечує формування PDF з HTML-шаблонів з можливістю встановлення розмірів зображення і сторінки для друку.

3.2 Інтерфейс користувача

Як зазначалося вище, інтерфейс системи реалізовано з використанням шаблону адміністративної панелі AdminLTE. Вигляд стартового вікна застосунку наведено на рисунку 3.1.

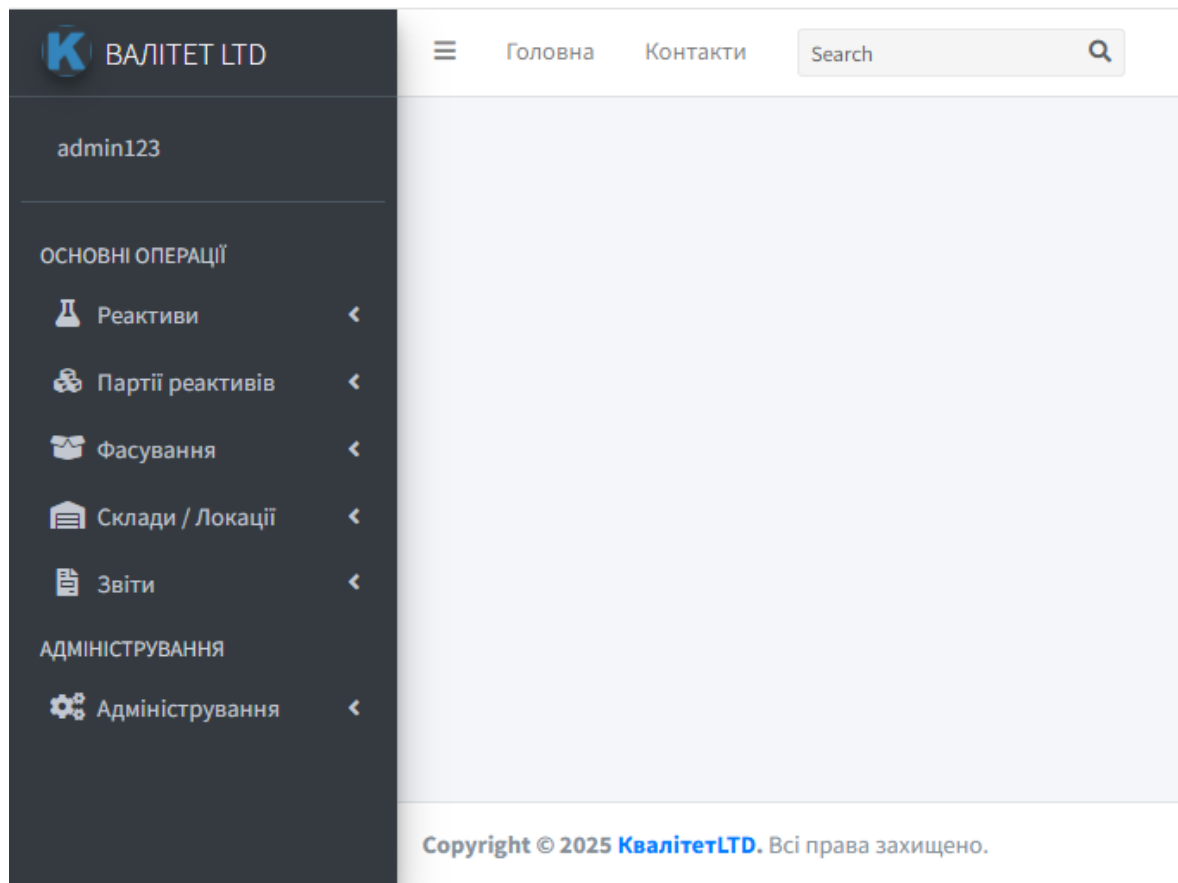


Рисунок 3.1 – Стартове вікно застосунку

Джерело: [Розроблено автором]

Вгорі бокової панелі відображається логотип і назва підприємства. Під ним відображається ім'я користувача і меню системи.

Меню системи наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 - Меню системи

Пункт меню	Підменю	Призначення
Реактиви	Довідник реактивів	Список реактивів
	Додати реактив	Додавання нового реактиву
	Пошук	Пошук реактивів за CAS, назвою
	QR-коди реактивів	Генерація кодів
Партії реактивів	Перелік партій	Список партій
	Додати партію	Реєстрація вхідної партії
	Журнал використання	Аналіз змін
	Друк QR / штрих-кодів	Друк для batches (print_logs, codes)
Фасування	Фасування	Список розфасованих реактивів
	Нове фасування	Реєстрація нового фасування
Склади / Локації	Список складів	Довідник складів/локацій
	Передача між складами	Переміщення фасувань
	Історія переміщень	Історія переміщень
Звіти	Залишки реактивів	Залишки реактивів на складах
	Протерміновані партії	Партії з терміном придатності, що минув
	Акти списання	Документи списання
Адміністрування	Користувачі	Користувачі системи
	Налаштування системи	Системні параметри

Джерело: [Розроблено автором]

Вигляд меню змінюється в залежності від ролі користувача. В меню відображаються тільки ті пункти, до яких користувач має доступ. Завдяки використанню RBAC достатньо для відображення пункту меню у віджеті Menu встановити атрибут:

```
'visible' => Yii::$app->user->can('admin')
```

3.3 Програмна реалізація застосунку

Розробка програмних модулів системи здійснювалася з використанням вбудованого генератора кода Gii, що дозволило суттєво прискорити створення типового CRUD-функціоналу для всіх таблиць бази даних.

При використанні Gii спочатку були згенеровані ActiveRecord моделі – класи, що відповідають таблицям бази даних. Модель вже містить правила валідації атрибутів і визначені зв'язки.

Після створення моделі можна генерувати контролери і представлення. Згенерований контролер містить всі екшн для реалізації CRUD-операцій, а також засоби для фільтрації та пошуку.

У представленнях, згенерованих Gii, використовуються адаптивні віджети GridView, DetailView та ListView, а також ActiveForm.

Оскільки для автоматизації операцій щодо генерації унікальних UID та QR- і штрих кодів неможливо створити клас ActiveRecord через відсутність відповідної таблиці в базі даних, то було створено сервісний клас CodeGeneratorService, який інкапсулює:

- генерацію унікальних UID (таблиця codes);
- генерацію QR- та штрих кодів (таблиця codes);
- формування звітів (vw_current_stock_per_chemical → Excel/PDF).

Код сервісного класу CodeGeneratorService наведено в додатку Г.

Код всього застосунку доступний за посиланням <https://github.com/jsptictactoe/chemic.git>.

3.4. Використання інформаційної системи

Розроблений застосунок передбачає роботу виключно авторизованих користувачів, тому на початку роботи з'являється вікно авторизації, наведене на рисунку 3.

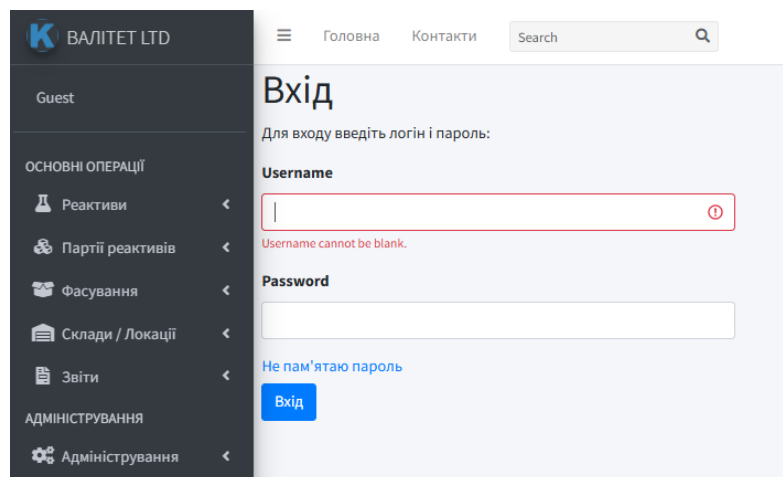
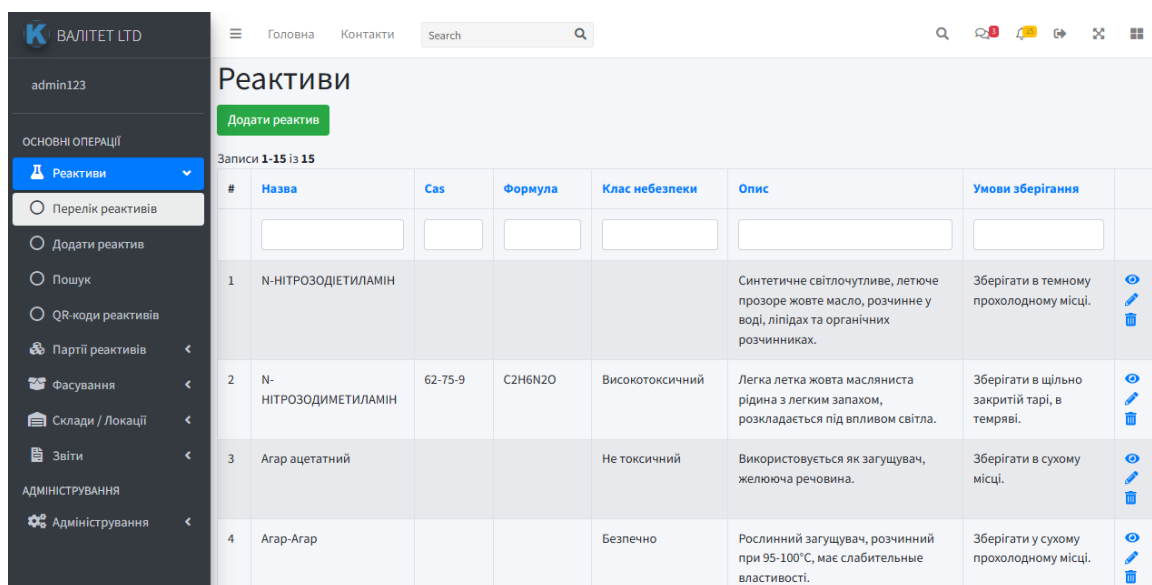


Рисунок 3.2 - Вікно авторизації користувача

Джерело: [Розроблено автором]

Після авторизації користувач може використовувати всі можливості системи, доступні для його ролі/ролей. Вікно для перегляду списку наявних реактивів наведено на рисунку 3.3. Для відображення даних у представленні використовується віджет GridView. Користувач має можливість сортувати дані та здійснювати фільтрацію за різними полями. Стандартний стовпчик ActionColumn містить кнопки для перегляду, редагування і видалення реактивів. Окрім того, у вікні наявна кнопка для додавання нового реактиву в базу даних.



Реактиви

Додати реактив

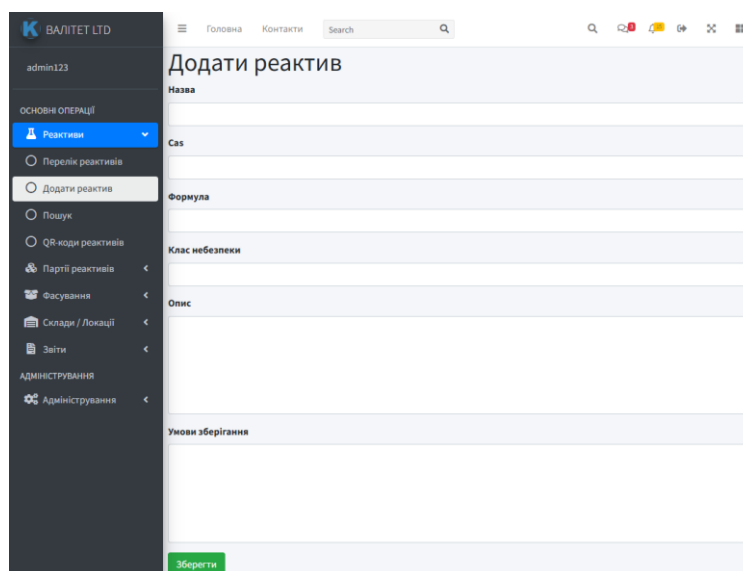
Записи 1-15 із 15

#	Назва	Cas	Формула	Клас небезпеки	Опис	Умови зберігання
1	N-НІТРОЗДІЕТИЛАМІН				Синтетичне світлочутливе, летюче прозоре жовте масло, розчинне у воді, ліпідах та органічних розчинниках.	Зберігати в темному прохолодному місці.
2	N-НІТРОЗОДИМЕТИЛАМІН	62-75-9	C ₂ H ₆ N ₂ O	Високотоксичний	Легка летка жовта масляниста рідина з легким запахом, розкладається під впливом світла.	Зберігати в щільно закритій тарі, в темряві.
3	Агар ацетатний			Не токсичний	Використовується як загущувач, желуюча речовина.	Зберігати в сухому місці.
4	Агар-Агар			Безпечно	Рослинний загущувач, розчинний при 95-100°C, має слабительные властивості.	Зберігати у сухому прохолодному місці.

Рисунок 3.3 - Вікно перегляду наявних в базі даних реактивів

Джерело: [Розроблено автором]

Вікно додавання нового реактиву, наведене на рисунку 3.4, використовує віджет ActiveForm, який автоматично генерує потрібний код HTML, та пов'язує його з моделлю даних. Окрім того, віджет забезпечує валідацію даних.



Додати реактив

Назва

Cas

Формула

Клас небезпеки

Опис

Умови зберігання

Зберегти

Рисунок 3.4 - Вікно додавання нового реактиву

Джерело: [Розроблено автором]

Після збереження нового реактиву відкривається вікно перегляду реактиву, наведене на рисунку 3.5. Представлення використовує віджет DetailView.

Рисунок 3.5 - Вікно перегляду реактиву

Джерело: [Розроблено автором]

Аналогічно до перегляду списку реактивів, користувач має можливість перегляду наявних партій. Відповідне вікно наведено на рисунку 3.6. У вікні реалізовано фільтрацію по всіх полях, а по полях «Постачальник» і «Реактив» за допомогою спадного списку.

#	Партія №	Реактив	Постачальник	Дата виготовлення	Термін придатності	Дата одержання	Кількість початкова	Кількість поточна
1	BATCH-001	N-НІТРОЗОДІЕТИЛАМІН N-НІТРОЗОДИМЕТИЛАМІН Агар ацетатний	ДВ "Імпостач"	09.12.2025	29.12.2027	01.11.2025	10.000000	7.500
2	BATCH-002	Агар-Агар Аденин Адонит	ДВ "Імпостач"	25.10.2025	11.11.2027	15.10.2025	5.000000	0.000
3	BATCH-003	АДФ калієва сіль дигідрат АДФ натрієва сіль дигідрат Азотметин-Н	ДВ "Імпостач"	06.12.2025	27.12.2027	10.11.2025	15.000000	15.000
4	BATCH-004	Азотна кислота Акриламід Аланін-DL Аланін-L	ДВ "Імпостач"	25.12.2025	22.11.2027	05.11.2025	12.000000	10.500
5	BATCH-005	Алюміній Аммонія ацетат	ДВ "Імпостач"	14.10.2025	11.11.2026	20.09.2025	3.000000	2.000
6	BATCH-006	Адонит	НВО "Імпульс"	21.11.2025	23.10.2027	01.10.2025	8.000000	5.500

Рисунок 3.6 – Вікно перегляду наявних партій

Джерело: [Розроблено автором]

При реєстрації нової партії, у вікні (див. рис. 3.7) реалізована можливість додавання постачальника зі спадного списку, який, в свою чергу, формується з таблиці `suppliers` у вигляді масиву, де індексами виступають `id` записів, а значеннями – назви постачальників. Такий механізм дозволяє записати в поле `supplier_id` таблиці `batches` саме `id` постачальника, в той час коли користувач бачить тільки їх назви.

При введенні значення в поле «Кількість початкова» автоматично заповнюється поле «Кількість поточна», оскільки, як зазначалося вище, останнє поле додано до таблиці з метою зменшення навантаження на базу даних при перегляді залишків по партіях, так як відпадає необхідність при формуванні запитів враховувати всі операції з розфасованими реактивами з цієї партії.

The screenshot displays the 'Нова партія' (New batch) registration window. The interface is divided into a left sidebar and a main form area. The sidebar, under the 'admin123' user, lists 'ОСНОВНІ ОПЕРАЦІЇ' (Main operations) and 'АДМІНІСТРУВАННЯ' (Administration). Under 'ОСНОВНІ ОПЕРАЦІЇ', 'Партії реактивів' (Batch reagents) is selected. The main form area contains the following fields:

- Реактив** (Reagent): Text input field.
- Постачальник** (Supplier): Dropdown menu.
- Партія №** (Batch No.): Text input field.
- Дата виготовлення** (Date of manufacture): Text input field.
- Термін придатності** (Expiry date): Text input field.
- Дата одержання** (Date of receipt): Text input field.
- Кількість початкова** (Initial quantity): Text input field with value 0.000000.
- Кількість поточна** (Current quantity): Text input field with value 0.000000.
- Од. вим.** (Unit of measurement): Text input field with value kg.
- Примітка** (Remarks): Text area.

A green 'Зберегти' (Save) button is located at the bottom right of the form.

Рисунок 3.7 – Вікно реєстрації нової партії

Джерело: [Розроблено автором]

Аналогічний вигляд мають і вікна для перегляду, створення і редагування постачальників, клієнтів, замовлень, оскільки вони згенеровані Gii.

При створенні нового фасування (див. рис. 3.8) автоматично створюються QR- і штрих-коди для даного пакування, які відображаються у вікні перегляду фасування (див. рис. 3.9). Окрім того, передбачена можливість друку етикетки з QR- і штрих-кодом.

The screenshot shows a web application interface for 'VALITET LTD'. The left sidebar contains a menu with 'Фасування' (Packaging) selected. The main area is titled 'Новое фасування' (New Packaging). The form contains the following fields:

- Партія** (Batch): BATCH-001
- Маса/об'єм** (Mass/Volume):
- Одиниці виміру** (Units of measurement): г
- Тара** (Packaging):
- Примітка** (Note):

A green 'Ок' button is located at the bottom of the form.

Рисунок 3.8 – Вікно створення нового фасування

Джерело: [Розроблено автором]

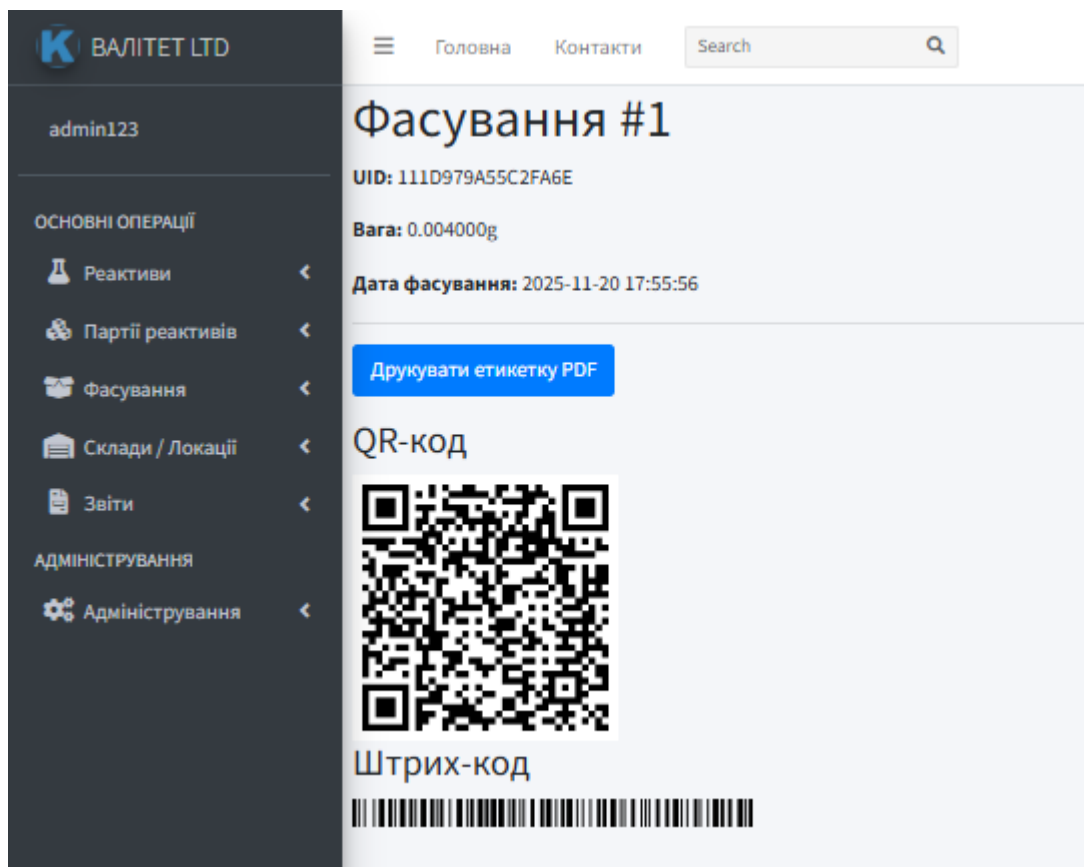


Рисунок 3.9 - Вікно перегляду фасування

Джерело: [Розроблено автором]

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ІС З ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ХІМРЕАКТИВІВ

4.1 Планування робіт, часу та ресурсів на розроблення ІС

Розроблення веборієнтованої інформаційної системи підтримки процесів обліку та розпізнавання хімічних реактивів потребує ретельного планування робіт, часових ресурсів та визначення необхідних технологічних засобів. Ефективне планування дозволяє забезпечити послідовність виконання етапів, мінімізувати ризики і забезпечити контроль над бюджетом та строками проєкту.

Для створення інформаційної системи доцільно використовувати каскадно-ітеративний підхід, який поєднує структурованість каскадної моделі та гнучкість ітеративної. Це дає змогу перевіряти проміжні результати, виявляти помилки на ранніх етапах та адаптувати функціональність відповідно до потреб підприємства ТОВ «Квалітет».

Обґрунтування обраного підходу:

- процес розроблення можна розділити на чіткі етапи;
- кожна функціональна частина системи (облік, розпізнавання, маркування, звітність) може доповнюватися та розширюватися у наступних ітераціях;
- відповідність реальним умовам роботи підприємства, де зміни у вимогах можуть виникати у процесі впровадження.

Планування охоплює такі ключові етапи:

1. Аналіз потреб і постановка задач
 - вивчення бізнес-процесів підприємства;
 - формування переліку завдань (XIMPEAK1–XIMPEAK9);
 - визначення вимог до функціональності, інтерфейсу та безпеки.
2. Проєктування архітектури інформаційної системи

- опис архітектури «клієнт–сервер»;
- визначення модулів системи (облік, розпізнавання, QR-маркування, звітність, управління доступом);
- розроблення ER-діаграм бази даних.

3. Створення бази даних

- моделювання сутностей (Chemical_Reagents, Batches, Suppliers, Movements, Users тощо);
- визначення зв'язків та атрибутів;
- налаштування СУБД (MySQL / PostgreSQL).

4. Реалізація функціональних модулів системи

- програмування backend-частини (PHP, Yii2);
- створення адаптивного інтерфейсу (HTML5, CSS3, JS);
- реалізація QR-маркування та інтеграції із сканерами;
- впровадження OCR-модуля (Tesseract).

5. Тестування та валідація

- модульне тестування;
- тестування інтеграції;
- перевірка роботи із реальними даними підприємства;
- автоматизоване тестування (Cypress, Jest).

6. Впровадження та супровід

- встановлення системи на сервер;
- підготовка користувачів;
- супровід та оновлення функціональності.

Для відображення структури робіт і тривалості кожного етапу використовується діаграма Ганта, що дозволяє планувати ресурси та визначати критичні точки проєкту. Опишемо етапи робіт та зміст робіт у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. – Етапи робіт з впровадження ІС з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів

№	Етап робіт	Тривалість	Сутність робіт
1	Аналіз потреб	1–2 тижні	Інтерв'ю, аналіз бізнес-процесів
2	Проектування архітектури	2 тижні	Схеми, ER-моделі
3	Розробка БД	1 тиждень	Створення таблиць, зв'язків
4	Backend-розробка	3–4 тижні	Реалізація ядра системи
5	Frontend-розробка	2–3 тижні	Інтерфейси користувачів
6	Модуль розпізнавання (QR/OCR)	1–2 тижні	Інтеграція API та бібліотек
7	Тестування	2 тижні	Ручні та автоматизовані тести
8	Впровадження	1 тиждень	Налаштування сервера, навчання
9	Супровід	постійно	Підтримка після впровадження

Джерело: [Розроблено автором]

Конкретизуємо завдання за датами і тривалістю виконання для побудови діаграми Ганта (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2. – Опис завдань із запровадження ІС і термінів їх виконання

Завдання	Початок	Тривалість	Затримка	Кінець
Аналіз потреб	01.09.2025	14	0	14.09.2025
Проектування архітектури	15.09.2025	14	0	28.09.2025
Створення БД	26.09.2025	7	-3	02.10.2025
Backend-розробка	08.10.2025	28	5	04.11.2025
Frontend-розробка	05.11.2025	21	0	25.11.2025
Модуль QR/OCR	26.11.2025	14	0	09.12.2025
Тестування	14.12.2025	14	4	27.12.2025
Впровадження	24.12.2025	7	-4	30.12.2025

Джерело: [Розроблено автором]

У графічному вигляді діаграма Ганта відображає залежності між задачами, критичний шлях та можливість паралельного виконання окремих модулів (див. рис. 4.1).

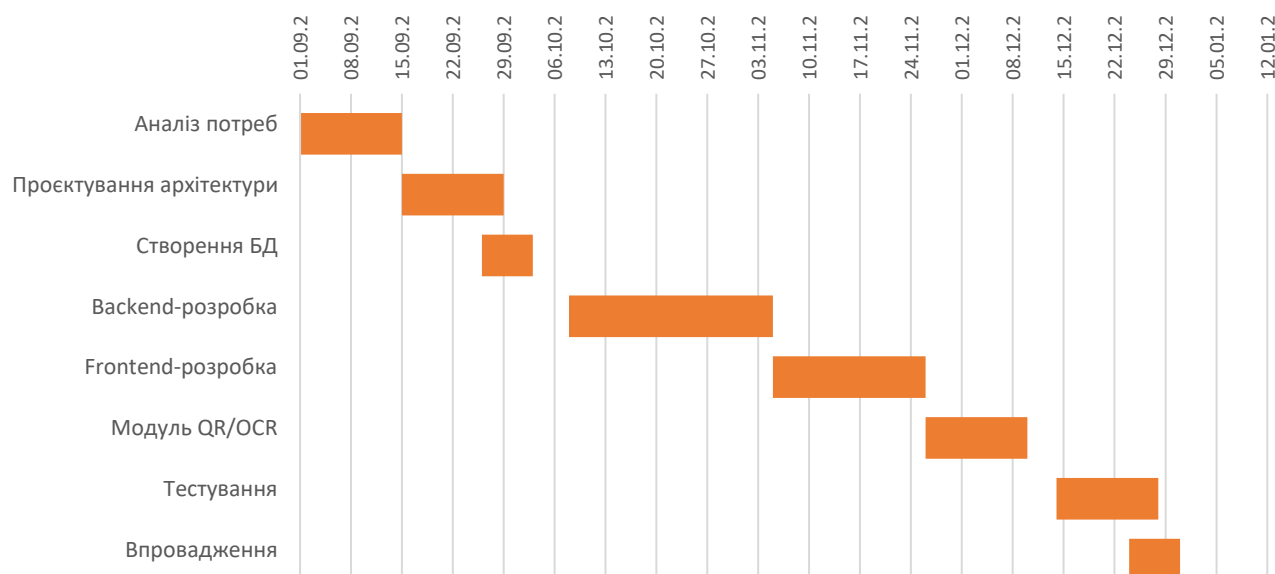


Рисунок 4.1. – Діаграма Ганта розроблення з впровадження ІС з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів

Джерело: [Розроблено автором]

Діаграма відображає послідовність етапів, можливість паралельної роботи (наприклад, фронтенд та OCR-модуль), планові дати початку та завершення, ключові контрольні точки (milestones).

Для ефективної реалізації проєкту визначаються такі людські, обчислювальні і програмні ресурси (рис.4.2.).

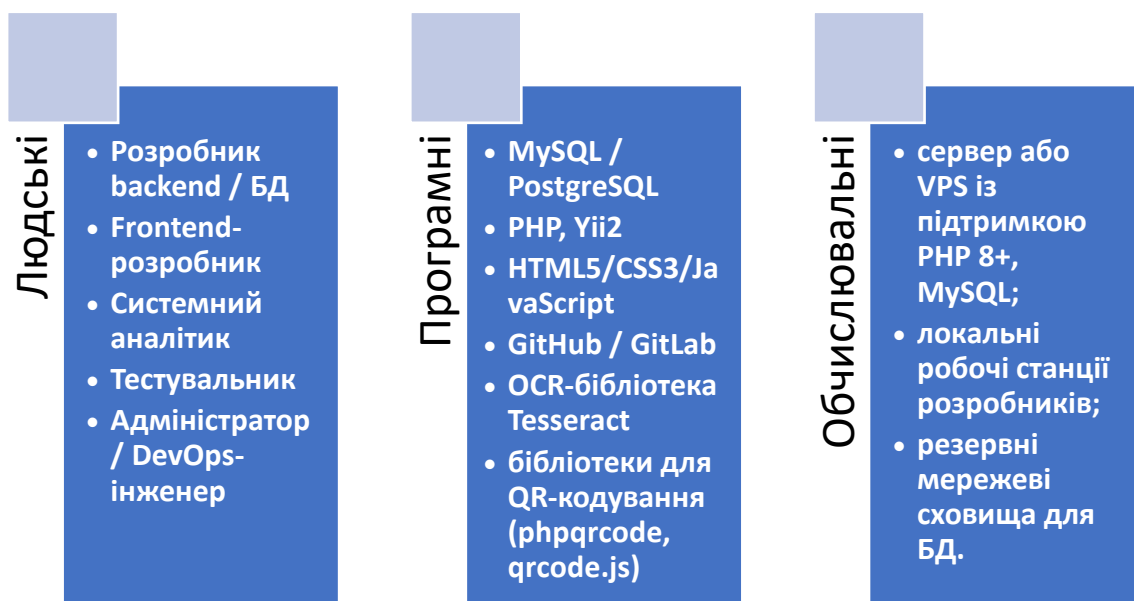


Рис.4.2. Людські, обчислювальні і програмні ресурси ІС

Джерело: [Розроблено автором]

Планування робіт із розроблення веборієнтованої інформаційної системи дозволяє чітко визначити склад етапів, їхню тривалість, необхідні ресурси та порядок взаємодії між учасниками проєкту. Використання діаграми Ганта надає можливість візуалізувати хід робіт і забезпечити контроль за виконанням критично важливих етапів. Обрана методологія розробки гарантує поетапність, перевірку проміжних результатів та гнучку адаптацію системи до потреб підприємства.

4.2. Аналіз витрат на розробку та впровадження ІС

Оцінка витрат включає безпосередні витрати на створення інформаційної системи, технічні ресурси, інструменти розробки, впровадження, а також супровід на початковому етапі експлуатації.

Витрати сформовано за такими основними групами:

1. Трудові витрати — оплата праці фахівців, які виконують аналіз, проєктування, програмування, тестування та впровадження системи.
2. Технічні ресурси — використання серверного обладнання, хостингу або VPS.
3. Програмні ресурси — спеціалізовані інструменти для розробки та тестування.
4. Супровідні витрати — налаштування системи, консультації, навчання персоналу.

Вартість розроблення інформаційної системи розрахована на основі проведеного планування та визначення обсягу робіт. Загальна сума витрат становить 20 000 грн.

Таблиця 4.3 – Кошторис витрат на розробку ІС

№	Стаття витрат	Сума, грн
1	Оплата праці розробників (аналіз, проєктування, програмування, тестування)	12 000
2	Технічні ресурси (сервер, домен, хостинг)	3 000
3	Програмні інструменти (OCR, QR-бібліотеки, тестування)	1 000
4	Впровадження, налаштування, навчання персоналу	2 000
5	Резерв непередбачених витрат	2 000
Разом		20 000

Джерело: [Розроблено автором]

Вартість розроблення визначена як оптимальна та достатня для виконання повного комплексу робіт:

- використання технологій із відкритою ліцензією (PHP, Yii2, MySQL, Tesseract OCR) мінімізує витрати на ПЗ;
- часткове паралельне виконання задач (розробка БД, інтерфейсу, модулів розпізнавання) скорочує час та зменшує вартість робіт;

- розробка власного програмного продукту дешевша, ніж придбання промислових систем (вартість LIMS систем починається від 200–500 тис. грн);
- впровадження спрямоване на автоматизацію конкретних процесів підприємства, тому застосовується індивідуальна розробка без переплати за непотрібний функціонал.

Таким чином, кошторис у 20 000 грн є економічно обґрунтованим та відповідає реаліям роботи підприємства.

Проведемо розрахунок економічного ефекту від автоматизації процесу розпізнавання хімреактивів. Економічний ефект визначається через порівняння витрат на ручні операції до впровадження ІС та витрат після автоматизації. Розрахунок включає прямі та непрямі економічні вигоди.

До впровадження ІС персонал витрачав значний час на облік, формування документів, пошук партій та перевірку термінів придатності реактивів:

- ведення журналів — 20 год/місяць;
- формування звітів — 10 год/місяць;
- перевірка залишків та термінів — 8 год/місяць;
- пошук документації та інформації — 7 год/місяць.

Разом:

$$T_{\text{до}} = 45 \text{ год/міс}$$

При ставці 60 грн/год:

$$B_{\text{до}} = 45 \times 60 = 2700 \text{ грн/міс}$$

Після автоматизації трудовитрати знижуються приблизно на 70 %:

$$T_{\text{після}} = 45 \times 0.3 = 13.5 \text{ год/міс}$$

$$B_{\text{після}} = 13.5 \times 60 = 810 \text{ грн/міс}$$

Економія на трудових ресурсах:

$$E_{\text{труд}} = 2700 - 810 = 1890 \text{ грн/міс}$$

Після впровадження ІС спостерігається зменшення кількості помилок у маркуванні та списанні

До впровадження:

- середня кількість помилок — 2 випадки/міс;
- середня вартість помилки — 300 грн.

Після автоматизації (QR-коди та OCR):

$$E_{\text{помилки}} = (2 - 0.5) \times 300 = 450 \text{ грн/міс}$$

Оптимізація запасів та зменшення втрат через прострочку

Щорічні втрати через прострочені реактиви становили близько 12 000 грн/рік.

Контроль термінів знижує їх мінімум на 25 %:

$$E_{\text{запаси}} = \frac{12000 \times 0.25}{12} = 250 \text{ грн/міс}$$

Загальний економічний ефект

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{труд}} + E_{\text{помилки}} + E_{\text{запаси}}$$

$$E_{\text{заг}} = 1890 + 450 + 250 = 2590 \text{ грн/міс}$$

Річний економічний ефект:

$$E_{\text{річний}} = 2590 \times 12 = 31\,080 \text{ грн}$$

Розрахунок строку окупності

Дані:

- витрати на розробку — 20 000 грн
- щомісячний економічний ефект — 2590 грн

Період окупності:

$$T = \frac{20000}{2590} \approx 7.7 \text{ міс}$$

Таким чином, розроблення інформаційної системи вартістю 20 тис. грн є економічно доцільним та повністю окупається за 7–8 місяців. Річний економічний ефект становить понад 31 тис. грн, що перевищує суму витрат більш ніж у 1,5 рази. Автоматизація призводить до скорочення трудових витрат на 70 %; зменшення кількості помилок у маркуванні; зниження втрат від прострочених реактивів; підвищення безпеки та прозорості складу. Впроваджена ІС забезпечує довгострокові переваги, підвищує ефективність роботи персоналу та сприяє цифровій трансформації підприємства.

4.3. Прогноз окупності та ефективності інформаційної системи

Прогнозування окупності та ефективності впровадження веборієнтованої інформаційної системи з підтримки процесів розпізнавання хімреактивів є важливою складовою економічного обґрунтування доцільності проєкту. Воно дозволяє оцінити, як впровадження ІС вплине на витрати підприємства у довгостроковій перспективі, а також визначити додаткові вигоди, що виходять за межі безпосередніх матеріальних заощаджень.

На основі проведених розрахунків щомісячна економія підприємства становить:

$$E_{\text{заг}} = 2590 \text{ грн/міс}$$

Витрати на розроблення ІС становлять:

$$B_{\text{розр}} = 20000 \text{ грн}$$

Період окупності:

$$T = \frac{20000}{2590} \approx 7.7 \text{ міс}$$

Отже, прогнозований строк повної окупності інформаційної системи — 8 місяців. Це свідчить про швидку економічну віддачу, оскільки більшість інвестиційних ІТ-проектів у підприємницькому секторі окуповуються протягом 12–18 місяців.

Прогноз економічного ефекту на 1–3 роки

Прогнозування здійснюється з урахуванням незмінних умов роботи підприємства та стабільного рівня економії після впровадження ІС.

Річний економічний ефект:

$$E_{\text{річний}} = 2590 \times 12 = 31\,080 \text{ грн}$$

Економічний ефект за 2 роки:

$$E_2 = 31\,080 \times 2 = 62\,160 \text{ грн}$$

Економічний ефект за 3 роки:

$$E_3 = 31\,080 \times 3 = 93\,240 \text{ грн}$$

Фактичний прибуток після врахування початкових витрат (20 000 грн):

Період	Чистий прибуток
1 рік	$31\,080 - 20\,000 = 11\,080 \text{ грн}$
2 роки	$62\,160 - 20\,000 = 42\,160 \text{ грн}$
3 роки	$93\,240 - 20\,000 = 73\,240 \text{ грн}$

Таким чином, інформаційна система демонструє високу довгострокову економічну ефективність.

Окрім прямої економічної вигоди, впровадження ІС забезпечує низку нематеріальних переваг:

Підвищення точності обліку за рахунок зменшення кількості помилок у маркуванні, списанні та веденні документації завдяки QR-кодуванню та OCR.

Прискорення виробничих процесів завдяки прискоренню швидкості операцій зі створення партій, пошуку реактивів та формування звітів скорочують час оброблення інформації до 70 %.

Покращення контролю якості через автоматичний контроль термінів придатності дозволяє зменшити ризики використання прострочених реактивів.

Зниження ризиків хімічної небезпеки завдяки вчасним повідомленням системи про небезпечні залишки та класи небезпеки зменшують ймовірність інцидентів.

Також ІС сприяє переходу до електронного документообігу та стандартизованих процедур. Нематеріальні ефекти мають стратегічне значення та сприяють розвитку компанії в довгостроковій перспективі, що не можна оцінити лише фінансово.

Оцінку ефективності дозволяють розрахувати коефіцієнти рентабельності інвестицій і економічної ефективності.

1. Коефіцієнт рентабельності інвестицій (ROI)

$$ROI = \frac{E_{\text{річний}}}{B_{\text{розр}}} \times 100\% \quad (4.1.)$$

$$ROI = \frac{31080}{20000} \times 100\% \approx 155.4\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності

$$K_{\text{еф}} = \frac{E_{\text{заг}}}{B_{\text{розр}}} = \frac{2590 \times 12}{20000} = 1.55$$

Значення $K > 1$ підтверджує економічну доцільність проєкту.

Термін окупності

$$T = 7\text{--}8 \text{ місяців}$$

Це значення вважається оптимістичним для ІТ-рішень промислових підприємств [16].

Таким чином, технологія повністю окупається протягом 7–8 місяців після впровадження. Протягом першого року система приносить прибуток 11 080 грн, а в наступні роки економічний ефект продовжує зростати. Коефіцієнт рентабельності інвестицій становить понад 155 %, що характеризує проєкт як високоефективний. Нематеріальні та стратегічні вигоди (скорочення помилок, підвищення безпеки, цифровізація процесів) роблять впровадження ІС важливим елементом розвитку підприємства. Загалом проєкт є економічно, технологічно та стратегічно обґрунтованим і забезпечує значний довгостроковий ефект.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження теоретичних, методологічних та прикладних аспектів створення інформаційної системи з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів. Результати роботи дозволяють сформулювати такі загальні висновки:

Проаналізовано предметну область та сучасні інформаційні технології, що використовуються у хімічному аналізі та ідентифікації реактивів. Огляд вітчизняних і зарубіжних публікацій показав активний розвиток напрямів спектроскопії, хемометрики, комп'ютерного зору та технологій штрихового/QR-кодування, що відкриває широкі можливості автоматизації виробничих процесів.

Досліджено методи та алгоритми розпізнавання хімічних реактивів, включаючи спектроскопічні підходи, методи машинного навчання, OCR-системи та кодові технології (штрих-коди, QR-коди). На основі цього аналізу обґрунтовано вибір QR-ідентифікації як оптимального рішення для виробничих процесів підприємства.

Сформульовано вимоги до інформаційної системи, що охоплюють функціональні, структурні, архітектурні та безпекові аспекти. Встановлено, що НПП «Квалітет» потребує оновленої, інтегрованої та масштабованої інформаційної системи автоматизації обліку і розпізнавання хімреактивів для забезпечення стабільності й точності виробничих операцій.

Спроектовано архітектуру інформаційної системи, включно з базою даних, логічною структурою модулів та компонентів, інтерфейсом користувача й засобами обробки даних. Розроблена структура бази даних забезпечує цілісність, узгодженість, розширюваність та можливість інтеграції з модулем маркування й контролю партій.

Реалізовано інформаційну систему з використанням сучасних інструментів і технологій, таких як PHP Yii2, MySQL, AdminLTE, бібліотек для генерації QR-/штрих-кодів і PDF-документів. Створено повнофункціональні модулі для обліку реактивів, партій, фасування, маркування, переміщення, формування замов

лень та ведення звітності. Здійснено тестування працездатності системи, яке підтвердило коректність роботи та її готовність до експлуатації.

Проведено економічне обґрунтування впровадження системи. Результати розрахунків свідчать про доцільність використання інформаційної системи на підприємстві: зменшення витрат, зниження рівня помилок, прискорення логістичних операцій, підвищення якості контролю за запасами та термінами придатності реактивів. Прогнозована економія доводить швидку окупність розробки.

Розроблена система має високу практичну цінність, оскільки дозволяє автоматизувати критичні процеси роботи з хімічними реактивами, підвищує безпеку персоналу, забезпечує стандартизоване маркування та прозорість руху матеріальних ресурсів. Створене рішення може бути адаптоване для інших підприємств хімічної, фармацевтичної, наукової та виробничої галузей.

Отже, поставлена мета дипломної роботи досягнута повністю, усі завдання виконані, а отримані результати можуть бути використані як практична основа для подальшого вдосконалення систем автоматизації процесів розпізнавання хімічних реактивів і цифрової трансформації виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Галузеві огляди та статті про вплив AI у спектроскопії та аналітичній хімії: «AI, Deep Learning, and Machine Learning in the Dynamic World of Spectroscopy» (Spectroscopy Online, 2024) та ін. [Spectroscopy Online+1](#)
2. Гузенко О. М. Сорбційно-спектроскопічні та тест-методи в хімічному аналізі : навч.-наоч. посіб. для студентів ф-ту хімії та фармації другого (магістер.) рівня освіти, спец. 102 «Хімія» / О. М. Гузенко, О. М. Чеботарьов, Д. В. Снігур. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2021. – 100 с.
3. Лучко Г., Франків Р. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСФОРМАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ В ІТ-СФЕРІ. *Економіка та суспільство*. 2025. № 72. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-121>
4. Мельничук О. С., Мельничук С. Д. та ін. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навч. посіб. / За ред. акад. Д. О. Мельничука. — К. : ЦП «Компринт», 2016. — 289 с. (українське видання з методики спектроскопії). [Файлы ЗНУ](#)
5. Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ : монографія / Ін-т цифровізації освіти НАПН України ; [колектив авторів ; ред. О. М. Спірін, О. П. Пінчук]. – Київ, 2024. – 308 с. – Присвячено 25-річчю заснування Інституту цифровізації освіти НАПН України.
6. Павленко Р.О. Проблеми розробки інформаційної системи з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів. ІТ-простір сьогодення: тенденції, інновації та перспективи розвитку Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної студентської конференції (ХНУ імені В.Н.Каразіна (15 жовтня 2025 року, м. Харків). – 2025. С.422
7. Павленко Р.О. Методи та алгоритми розпізнавання об'єктів у хімічному аналізі та розпізнаванні реактивів. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції ««Інформаційні технології і автоматизація– 2025». – Одеса, 2025. С.147.

8. Компанія Квалітет - ваш надійний помічник у лабораторії. Компанія Квалітет - ваш надійний помічник у лабораторії. URL: <https://www.kvalitet.com.ua/> (дата звернення: 03.11.2025).
9. Петренко І.В. Автоматизація спектрального аналізу в хімічній промисловості. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Інформатика», 2021.
10. Сидоренко М.І. Інформаційні системи контролю якості хімічних реагентів. // Системи обробки інформації, 2020.
11. Gibbon, G.A. (1996). "A brief history of LIMS". *Laboratory Automation and Information Management*. 32 (1): 1–5. [doi:10.1016/1381-141X\(95\)00024-K](https://doi.org/10.1016/1381-141X(95)00024-K)
12. Skobelev D. O.; Zaytseva T. M.; Kozlov A. D "Laboratory information management systems in the work of the analytic laboratory". *Measurement Techniques*. 53 (10): 1182–1189. [doi:10.1007/s11018-011-9638-7](https://doi.org/10.1007/s11018-011-9638-7)
13. Ananikov V.P. Top 20 influential AI-based technologies in chemistry. *Trends in Chemistry*. 2024. (англ.). DOI/репозиторій: ChemRxiv / ScienceDirect preprint (2024). [ScienceDirect+1](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667266824000111)
14. Brinkhaus H.O., Rajan K., Zielesny A., Steinbeck C. DECIMER — hand-drawn molecule images dataset. *Journal of Cheminformatics*. 2022. DOI: 10.1186/s13321-022-00620-9. [BioMed Central](https://www.biomedcentral.com/jcheminf/article/14/1/11)
15. Haaland D.M., Melgaard D.K. *Advances in Multivariate Spectroscopy*. Analytical Chemistry, 2018.
16. Contreras J., et al. Explainable artificial intelligence for spectroscopy data: A systematic review. *Frontiers / NCBI (Open Access)*. 2024. (огляд XAI у спектроскопії). [PMC](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40111111/)
17. Joshi P.B., et al. Navigating with chemometrics and machine learning in analytical chemistry: a review. *Artificial Intelligence Review / Machine Learning (Springer)*. 2023. (огляд). [SpringerLink](https://www.springerlink.com/)
18. Rajan K., Zielesny A., Steinbeck C. DECIMER 1.0: deep learning for chemical image recognition using transformers. *Journal of Cheminformatics*. 2021. Vol. 13, No. 1, p. 61. DOI: 10.1186/s13321-021-00538-8. [PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35111111/)

19. Brereton R. G. *Chemometrics for Pattern Recognition*. Wiley, 2009. 528 с. ISBN 978-0-470-74647-9. doi:10.1002/9780470746462 (для книги) [onlinelibrary.wiley.com+2wiley.com+2](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470746462)
20. Workman J., Weyer L. *Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy*. CRC Press, 2012.
21. Гончаренко Л.В. Використання хемометрики для розпізнавання реактивів у лабораторній практиці. // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Серія «Хімія», 2023.
22. Kaur P. N., Sharma R., Singh D. Web-based Chemical Inventory Management System for Academic Laboratories. *International Journal of Computer Applications*, 2022, Vol. 184, No. 17, pp. 10–16. DOI: 10.5120/ijca2022922223.
23. Безпека: Авторизація. Yii Framework. URL: <https://www.yiiframework.com/doc/guide/2.0/uk/security-authorization> (дата звернення: 03.11.2025).
24. Введення: Про Yii. Yii Framework. URL: <https://www.yiiframework.com/doc/guide/2.0/uk/intro-yii> (дата звернення: 04.11.2025).
25. Why MySQL: MySQL. . URL: <https://www.mysql.com/why-mysql/> (дата звернення: 04.11.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Odessa National University of Technology
Vinnitsia National Technical University
P.N. Platonov Institute of Computer Engineering, Automation,
Robotics and Programming**

**INFORMATION TECHNOLOGIES AND
AUTOMATION– 2025**

***PROCEEDINGS
OF THE XVIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE***



OCTOBER 30-31, 2025

Odesa

Винницький національний технічний університет (Україна)	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЯВЛЕННЯ ХИБНО ЗАХИЩЕНИХ ОБЧИСЛЕНЬ. Колчин О.В., Руденко Д.Б. Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України	120
ПРИНЦИП РОБОТИ ЗАСОБІВ АНАЛІЗУ ІНТЕРНЕТ-ТРАФІКУ. Корецький В.А. Сумський національний аграрний університет (Україна)	122
МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ CASE-СИСТЕМ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ ПЛАТФОРМ. Корнієнко О. О. Інститут програмних систем Національної академії наук України (Україна)	124
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕФЕКТООУТВОРЕННЯ У ГРАФЕНОВИХ КВАНТОВИХ ТОЧКАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. Коротий В.О. Криворізький державний педагогічний університет (Україна)	126
ОБґРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОБОРОННОГО ПЛАНУВАННЯ. Лактіонов О.І. Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна)	129
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ТА ЛОКАЛЬНИХ ОПТИМУМІВ У ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ. Литвиненко О. Є., Кашкевич С.О. Державний університет «Київський авіаційний інститут» (Україна)	131
ГІБРИДНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ВАРТОСТІ АКЦІЙ НА ОСНОВІ LSTM-МЕРЕЖ ТА СЕНТИМЕНТ-АНАЛІЗУ НОВИН. Маковій А.С., Лютецько І.В. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Україна)	133
ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГРУП СТУДЕНТІВ У ОСВІТНІХ ДАНИХ. Матвійчук О., Мамчиш Т. І. Волинський національний університет імені Лесі Українки (Україна)	134
ЗАДАЧА ЗАСТОСУВАННЯ НИЗКИ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ РІВНЯ ОСВІТЛЕННЯ ТА КІЛЬКОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТА РОЗТАПОВУВАННЯ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА. Мельников О. Ю., Малюкін О. В. Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)	136
APPLICATION OF SIR MODELS TO PREDICT THE SPREAD OF CONTENT ON SOCIAL NETWORKS USING MACHINE LEARNING TECHNOLOGIES. Mysiuk I.V. Ivan Franko National University of Lviv (Ukraine)	139
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАПОВНЕННЯ РІДИНОЮ РЕЗЕРВУАРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЛІНІЙНИХ ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ. Михайлов А. Г. Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут» (Україна)	140
ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДИНАМІКИ FPV-ДРОНІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ MATLAB GUI ТА КВАТЕРНІОННОГО ІНТЕГРАТОРА. Нікулін С. С., Заболотний О. В. Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут» (Україна)	142
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ. Оліярник Т. І. Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)	145
МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У ХІМІЧНОМУ АНАЛІЗІ ТА РОЗПІЗНАВАННІ РЕАКТИВІВ. Павленко Р.О. Сумський національний аграрний університет (Україна)	147
МЕТОД ІНТЕРПІНАЦІЇ ДЛЯ 3D РЕКОНСТРУКЦІЇ ПОЛІВ КОНЦЕНТРАЦІЙ ТЯЖКИХ МЕТАЛІВ: МОДЕЛЬ, ВАЛІДАЦІЯ ТА ПОРІВНЯННЯ З МЕТОДАМИ ШЕПАРДА. Першина Ю.І., Ковтун А.В. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харківський національний університет радіоелектроніки (Україна)	149
ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КОНВЕСЕРНОГО ПОЇЗДА. Поляков В. О. Інститут транспортних систем і технологій НАН України (Україна)	151
МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНТРОПІЇ ГЕНЕРАТОРІВ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ ШЛЯХОМ ІНТЕГРАЦІЇ СЕНСОРНИХ ДАНИХ. Поперешняк С.В. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)	154
МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕГАУСІВСЬКИХ	157

УДК 004.588

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У ХІМІЧНОМУ АНАЛІЗІ ТА РОЗПІЗНАВАННІ РЕАКТИВІВ

Павленко Р.О. (alinka0179@ukr.net)

Сумський національний аграрний університет (Україна)

У роботі розглянуто сучасні методи та алгоритми розпізнавання об'єктів у хімічному аналізі, зокрема в автоматизації лабораторних процесів, ідентифікації хімічних структур та реактивів. Визначено основні підходи на основі класичних алгоритмів комп'ютерного бачення й сучасних методів глибинного навчання. Узагальнено результати останніх досліджень і показано перспективи інтеграції штучного інтелекту у сфері лабораторної автоматизації та аналітичної хімії.

Автоматизація хімічних досліджень вимагає високоточної ідентифікації об'єктів: лабораторного обладнання, посуду, реактивів і молекулярних структур. Традиційні методи візуальної перевірки є трудомісткими та схильними до людських помилок. В умовах розвитку концепції «розумних лабораторій» актуальним є застосування алгоритмів комп'ютерного бачення та штучного інтелекту для розпізнавання і класифікації об'єктів і дій у хімічних експериментах.

Останні роки позначені інтенсивним розвитком систем розпізнавання хімічних структур (OCSR). Rajan та ін. [2] здійснили ґрунтовний огляд інструментів, що поєднують методи бінаризації, сегментації та оптичного розпізнавання символів. Натомість новітні роботи Kalinin [3] та Stiehler [4] акцентують на використанні глибинних нейронних мереж, які здатні відтворювати молекулярні графи без необхідності жорстких правил.

Водночас у сфері детекції лабораторного обладнання Tjong та співавтори [1] запропонували модель DenseSSD, що показала високу точність при розпізнаванні прозорого скляного посуду. Дослідження Mozaffari [5] демонструють ефективність використання згорткових нейронних мереж у спектральному аналізі, зокрема для класифікації сумішей за раманівськими спектрами.

Методи розпізнавання об'єктів у хімічному аналізі можна умовно поділити на три групи:

Класичні алгоритми комп'ютерного бачення. Вони ґрунтуються на виділенні ознак (SIFT, SURF, HOG), морфологічних операціях, контурному аналізі й подальшій класифікації за допомогою SVM чи Random Forest. Метод опорних векторів є класичним алгоритмом машинного навчання для задач класифікації та регресії. У розпізнаванні об'єктів він використовується переважно як другий етап після виділення ознак. SVM намагається знайти у просторі ознак

147

Proceedings of the XVIII International scientific and practical conference «Information technologies and automation– 2025»

гіперплощину, яка максимально розділяє класи (наприклад, типи посуду чи фрагменти молекулярних структур). Завдяки використанню ядерних функцій метод добре працює у високорозмірних просторах і може відокремлювати навіть нелінійно роздільні класи [3]. Перевагами SVM є висока точність на невеликих наборах даних, стійкість до перенавчання та здатність працювати із шумними ознаками. Недоліками є потреба в ретельному виборі ядра та параметрів і обмежена масштабованість для великих датасетів.

Ансамблевий алгоритм Random Forest об'єднує велику кількість дерев рішень, кожне з яких навчається на випадковій підмножині ознак і прикладів. Остаточний прогноз формується

автоматично вести електронні журнали експериментів та контролювати безпеку процесів.

Розробка інформаційної системи підтримки процесу розпізнавання хімічних реактивів має базуватися на поєднанні класичних і сучасних алгоритмів комп'ютерного бачення. На початкових етапах доцільно застосовувати методи попередньої обробки зображень — фільтрацію шумів, сегментацію об'єктів і виділення дескрипторів (HOG, SIFT, колірні гістограми). Подальша класифікація цих ознак може виконуватися за допомогою SVM або Random Forest, що дозволяє забезпечити швидке й надійне розпізнавання стандартних лабораторних посудин, етикеток на реактивах та різних типів тари навіть на невеликих обсягах навчальних даних.

На вищому рівні система може інтегрувати згорткові нейронні мережі (CNN) для детекції складніших об'єктів, таких як рідини в колбах чи молекулярні структури на схемах, а також застосовувати графові нейронні мережі для відновлення хімічних зв'язків і структури сполук. Поєднання SVM і Random Forest із глибинними моделями дозволяє побудувати багаторівневу архітектуру, де класичні алгоритми відповідають за попередній відбір і класифікацію простих об'єктів, а нейромережі — за інтерпретацію складних сцен і хімічних зображень. Такий підхід сприятиме створенню адаптивної та масштабованої інформаційної системи для автоматизації лабораторних процесів і цифрового контролю реагентів.

Таким чином, алгоритми розпізнавання об'єктів у хімічному аналізі проходять трансформацію від класичних методів обробки зображень до глибинних моделей із застосуванням графових мереж і трансформерів. Сучасні дослідження доводять їхню ефективність у задачах ідентифікації обладнання, структур та реагентів. Основними викликами залишаються потреба у великих розмічених вибірках, адаптація до реальних лабораторних умов та забезпечення обчислювальної ефективності, а перспективним напрямом є інтеграція комп'ютерного бачення та інтелектуального аналізу дій для створення повністю автономних лабораторних систем.

Список використаної літератури

- [1] J. Tiong, et al., "DenseSSD: Robust object detection of transparent laboratory glassware," *npj Computational Materials*, vol. 10, no. 15, 2024.
- [2] K. Rajan, et al., "A review of optical chemical structure recognition tools," *Journal of Cheminformatics*, vol. 12, no. 65, 2020.
- [3] D. Kalinin, et al., "MolGrapher: Robust deep learning for molecular graph reconstruction from images," *arXiv preprint, arXiv:2308.12234*, 2023.
- [4] H. Stiehler, et al., "ChemGrapher: A deep learning-based approach for chemical image recognition," *arXiv preprint, arXiv:2002.09914*, 2020.
- [5] A. Mozaffari and L. Tay, "RaMixNet: Convolutional neural networks for Raman spectroscopy-based mixture analysis," *arXiv preprint, arXiv:2106.05316*, 2021.
- [6] T. Sasaki, et al., "Object detection and action recognition for automated monitoring of chemical experiments," *Digital Discovery*, vol. 3, no. 1, pp. 35–47, 2024.

Додаток Б

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

ПРОЄКТ

**ІТ-ПРОСТІР СЬОГОДЕННЯ:
ТЕНДЕНЦІЇ, ІННОВАЦІЇ
ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

Збірник тез доповідей
II Міжнародної науково-практичної студентської
конференції

(15 жовтня 2025 року, м. Харків, Україна)

Електронний ресурс

Харків – 2025

Макарова Г.В., Орешко Д.В.	
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ АДАПТИВНИХ ТРЕНУВАНЬ.....	401
Макарова Г.В., Пархоменко О.А.	
ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ ОСВІТИ І НАУКИ.....	403
Маніта А.С., Томашук І.В.	
ВПЛИВ ІННОВАЦІЙ НА ІНВЕСТИЦІЙНУ ПРИВАБЛИВІСТЬ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ.....	405
Матвеев Є. Е.	
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ FACE ID ДЛЯ АВТЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ.....	409
Мостова Г.Г.	
ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ І МОНІТОРИНГУ У СФЕРІ ВИКОНАННЯ СУДОВИХ РІШЕНЬ.....	412

Ніжегородцев В.О.	
АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З МОНІТОРИНГУ СИСТЕМ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ.....	415
Ніколайчук С. Ю.	
ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ У ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ.....	417
Олійник Є.С., Томашук І.В.	
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АГРАРНОГО СЕКТОРУ.....	420
Павленко Р. О.	
ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ХІМРЕАКТИВІВ.....	422
Петріщев Д. А.	
БРЕЙНСТОРМ З LLM У БІЗНЕС-АНАЛІЗІ: КОРИСТЬ, РИЗИКИ ТА ПРАКТИЧНІ КЕЙСИ.....	424
Пилипенко А. О.	
ВИКОРИСТАННЯ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ У ДОСЛІДЖЕННІ МІЖНАРОДНИХ РИНКІВ.....	426
Підлужний П.А.	
ВИКЛИКИ ПРИ ІНТЕГРАЦІЇ LLM У БІЗНЕС ПРОЦЕСИ.....	430
Плотніков Д.А.	
РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ WEB APP ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ЗАЛУЧЕННЯ ГОТІВКОВИХ ТА БЕЗГОТІВКОВИХ ТОВАРИВ.....	433

УДК 004.65

Павленко Р. О.*здобувач вищої освіти другого рівня,
Сумський національний аграрний університет***ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ПІДТРИМКИ
ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ХІМРЕАКТИВІВ**

На сьогоднішній день компанії, які працюють із хімічними реактивами, зіштовхуються із задачами забезпечення безпечного зберігання, ведення обліку та оперативного доступу до інформації про засоби. Ручний облік, який традиційно застосовується, несе високий ризик помилок, що може спричинити порушення норм безпеки та порушення виробничих процесів. Впровадження автоматизованого розпізнавання хімічних реактивів підвищує точність і швидкість роботи з даними, зменшує вплив людського фактора та удосконалює контроль над залишками на складі.

Проблема автоматизації складських процесів ідентифікації хімічних матеріалів перебуває у центрі уваги міжнародних досліджень. Застосування штрих-коду, QR-коду, RFID-міток і технології OCR вважається ефективним способом поєднання фізичного середовища з ІТ-системами. Проте в українських компаніях рівень впровадження цих технологій залишається низьким, зокрема через складність розробки та інтеграції баз даних, а також через суворі вимоги до інформаційної безпеки.

Дані для дослідження були зібрані під час проходження виробничої практики науково-промислового підприємстві "Квалітет". Були виявлені

422

основні об'єкти системи: реактив, партія, постачальник, склад, умови зберігання, відвантаження, контроль якості, користувач і маркування. Складена ER-модель описує логічні взаємозв'язки між цими елементами, забезпечуючи комплексний облік інформації.

Схема взаємозв'язків задач інформаційної системи з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів (рис. 1), включає такі функціональні блоки:

- ХІМРЕАК1 – занесення даних про хімреактиви;
- ХІМРЕАК2 – облік партій реактивів;
- ХІМРЕАК3 – контроль руху реактивів;
- ХІМРЕАК4 – маркування та ідентифікація (штрих-код, QR, OCR);
- ХІМРЕАК5 – контроль залишків і термінів придатності;
- ХІМРЕАК6 – формування звітності;
- ХІМРЕАК7 – ведення довідника постачальників і клієнтів;
- ХІМРЕАК8 – керування доступом користувачів;
- ХІМРЕАК9 – формування запитів користувачів.

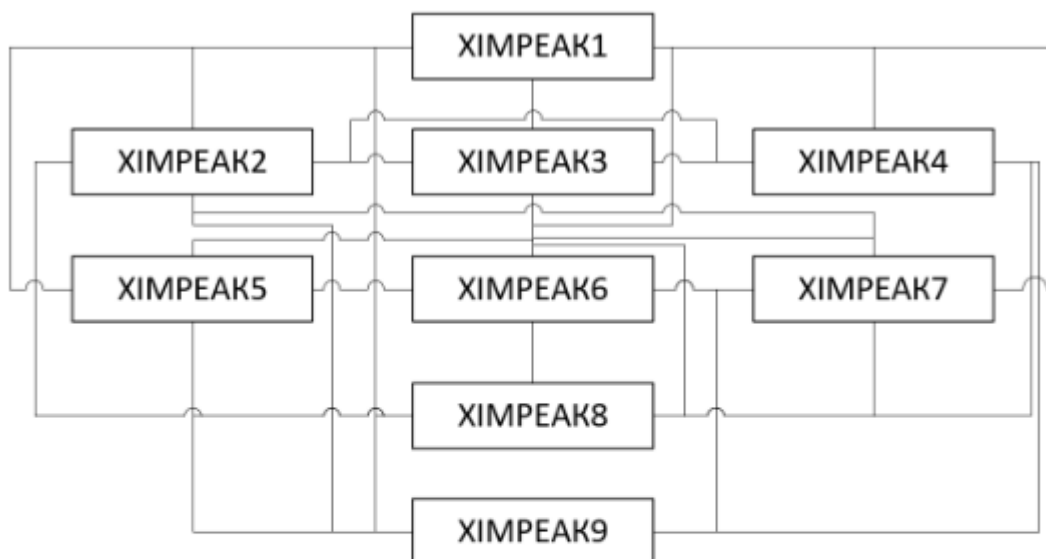


Рисунок 1 – Схема взаємозв'язків задач інформаційної системи з підтримки процесу розпізнавання хімреактивів

Такий підхід формує уніфіковану структуру автоматизованої системи, у якій усі підмодулі взаємодіють і гарантують цілісність даних. Ключовими труднощами на етапі розробки залишаються інтеграція технологій автоматичного розпізнавання, створення надійної бази даних та захист інформації від несанкціонованого доступу.

Отже, створення інформаційної системи, яка підтримує процес розпізнавання хімічних реактивів, відповідає актуальним потребам компаній, що працюють з небезпечними матеріалами. Діаграма взаємозв'язків завдань системи демонструє комплексність питання: від реєстрації реактивів і партій до підготовки звітності та контролю доступу. Основні виклики пов'язані з

423

інтеграцією автоматизованих ідентифікаційних технологій, розробкою масштабованої бази даних із забезпеченням інформаційної безпеки. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку прототипу системи та його випробування у практичних умовах.

Список використаних джерел:

1. GitHub – tesseract-ocr/tesseract: Tesseract Open Source OCR Engine (main repository). *GitHub*. URL: <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>.
2. ResearchGate / ERD examples: "Diagram for chemical inventory ERD and database schema". URL: <https://surl.li/beobvi>.
3. Zhao B., Tu C. Research and Development of Inventory Management and Human Resource Management in ERP. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2021. Vol. 2021. P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.1155/2021/3132062>

Додаток В

SQL-запит створення структури бази даних інформаційної системи

```
--
-- База даних: `chemical`
--

-- -----

--
-- Структура таблиці `auth_assignment`
--

CREATE TABLE `auth_assignment` (
  `item_name` varchar(64) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `user_id` varchar(64) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `created_at` int(11) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_unicode_ci;

-- -----

--
-- Структура таблиці `auth_item`
--

CREATE TABLE `auth_item` (
  `name` varchar(64) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `type` smallint(6) NOT NULL,
  `description` text COLLATE utf8_unicode_ci,
  `rule_name` varchar(64) COLLATE utf8_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `data` blob,
  `created_at` int(11) DEFAULT NULL,
  `updated_at` int(11) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_unicode_ci;

-- -----

--
-- Структура таблиці `auth_item_child`
--

CREATE TABLE `auth_item_child` (
  `parent` varchar(64) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `child` varchar(64) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_unicode_ci;

-- -----

--
-- Структура таблиці `auth_rule`
--

CREATE TABLE `auth_rule` (
  `name` varchar(64) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `data` blob,
  `created_at` int(11) DEFAULT NULL,
  `updated_at` int(11) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_unicode_ci;
```

```
-- -----
```

```
--
-- Структура таблиці `batches`
--
```

```
CREATE TABLE `batches` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `chemical_id` int(11) NOT NULL COMMENT 'Реактив',
  `supplier_id` int(11) DEFAULT NULL COMMENT 'Постачальник',
  `batch_number` varchar(150) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL COMMENT 'Партія №',
  `manufacture_date` date NOT NULL COMMENT 'Дата виготовлення',
  `expiration_date` date NOT NULL COMMENT 'Термін придатності',
  `received_date` date NOT NULL COMMENT 'Дата одержання',
  `initial_quantity` decimal(20,6) NOT NULL DEFAULT '0.000000' COMMENT 'Кількість початкова',
  `current_quantity` decimal(20,6) NOT NULL DEFAULT '0.000000' COMMENT 'Кількість поточна',
  `unit` varchar(10) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL DEFAULT 'kg' COMMENT 'Од. вим.',
  `notes` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci COMMENT 'Примітка',
  `created_by` int(11) DEFAULT NULL COMMENT 'Ким створено',
  `created_at` timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP COMMENT 'Коли створено'
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;
```

```
-- -----
```

```
--
-- Структура таблиці `chemicals`
--
```

```
CREATE TABLE `chemicals` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `name` varchar(255) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `cas_number` varchar(100) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `formula` varchar(100) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `hazard_class` varchar(50) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL COMMENT 'Клас небезпеки',
  `description` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci,
  `storage_conditions` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci,
  `created_at` timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `updated_at` timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;
```

```
-- -----
```

```
--
-- Структура таблиці `codes`
--
```

```
CREATE TABLE `codes` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `unit_id` int(11) NOT NULL,
  `code_type` enum('qr','barcode') COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `code_value` json NOT NULL,
  `code_text` varchar(512) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `generated_at` datetime NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `printed_at` datetime DEFAULT NULL,
  `printed_by` int(11) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;
```

```

-- -----
--
-- Структура таблиці `customers`
--

CREATE TABLE `customers` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `name` varchar(255) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `contact_info` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci,
  `created_at` timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

-- -----
--
-- Структура таблиці `migration`
--

CREATE TABLE `migration` (
  `version` varchar(180) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `apply_time` int(11) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

-- -----
--
-- Структура таблиці `orders`
--

CREATE TABLE `orders` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `customer_id` int(11) NOT NULL,
  `created_at` datetime NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `created_by` int(11) DEFAULT NULL,
  `status` enum('draft','processing','completed','cancelled') COLLATE utf8mb4_unicode_ci
NOT NULL DEFAULT 'draft',
  `certificate_path` varchar(1024) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `notes` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

-- -----
--
-- Структура таблиці `order_items`
--

CREATE TABLE `order_items` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `unit_id` int(11) NOT NULL,
  `order_id` int(11) NOT NULL,
  `added_at` datetime NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

-- -----
--
-- Структура таблиці `packaged_units`
--

CREATE TABLE `packaged_units` (

```

```

`id` int(11) NOT NULL,
`batch_id` int(11) NOT NULL,
`uid_code` varchar(100) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
`packaging_date` datetime NOT NULL,
`weight_volume` decimal(20,6) NOT NULL,
`unit` varchar(10) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL DEFAULT 'g',
`package_type` varchar(50) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL,
`status` enum('available','reserved','sold','disposed') COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT
NULL DEFAULT 'available',
`created_by` int(11) DEFAULT NULL,
`order_id` int(11) DEFAULT NULL,
`quality_confirmed` tinyint(1) NOT NULL DEFAULT '0',
`notes` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci,
`created_at` timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

```

```
-- -----
```

```
--
-- Структура таблиці `print_logs`
--
```

```

CREATE TABLE `print_logs` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `entity_type` varchar(50) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `entity_id` int(11) NOT NULL,
  `print_type` enum('label','certificate','report') COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `printed_by` int(11) DEFAULT NULL,
  `printed_at` datetime NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `printer_info` varchar(255) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `details` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

```

```
-- -----
```

```
--
-- Структура таблиці `quality_certificates`
--
```

```

CREATE TABLE `quality_certificates` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `order_id` int(11) NOT NULL,
  `generated_at` datetime NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `file_path` varchar(1024) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `created_by` int(11) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

```

```
-- -----
```

```
--
-- Структура таблиці `suppliers`
--
```

```

CREATE TABLE `suppliers` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `name` varchar(255) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `contact_info` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci,
  `created_at` timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

```

```
-- -----
```

```
--
-- Структура таблиці `unit_movements`
--

CREATE TABLE `unit_movements` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `unit_id` int(11) NOT NULL,
  `action`
enum('received','packaged','moved','reserved','assigned_to_order','shipped','disposed')
COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
  `user_id` int(11) DEFAULT NULL,
  `timestamp` datetime NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `location` varchar(255) COLLATE utf8mb4_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `comment` text COLLATE utf8mb4_unicode_ci
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

-- -----

--
-- Структура таблиці `user`
--

CREATE TABLE `user` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `username` varchar(255) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `auth_key` varchar(32) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `password_hash` varchar(255) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `password_reset_token` varchar(255) COLLATE utf8_unicode_ci DEFAULT NULL,
  `email` varchar(255) COLLATE utf8_unicode_ci NOT NULL,
  `status` smallint(6) NOT NULL DEFAULT '10',
  `created_at` int(11) NOT NULL,
  `updated_at` int(11) NOT NULL,
  `verification_token` varchar(255) COLLATE utf8_unicode_ci DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_unicode_ci;

-- -----

--
-- Дублююча структура для представлення `vw_current_stock_per_chemical`
-- (Див. нижче для фактичного подання)
--

CREATE TABLE `vw_current_stock_per_chemical` (
  `chemical_id` int(11)
, `chemical_name` varchar(255)
, `packaged_available` decimal(42,6)
, `batches_current` decimal(42,6)
, `total_available` decimal(43,6)
);

-- -----

--
-- Структура для представлення `vw_current_stock_per_chemical`
--

DROP TABLE IF EXISTS `vw_current_stock_per_chemical`;

CREATE ALGORITHM=UNDEFINED DEFINER=`root`@`%` SQL SECURITY DEFINER VIEW
`vw_current_stock_per_chemical` AS SELECT `c`.`id` AS `chemical_id`, `c`.`name` AS
`chemical_name`, coalesce(sum((case when (`p`.`status` = 'available') then
`p`.`weight_volume` else 0 end)),0) AS `packaged_available`,
```

```

coalesce(sum(`b`.`current_quantity`),0) AS `batches_current`, (coalesce(sum((case when
(`p`.`status` = 'available') then `p`.`weight_volume` else 0 end)),0) +
coalesce(sum(`b`.`current_quantity`),0)) AS `total_available` FROM ((`chemicals` `c` left
join `batches` `b` on((`b`.`chemical_id` = `c`.`id`))) left join `packaged_units` `p`
on((`p`.`batch_id` = `b`.`id`))) GROUP BY `c`.`id`, `c`.`name` `name` ;

```

```

--
-- Індекси збережених таблиць
--

```

```

--
-- Індекси таблиці `auth_assignment`
--

```

```

ALTER TABLE `auth_assignment`
  ADD PRIMARY KEY (`item_name`,`user_id`),
  ADD KEY `idx-auth_assignment-user_id` (`user_id`);

```

```

--
-- Індекси таблиці `auth_item`
--

```

```

ALTER TABLE `auth_item`
  ADD PRIMARY KEY (`name`),
  ADD KEY `rule_name` (`rule_name`),
  ADD KEY `idx-auth_item-type` (`type`);

```

```

--
-- Індекси таблиці `auth_item_child`
--

```

```

ALTER TABLE `auth_item_child`
  ADD PRIMARY KEY (`parent`,`child`),
  ADD KEY `child` (`child`);

```

```

--
-- Індекси таблиці `auth_rule`
--

```

```

ALTER TABLE `auth_rule`
  ADD PRIMARY KEY (`name`);

```

```

--
-- Індекси таблиці `batches`
--

```

```

ALTER TABLE `batches`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `idx_batches_chemical` (`chemical_id`),
  ADD KEY `idx_batches_supplier` (`supplier_id`),
  ADD KEY `created_by` (`created_by`);

```

```

--
-- Індекси таблиці `chemicals`
--

```

```

ALTER TABLE `chemicals`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD UNIQUE KEY `uq_chemicals_name` (`name`);

```

```

--
-- Індекси таблиці `codes`
--

```

```

ALTER TABLE `codes`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `idx_codes_unit` (`unit_id`),
  ADD KEY `idx_codes_type` (`code_type`),

```

```

    ADD KEY `printed_by` (`printed_by`);

--
-- Індекси таблиці `customers`
--
ALTER TABLE `customers`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD UNIQUE KEY `uq_customers_name` (`name`);

--
-- Індекси таблиці `migration`
--
ALTER TABLE `migration`
  ADD PRIMARY KEY (`version`);

--
-- Індекси таблиці `orders`
--
ALTER TABLE `orders`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `idx_orders_customer` (`customer_id`),
  ADD KEY `created_by` (`created_by`);

--
-- Індекси таблиці `order_items`
--
ALTER TABLE `order_items`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD UNIQUE KEY `uq_order_unit` (`order_id`,`unit_id`),
  ADD KEY `idx_order_items_order` (`order_id`),
  ADD KEY `idx_order_items_unit` (`unit_id`);

--
-- Індекси таблиці `packaged_units`
--
ALTER TABLE `packaged_units`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD UNIQUE KEY `uq_packaged_units_uid` (`uid_code`),
  ADD KEY `idx_packaged_units_batch` (`batch_id`),
  ADD KEY `idx_packaged_units_order` (`order_id`),
  ADD KEY `created_by` (`created_by`);

--
-- Індекси таблиці `print_logs`
--
ALTER TABLE `print_logs`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `idx_print_logs_entity` (`entity_type`,`entity_id`),
  ADD KEY `printed_by` (`printed_by`);

--
-- Індекси таблиці `quality_certificates`
--
ALTER TABLE `quality_certificates`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `idx_qc_order` (`order_id`),
  ADD KEY `created_by` (`created_by`);

--
-- Індекси таблиці `suppliers`
--

```

```

ALTER TABLE `suppliers`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD UNIQUE KEY `uq_suppliers_name` (`name`);

--
-- Індекси таблиці `unit_movements`
--
ALTER TABLE `unit_movements`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `idx_unit_movements_unit` (`unit_id`),
  ADD KEY `idx_unit_movements_user` (`user_id`);

--
-- Індекси таблиці `user`
--
ALTER TABLE `user`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD UNIQUE KEY `username` (`username`),
  ADD UNIQUE KEY `email` (`email`),
  ADD UNIQUE KEY `password_reset_token` (`password_reset_token`);

--
-- AUTO_INCREMENT для збережених таблиць
--

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `batches`
--
ALTER TABLE `batches`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `chemicals`
--
ALTER TABLE `chemicals`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `codes`
--
ALTER TABLE `codes`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `customers`
--
ALTER TABLE `customers`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `orders`
--
ALTER TABLE `orders`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `order_items`
--
ALTER TABLE `order_items`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

```

```

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `packaged_units`
--
ALTER TABLE `packaged_units`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `print_logs`
--
ALTER TABLE `print_logs`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `quality_certificates`
--
ALTER TABLE `quality_certificates`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `suppliers`
--
ALTER TABLE `suppliers`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `unit_movements`
--
ALTER TABLE `unit_movements`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `user`
--
ALTER TABLE `user`
  MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа збережених таблиць
--

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `auth_assignment`
--
ALTER TABLE `auth_assignment`
  ADD CONSTRAINT `auth_assignment_ibfk_1` FOREIGN KEY (`item_name`) REFERENCES `auth_item`
  (`name`) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `auth_item`
--
ALTER TABLE `auth_item`
  ADD CONSTRAINT `auth_item_ibfk_1` FOREIGN KEY (`rule_name`) REFERENCES `auth_rule`
  (`name`) ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `auth_item_child`
--
ALTER TABLE `auth_item_child`
  ADD CONSTRAINT `auth_item_child_ibfk_1` FOREIGN KEY (`parent`) REFERENCES `auth_item`
  (`name`) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE;

```

```

    ADD CONSTRAINT `auth_item_child_ibfk_2` FOREIGN KEY (`child`) REFERENCES `auth_item`
(`name`) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `batches`
--
ALTER TABLE `batches`
    ADD CONSTRAINT `batches_ibfk_1` FOREIGN KEY (`chemical_id`) REFERENCES `chemicals`
(`id`) ON UPDATE CASCADE,
    ADD CONSTRAINT `batches_ibfk_2` FOREIGN KEY (`supplier_id`) REFERENCES `suppliers`
(`id`) ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE,
    ADD CONSTRAINT `batches_ibfk_3` FOREIGN KEY (`created_by`) REFERENCES `user` (`id`) ON
DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `codes`
--
ALTER TABLE `codes`
    ADD CONSTRAINT `codes_ibfk_1` FOREIGN KEY (`printed_by`) REFERENCES `user` (`id`) ON
DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE,
    ADD CONSTRAINT `fk_codes_unit` FOREIGN KEY (`unit_id`) REFERENCES `packaged_units`
(`id`) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `orders`
--
ALTER TABLE `orders`
    ADD CONSTRAINT `orders_ibfk_1` FOREIGN KEY (`customer_id`) REFERENCES `customers` (`id`)
ON UPDATE CASCADE,
    ADD CONSTRAINT `orders_ibfk_2` FOREIGN KEY (`created_by`) REFERENCES `user` (`id`) ON
DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `order_items`
--
ALTER TABLE `order_items`
    ADD CONSTRAINT `fk_order_items_unit` FOREIGN KEY (`unit_id`) REFERENCES `packaged_units`
(`id`) ON UPDATE CASCADE,
    ADD CONSTRAINT `order_items_ibfk_1` FOREIGN KEY (`order_id`) REFERENCES `orders` (`id`)
ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `packaged_units`
--
ALTER TABLE `packaged_units`
    ADD CONSTRAINT `packaged_units_ibfk_1` FOREIGN KEY (`batch_id`) REFERENCES `batches`
(`id`) ON UPDATE CASCADE,
    ADD CONSTRAINT `packaged_units_ibfk_2` FOREIGN KEY (`order_id`) REFERENCES `orders`
(`id`) ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE,
    ADD CONSTRAINT `packaged_units_ibfk_3` FOREIGN KEY (`created_by`) REFERENCES `user`
(`id`) ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `print_logs`
--
ALTER TABLE `print_logs`
    ADD CONSTRAINT `print_logs_ibfk_1` FOREIGN KEY (`printed_by`) REFERENCES `user` (`id`)
ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `quality_certificates`

```

```
--
ALTER TABLE `quality_certificates`
  ADD CONSTRAINT `quality_certificates_ibfk_1` FOREIGN KEY (`order_id`) REFERENCES
`orders` (`id`) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE,
  ADD CONSTRAINT `quality_certificates_ibfk_2` FOREIGN KEY (`created_by`) REFERENCES
`user` (`id`) ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;

--
-- Обмеження зовнішнього ключа таблиці `unit_movements`
--
ALTER TABLE `unit_movements`
  ADD CONSTRAINT `fk_unit_movements_unit` FOREIGN KEY (`unit_id`) REFERENCES
`packaged_units` (`id`) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE,
  ADD CONSTRAINT `unit_movements_ibfk_1` FOREIGN KEY (`user_id`) REFERENCES `user` (`id`)
ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;
COMMIT;
```

Додаток Г

Сервісний клас CodeGeneratorService

```

<?php

namespace common\services;
use common\models\Codes;
use Endroid\QrCode\Builder\Builder;
use Picqer\Barcode\BarcodeGeneratorPNG;

class CodeGeneratorService
{
    //Генерація UID
    public static function generateUid(): string
    {
        return strtoupper(bin2hex(random_bytes(8)));
    }

    // Генерація QR-коду
    public static function createQrCode($unitId, $data)
    {
        $result = Builder::create()
            ->data(json_encode($data, JSON_UNESCAPED_UNICODE))
            ->size(300)
            ->margin(10)
            ->build();

        $qrContent = base64_encode($result->getString());
        $code = new Codes();
        $code->unit_id = $unitId;
        $code->code_type = 'qr';
        $code->code_value = json_encode(['base64' => $qrContent], JSON_UNESCAPED_UNICODE);
        $code->code_text = $data['uid'];
        $code->save(false);

        return $code;
    }

    //Генерація штрих-коду
    public static function createBarcode($unitId, string $barcodeValue)
    {
        $generator = new BarcodeGeneratorPNG();
        $barcode = base64_encode(
            $generator->getBarcode($barcodeValue, $generator::TYPE_CODE_128)
        );
        $code = new Codes();
        $code->unit_id = $unitId;
        $code->code_type = 'barcode';
        $code->code_value = json_encode(['base64' => $barcode], JSON_UNESCAPED_UNICODE);
        $code->code_text = $barcodeValue;
        $code->save(false);

        return $code;
    }
}

```