

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
Факультет Автоматики і комп'ютерних технологій

(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Пояснювальна записка

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_

Розроблення програмного модуля комп'ютеризованої системи для  
автоматизованого визначення вантажів на бондових складах

(тема)

Виконав:

здобувач 2 року навчання,  
групи КТРСм-24-1

Денис КРИВЕНКО

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 174 Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніки

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна  
Освітня програма Компютеризовані та  
робототехнічні системи

(повна назва освітньої програми)

Керівник доцент Олена ЧАЛА

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту  
Зав. кафедри КІТАР

\_\_\_\_\_

(підпис)

2025 р.

Ігор НЕВЛЮДОВ

(прізвище, ініціали)

Я, Кривенко Денис Олексійович, як здобувач вищої освіти ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Я не використовував штучний інтелект для підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

08.12.2025



Кривенко Д.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ АКТ \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ КІТАР \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_  
Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка  
(код і повна назва)  
Тип програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Комп'ютеризовані та робототехнічні системи \_\_\_\_\_  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувачеві Кривенку Денису Олексійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення програмного модуля комп'ютеризованої системи для автоматизованого визначення вантажів на бондових складах  
затверджена наказом університету від 10.11. 2025 р. № 1018 Ст
2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 18.12.2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: \_\_\_\_\_
- 3.1 Середовище програмування – Visual Studio;
- 3.2 Середовище розробки – AvaloniaUI;
- 3.3 Мова програмування – C#;
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_
- 4.1 Вступ; \_\_\_\_\_
- 4.2 Аналіз предметної області та методів автоматизованої ідентифікації вантажів на складах; \_\_\_\_\_
- 4.3 Обґрунтування ефективності та моделювання процесів комп'ютеризованої системи обліку вантажів на бондових складах; \_\_\_\_\_
- 4.4 Розроблення програмного модуля комп'ютеризованої системи для автоматизованого визначення вантажів на бондових складах; \_\_\_\_\_
- 4.5 Охорона праці; \_\_\_\_\_
- 4.6 Висновки; \_\_\_\_\_
- 4.7 Додатки. \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) графічний демонстраційний матеріал в форматі PowerPoint (\*.pptx)

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання до кваліфікаційної роботи	10.10.2025	<i>Виконано</i>
2	Аналіз літератури за темою роботи	15.10.2025	<i>Виконано</i>
3	Аналіз технічного завдання	15.10.2025	<i>Виконано</i>
4	Аналіз предметної області та методів автоматизованої ідентифікації вантажів на складах;	27.10.2025	<i>Виконано</i>
5	Обґрунтування ефективності та моделювання процесів комп'ютеризованої системи обліку вантажів на бондових складах	03.11.2025	<i>Виконано</i>
6	Розроблення програмного модуля комп'ютеризованої системи для автоматизованого визначення вантажів на бондових складах;	25.11.2025	<i>Виконано</i>
7	Оформлення пояснювальної записки	12.12.2025	<i>Виконано</i>
8	Представлення до захисту	18.12.2025	<i>Виконано</i>

Дата видачі завдання 10.10.2025 р.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

доцент Олена Чала

(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 107 с., 2 табл., 37 рис., 12 дод., 57 джерела.

БОНДОВИЙ СКЛАД, МИТНИЙ СКЛАД, СКЛАД, ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ, КОД, WMS, ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ, RFID, QR, ID, ОПЕРАТОР, КОРИСТУВАЧ, ВІКНО, ЗВІТ, КНОПКА, ЗАСТОСУНОК.

Об'єкт дослідження – процеси комп'ютеризованого управління вантажопотоками та складського обліку на бондових складах.

Предмет дослідження – кодовані графічні зображення для автоматизованої ідентифікації вантажів, архітектурні та програмні рішення для реалізації відповідного модуля в комп'ютеризованій системі бондового складу.

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення ефективності та точності обліку автоматизованого визначення вантажів на бондових складах, шляхом розроблення програмного модуля.

Результатом роботи є застосунок призначений для автоматизованої роботи пошуку на складському приміщенні. Результатами досліджень з'ясовано, що впровадження програмного модуля комп'ютеризованої системи для автоматизованого визначення вантажів на бондових складах є ефективним та економічно вигідним рішенням, що дозволяє значно підвищити продуктивність складських процесів. Результати можна віднести до Цілей сталого розвитку: Ціль 9 Інновації та інфраструктура Створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохопній і сталій індустріалізації та інноваціям.

## **ABSTRACT**

The explanatory note: 107 pages, 2 tables, 37 figures, 12 appendices, 57 sources.

BONDED WAREHOUSE, CUSTOMS WAREHOUSE, WAREHOUSE, INVENTORY, CODE, WMS, SOFTWARE MODULE, RFID, QR, ID, OPERATOR, USER, WINDOW, REPORT, BUTTON, APPLICATION.

The object of research is the processes of computerized management of cargo flows and warehouse accounting in bonded warehouses.

The subject of research is coded graphic images for automated cargo identification, architectural and software solutions for the implementation of the corresponding module in a computerized bonded warehouse system.

The purpose of the qualification work is to improve the efficiency and accuracy of automated cargo identification at bonded warehouses by developing a software module.

The result of the work is an application designed for automated search in a warehouse. The results of the research have shown that the implementation of a software module of a computerized system for automated cargo identification in bonded warehouses is an effective and cost-effective solution that significantly improves the productivity of warehouse processes. The results can be attributed to the Sustainable Development Goals: Goal 9 Innovation and Infrastructure Building resilient infrastructure, promoting inclusive and sustainable industrialization and innovation.

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень .....	9
Вступ.....	11
1 Аналіз предметної області та методів автоматизованої ідентифікації вантажів на складах.....	13
1.1 Аналіз процесів та функцій бондових складів.....	13
1.2. Огляд існуючих технологій автоматизованої ідентифікації .....	15
1.3. Аналіз існуючих комп'ютеризованих систем управління складом .....	22
2 Обґрунтування ефективності та моделювання процесів комп'ютеризованої системи обліку вантажів на бондових складах .....	25
2.1 Формулювання вимог до програмного модуля .....	25
2.2 Техніко-економічне обґрунтування ефективності модуля .....	26
2.2.1 Розрахунок трудомісткості операцій .....	26
2.2.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на інвентаризацію .....	28
2.2.3 Розрахунок економічного ефекту.....	29
2.2.4 Оцінка зниження ризиків .....	30
2.2.5 Результати розрахунків .....	31
2.3 Моделювання сценаріїв використання .....	32
3 Розроблення програмного модуля комп'ютеризованої системи для автоматизованого визначення вантажів на бондових складах .....	35
3.1 Середовище розробки.....	35
3.2 Платформа інтерфейсу .....	36
3.3 Проектування логічної структури бази даних .....	37
3.3.1 Обґрунтування вибору СКБД .....	37
3.3.2 Концептуальна модель даних (ER-модель).....	38
3.3.3 Опис зв'язків та цілісності даних .....	40

3.4 Розробка інтерфейсу та алгоритмів програмного засобу .....	41
3.5 Охорона праці на бондових складах .....	68
Висновки .....	69
Перелік джерел посилання .....	71
Додаток А Публікація .....	79
Додаток Б Код вікна авторизації користувачів .....	87
Додаток В Код головного вікна .....	88
Додаток Г Код вікна внесення нового товару .....	95
Додаток Д Код вікна редагування товару .....	96
Додаток Е Код вікна підтвердження .....	97
Додаток Ж Код вікна повідомлення .....	98
Додаток И Код вікна відображення qr-коду .....	99
Додаток К Код вікна генерації звітності .....	100
Додаток Л Код вікна відображення користувачів .....	103
Додаток М Код вікна додавання нового користувача .....	105
Додаток Н Демонстраційний матеріал .....	106

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- БД – база даних;
- ВОСП – волоконно-оптичні системи передачі;
- ЕС – експертні системи;
- МД – митні декларації;
- МЕМС – мікроелектромеханічні системи;
- МОЕМС – мікрооптичні електромеханічні системи;
- ОС – операційна система;
- ПК – персональний комп'ютер;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- СТЗ – система технічного зору;
- ТЗД – термінали збору даних;
- ХНУРЕ – харківського національного університету радіоелектроніки;
- ЧПК – числове програмне керування;
- ШНС – штучні нейтронні сітки;
- ANSI (англ. American National Standards Institute) – Американський національний інститут стандартів;
- CV (англ. Computer Vision) – технології комп'ютерного зору;
- ERP (англ. Enterprise Resource Planning) – корпоративна інформаційна система;
- GPU (англ. Graphics Processing Unit) – графічний процесор;
- GUI (англ. Graphical User Interface) – графічний інтерфейс користувача;
- ID (англ. Identifier) – ідентифікатор;
- IDE (англ. Integrated Development Environment) – інтегроване середовище розробки;
- ISO (англ. International Organization for Standardization) – міжнародна організація зі стандартизації;

JSON (англ. JavaScript Object Notation) – текстовий формат для обміну структурованими даними;

MS – Microsoft;

MVVM (англ. Model-View-ViewModel) – архітектурний шаблон проєктування програмного забезпечення;

SKU (англ. Stock Keeping Unit) – одиниця зберігання запасів;

SQL (англ. Structured query language) – мова структурованих запитів;

SSMS – SQL Server Management Studio;

OCR (англ. optical character recognition) – оптичне розпізнавання символів;

QR (англ. Quick Response) – тип матричних штрихових кодів;

RFID (англ. Radio Frequency IDentification ) – радіочастотна ідентифікація;

UHF (англ. Ultra High Frequency) – надвисока частота;

WMS (англ. Warehouse Management System) – система керування складом;

WPF (англ. Windows Presentation Foundation) – графічна (презентаційна) підсистема;

XAML (англ. Xtensible Application Markup Language) – декларативна мова розмітки.

## ВСТУП

В умовах стрімкого розвитку міжнародної торгівлі логістична інфраструктура України зазнає суттєвих трансформацій. Ключову роль у ланцюгах постачання відіграють бондові (митні ліцензійні) склади, які забезпечують зберігання імпортованих вантажів під митним контролем.

Специфіка роботи таких об'єктів характеризується жорсткими регуляторними вимогами: будь-яка помилка в ідентифікації вантажу, пересортиці або невідповідність даних у митній декларації (МД) фактичній наявності товару тягне за собою значні фінансові санкції та адміністративну відповідальність [1-2].

Аналіз сучасного ринку програмного забезпечення (WMS) свідчить, що більшість існуючих систем орієнтовані на комерційну логістику і не враховують специфіку митного обліку, зокрема необхідність наскрізного простежування зв'язку «Вантаж – Митна Декларація». Традиційні методи обліку, що базуються на паперових носіях або застарілих технологіях 1D-штрихкодування, є трудомісткими, повільними та залежними від людського фактору [2-4].

У зв'язку з цим, задача розробки спеціалізованого програмного модуля, який використовує сучасні технології двовимірного кодування (QR) для автоматизованої ідентифікації та миттєвої валідації вантажів, набуває особливої актуальності. Впровадження такої системи дозволяє не лише автоматизувати рутинні операції, але й мінімізувати ризики порушення митного законодавства, що є критично важливим для сталого розвитку логістичних операторів.

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення ефективності та точності обліку автоматизованого визначення вантажів на бондових складах, шляхом розроблення програмного модуля.

Об'єкт дослідження – процеси комп'ютеризованого управління вантажопотоками та складського обліку на бондових складах.

Предмет дослідження – кодовані графічні зображення для автоматизованої ідентифікації вантажів, архітектурні та програмні рішення для реалізації відповідного модуля в комп'ютеризованій системі бондового складу.

Для досягнення поставленої мети роботи були визначені такі завдання:  
завдання:

- проаналізувати бізнес-процеси та проблематику обліку на бондових складах;

- провести порівняльний аналіз технологій автоматизованої ідентифікації;

- дослідити ринок існуючих WMS та виявити їхні функціональні прогалини для митних завдань;

- оформити пояснювальну записку до кваліфікаційної роботи магістра згідно з рекомендаціями [4-11], та вимогами ДСТУ 3008:2015 [10-11].

Кваліфікаційна робота виконана згідно ДСТУ 3008:2015 [10], а також за методичними вказівками з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [11].

Результати можна віднести до Цілей сталого розвитку: Ціль 9 Інновації та інфраструктура Створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохопній і сталій індустріалізації та інноваціям [12].

Результати що отримано під час роботи над кваліфікаційною магістерською роботою було опубліковано у статті [13].

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВАНТАЖІВ НА СКЛАДАХ

## 1.1 Аналіз процесів та функцій бондових складів

Бондовий склад, який також називають митним складом, є ключовим елементом сучасної логістичної інфраструктури, що забезпечує зберігання іноземних товарів під митним контролем без сплати мит та податків до моменту їх випуску у вільний обіг [14].

Специфіка роботи таких складів, на відміну від звичайних комерційних складів, накладає жорсткі регуляторні вимоги до точності обліку, ідентифікації та відстеження вантажів на кожному етапі їх обробки.

Для виявлення проблемних ділянок та вузьких місць, що підлягають автоматизації, необхідно детально проаналізувати основні бізнес-процеси митного складу, такі як приймання товару, його розміщення, зберігання, комплектація та відвантаження.

Коротко, робота митного складу виглядає наступним чином:

Вантаж прибуває у країну та прямує на митний склад. Митна декларація подається у режим “Митний склад”.

Митні органи перевіряють документи та за необхідності оглядають товари. Офіційно вони вважаються такими, що перебувають в Україні, але не введені в обіг.

На складі вантаж може знаходитися довго, наприклад в Україні, з урахуванням певних нюансів, до 1095 днів. При цьому склад повинен бути облаштований відповідно до певних вимог, із дотриманням оптимальних показників температури, вологості, наявністю охорони, відеоспостереження, системи пожежогасіння [15].

Перебуваючи на митному складі, товари часто можна обробляти, перепаковувати або перемаркувати. Однак виробництво зазвичай обмежене.

Коли імпортер вирішує ввезти товар на внутрішній ринок, необхідно сплатити митні збори та податки. Або ж товари можна реекспортувати до іншої країни без сплати місцевих мит [16].

Виходячи з цього можна побачити що митні склади мають свої переваги, проте проблемними ділянками.

Людський фактор – це одна із ключових проблем із за якої можуть відбутися помилки при введенні даних що може призвести до невірної маркування товару та подальшого внесення до комп'ютеризованої системи керування складом (WMS); пересортиці що призводить до розбіжностей між системними залишками та фактичною наявністю; невірної адресації комірки вантажу на складі що призводить до того, що вантаж фізично розміщується в одному місці, а в системі знаходиться в іншому. Це фактично “втрата” вантажу всередині складу; повільного приймання товару, що включає в себе процес ручної звірки та маркування кожного палето-місця або коробки, призводить до утворення черг з транспортних засобів, що очікують розвантаження, та, як наслідок, до фінансових втрат через простої транспорту.

Тривала інвентаризація – планова або вибіркова інвентаризація (яку часто вимагає митний інспектор) перетворюється на складний та довготривалий процес. Це вимагає зупинки роботи складу або залучення великої кількості персоналу. Використання навіть базових штрих-кодів лише частково вирішує проблему, оскільки вимагає сканування кожної окремої одиниці та прямої видимості.

Ускладнення митного контролю та ризику порушення режиму: це специфічна проблема саме бондових складів, яка веде за собою ряд наступних проблем пов'язаних з нею.

Будь-яка помилка в обліку (пересортиця, недостача, надлишки) призводить до невідповідності даних WMS та даних у митних деклараціях (МД). Це загрожує компанії серйозними штрафами, конфіскацією товару або навіть позбавленням ліцензії на діяльність митного складу [17].

Система повинна чітко відстежувати терміни тимчасового зберігання товарів під митним контролем. Ручний облік або неавтоматизована система може "пропустити" дедлайн, що є грубим порушенням митного режиму [18].

Митний інспектор у будь-який момент може запросити звіт про наявність та місцезнаходження конкретного вантажу за номером МД. Якщо система не може надати ці дані миттєво та з 100% точністю, це викликає підозри та призводить до повної фізичної перевірки складу [18].

Відсутність простежуваності вантажу в реальному часі. У системі з ручним оновленням даних статус вантажу оновлюється із затримкою. Наприклад, вантаж вже переміщено, але оператор ще не "відзначив" це в системі. Менеджер складу або митний брокер не мають точної картини того, де знаходиться вантаж зараз, що ускладнює планування (наприклад, подачу документів на митне оформлення).

Отже, те, що на бондових складах люди багато роблять вручну, створює цілий комплекс проблем. Це призводить не лише до втрати грошей через помилки та повільну роботу. Це також створює ризик серйозних проблем із митним законодавством. Тому так важливо розробити програмний модуль, який буде все визначати автоматично. Він мінімізує можливість проблем та зробить облік більш точним та прозорим

## 1.2. Огляд існуючих технологій автоматизованої ідентифікації

Проблеми, пов'язані з низькою швидкістю обробки, людським фактором та помилками ідентифікації на бондових складах (деталізовані в п. 2.1), обумовлюють необхідність впровадження систем автоматизованої ідентифікації (Auto-ID).

Технології Auto-ID – це загальний термін для методів, що дозволяють автоматично ідентифікувати об'єкти, збирати про них дані та передавати їх безпосередньо до комп'ютеризованих систем з мінімальним втручанням людини [19].

Ці технології є фундаментом для сучасних WMS та систем простежуваності. На сучасному ринку існує три основні технології, що конкурують та доповнюють одна одну в складській логістиці: штрихове кодування, радіочастотна ідентифікація (RFID) та комп'ютерний зір.

Технологія штрихового кодування є найбільш поширеною, перевіреною часом та економічно доступною технологією Auto-ID. Вона базується на зчитуванні оптичним сканером графічної інформації (чорних та білих смуг або модулів), що містить закодований ідентифікатор [20].

Штрих коди бувають двох типів: Лінійні (1D) та Двовимірні (2D).

Лінійні (1D) штрих-коди, це традиційні коди (наприклад, EAN-13, Code 128, UPC) (рисунок 1.1) [20].

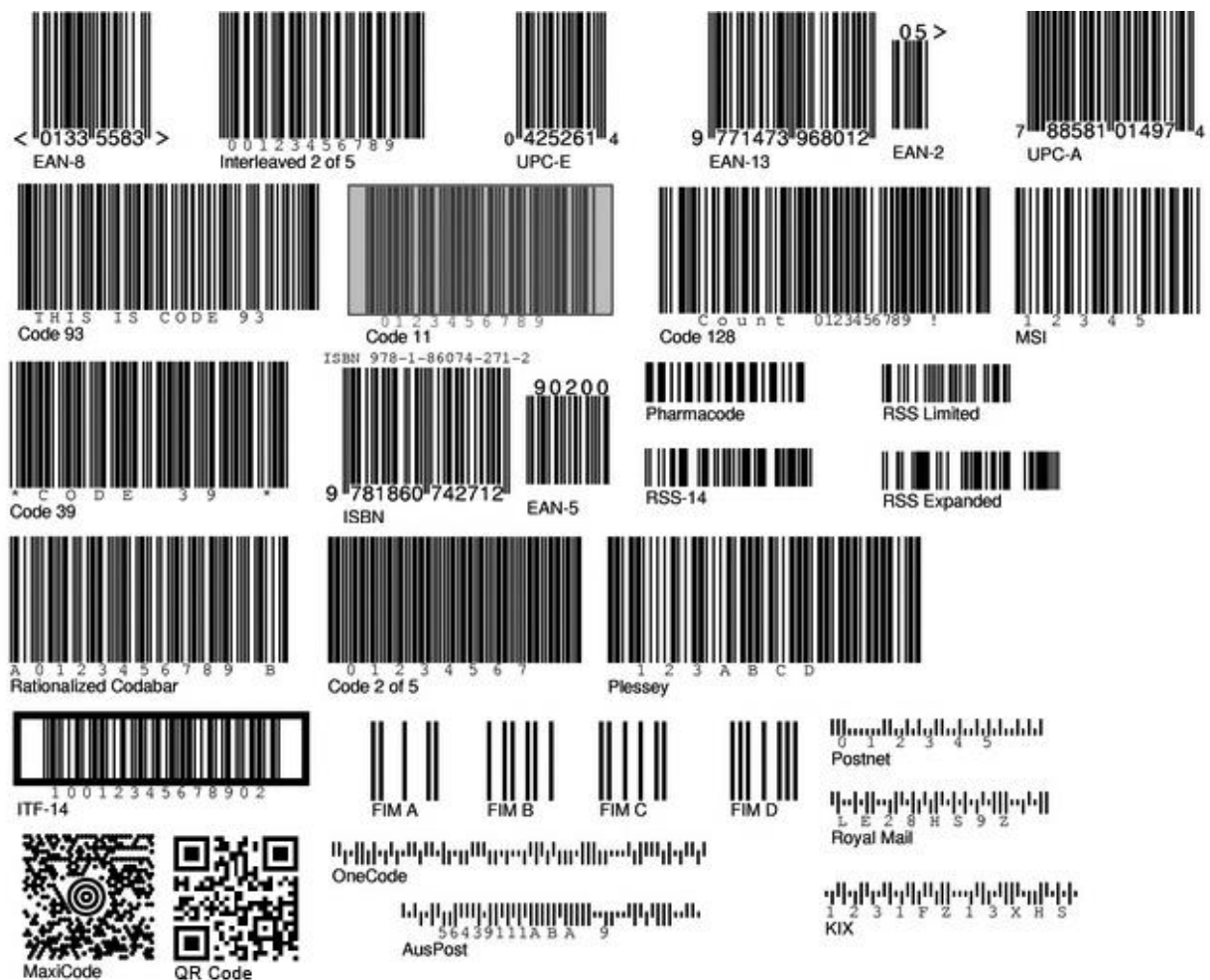


Рисунок 1.1 – Приклади штрих кодів 1D [21]

Вони кодують невеликий обсяг даних (зазвичай до 20-25 символів) і зчитуються вузьким променем лазера.

Двовимірні (2D) штрих-коди (наприклад, QR-код, Data Matrix, PDF417) (рисунок 1.2) [22].



Рисунок 1.2 – Приклади штрих кодів 2D [23]

Вони кодують значно більший обсяг інформації (до 2-3 тисяч символів) на меншій площі. 2D-коди можуть зберігати не лише ідентифікатор, але й додаткові дані: серійний номер, термін придатності, номер партії. Вони також мають вищий ступінь корекції помилок, що дозволяє зчитувати їх навіть при частковому пошкодженні [23].

Ключовими перевагами технології штрихового кодування є її низька вартість та глобальна стандартизація. Вартість друку етикеток, наприклад, на термопринтерах, є мінімальною, а самі сканери є відносно дешевим та доступним обладнанням. Завдяки глобальним стандартам, таким як GS1, забезпечується повна сумісність у всьому ланцюгу постачання, що є беззаперечним плюсом. До того ж, при успішному зчитуванні, точність розпізнавання даних є практично стовідсотковою.

Однак, для динамічної роботи складу ця технологія має критичні недоліки. Головним з них є вимога прямої видимості, оскільки сканер повинен фізично "бачити" штрих-код. Це унеможливує зчитування через палетну плівку, забруднені етикетки або якщо код знаходиться на незручній стороні вантажу. Іншим суттєвим обмеженням є поштучне сканування: оператор

змушений зчитувати кожну коробку чи палету окремо, що є головною причиною низької швидкості операцій приймання та інвентаризації. До того ж, низька стійкість паперових етикеток до вологи, тертя та забруднень часто призводить до їх пошкодження, що робить вантаж неможливим для ідентифікації.

RFID (Radio Frequency Identification) – це технологія, що використовує радіохвилі для передачі даних між зчитувачем (рідером) та спеціальною міткою (тегом), прикріпленою до об'єкта (рисунок 1.3) [24].



Рисунок 1.3 – RFID технологія [25]

Ця мітка може бути активною (працювати від джерела живлення), але в більшості випадків прилади не потребують живлення. Пам'ять RFID-мітки зберігає унікальні інформаційні дані та номер. При її попаданні в реєстраційну зону, інформація сприймається зчитувачем, відбувається її зчитування.

Система складається з трьох компонентів:

– мітка – складається з мікročіпа (він зберігає унікальний ідентифікатор та дані) та антени;

– зчитувач – пристрій, що випромінює радіосигнал та приймає відповідь від міток. Може бути ручним (термінал), стаціонарним (портал на воротах) або мобільним (на навантажувачі);

– система обліку – програми, що накопичують і аналізують інформацію, які пов'язують елементи в цільну систему [25].

На відміну від штрих-кодів, RFID-технологія пропонує низку кардинальних переваг для автоматизації.

Найважливішою є відсутність вимоги прямої видимості, що дозволяє зчитувати мітки крізь картон, пластик та іншу упаковку. Це, в свою чергу, уможлиблює одночасне (групове) зчитування: стаціонарний або ручний зчитувач може ідентифікувати сотні міток за лічені секунди. Як наслідок, швидкість інвентаризації зростає в рази – оператору достатньо пройти з рідером вздовж стелажів.

Мітки також є значно довговічнішими за паперові етикетки, оскільки зазвичай захищені пластиком, та дозволяють перезаписувати дані, наприклад, для оновлення статусу вантажу.

Основним стримуючим фактором впровадження RFID є вища вартість як самих міток, так і інфраструктури (промислових зчитувачів та порталів). Технологія також має технічні обмеження: радіосигнал може зазнавати інтерференції (поглинання або відбиття) від металевих поверхонь, таких як стелажі чи контейнери, а також від рідин.

Це вимагає більш ретельного інженерного планування при розміщенні обладнання та добору спеціалізованих міток. Також можливі колізії зчитування, коли рідер випадково захоплює "зайві" мітки з сусідніх стелажів.

Технології комп'ютерного зору (Computer Vision, CV) та оптичне розпізнавання символів (optical character recognition, OCR) найбільш сучасний та наукоємний підхід.

Технологія комп'ютерного зору – це галузь штучного інтелекту, яка дозволяє комп'ютерам «бачити», обробляти та розуміти візуальну інформацію з зображень або відео. Замість спеціальних носіїв (етикеток чи міток), система

використовує камери високої роздільної здатності та програмне забезпечення на базі штучного інтелекту (нейромереж) для розпізнавання об'єктів [26].

Оптичне розпізнавання символів (OCR) – це система, що може зчитувати текст, надрукований на коробках чи контейнерах (наприклад, номер контейнера, артикул, серійний номер), перетворюючи зображення на текст для WMS [27].

Також, разом із цими системами, використовується розпізнавання образів.

Розпізнавання образів – це розділ штучного інтелекту [28] та кібернетики, який займається класифікацією об'єктів за їхніми ознаками шляхом виділення істотних властивостей з несуттєвих [29].

Технології комп'ютерного зору є найбільш гнучким підходом, оскільки вони не потребують спеціальних міток чи етикеток. Система здатна працювати з існуючим візуальним маркуванням на коробках (через OCR) або навіть розпізнавати тип упаковки безпосередньо.

Це робить технологію багатofункціональною: одна й та сама камера може ідентифікувати вантаж, паралельно перевіряти його цілісність на предмет пошкоджень та виконувати функції відеоспостереження.

Разом з тим, CV є надзвичайно складним у розробці та впровадженні. Це вимагає значних обчислювальних потужностей (GPU) для навчання нейромереж та дорогого програмного забезпечення.

Технологія дуже чутлива до умов середовища: якість розпізнавання критично залежить від рівня освітлення, відблисків, чистоти об'єктива камери та якості самого маркування на вантажі (друк, що вицвів, чи бруд).

Окрім цього, швидкість обробки відеопотоку в реальному часі може бути нижчою, ніж миттєве зчитування RFID-міток.

Для вибору оптимальної технології для розробки програмного модуля проведемо порівняльний аналіз розглянутих альтернатив за ключовими для бондового складу критеріями.

Результати аналізу зведено у таблицю 1.1

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз технологій автоматизованої ідентифікації

Критерій	Штрих- кодування (1D/2D)	RFID (Пасивне UHF)	Комп'ютерний зір (CV/OCR)
Вимога прямої видимості	Так (критичний недолік)	Ні	Так (камера має "бачити" маркування)
Одночасне зчитування	Ні (тільки по одному)	Так (до сотень міток/сек)	Частково (може бачити декілька, але обробка послідовна)
Швидкість інвентаризації	Дуже низька	Дуже висока	Низька / Середня
Стійкість до середовища	Низька (етикетки рвуться)	Висока (мітки захищені)	Середня (залежить від чистоти об'єктива та маркування)
Обсяг даних	Низький (1D) / Середній (2D)	Середній (унікальний ID + пам'ять)	Високий (розпізнає текст)
Вартість (на одиницю)	Дуже низька	Середня / Висока	N/A (використовує існуюче маркування)
Вартість інфраструктури	Низька	Висока	Дуже висока (камери, сервери, ПЗ)
Вплив металу/рідин	Немає	Так (потребує спец. міток)	Немає (але можуть бути відблиски)

Аналіз (табл. 1.1) показує, незважаючи на те, що технологія RFID (радіочастотна ідентифікація) пропонує найвищу швидкість групового зчитування та не вимагає прямої видимості, її впровадження пов'язане зі значно вищими капітальними витратами (вартість міток та зчитувального обладнання) та технічними складнощами, пов'язаними з радіоперешкодами від металу та рідин.

З іншого боку, технології комп'ютерного зору (CV), хоч і пропонують ідентифікацію без спеціальних міток (через OCR тексту), є надмірно складними та обчислювально дорогими для даної задачі.

Вони вимагають навчання нейронних мереж, потужних серверів (GPU) та є вкрай чутливими до умов освітлення, якості друку на вантажі та кутів огляду, що робить їх ненадійними в динамічному складському середовищі.

На цьому тлі технологія 2D (QR) кодування виступає як найбільш прагматичне, економічно обґрунтоване та збалансоване рішення.

Вартість друку QR-коду на етикетці є практично нульовою, а для зчитування можуть використовуватись доступні 2D-сканери або навіть камери мобільних пристроїв.

На відміну від 1D-штрихкодів, QR-код має високий ступінь корекції помилок, а його ключовою перевагою є великий обсяг даних. Він може безпосередньо "зашифрувати" в собі всю необхідну для модуля інформацію – артикул (SKU), номер партії, термін придатності та, що найважливіше, унікальний ідентифікатор митної декларації (МД).

Це дозволяє миттєво валідувати вантаж одним скануванням, прибирає людський фактор при звірці з паперовими документами і робить рішення гнучким та доступним для впровадження.

### 1.3. Аналіз існуючих комп'ютеризованих систем управління складом

Програмний модуль автоматизованого визначення вантажів, що розроблюються, не є ізольованою системою. Він має функціонувати як

частина або доповнення до загальної IT-інфраструктури складу, ядром якої виступає система управління складом (Warehouse Management System, WMS) [30].

WMS – це спеціалізоване програмне забезпечення, призначене для автоматизації, оптимізації та моніторингу всіх складських процесів (приймання, розміщення, комплектація, відвантаження, інвентаризація). Ефективність майбутнього модуля безпосередньо залежить від розуміння архітектури та функціональних можливостей існуючих WMS-рішень.

Системи управління складом можна поділити за архітектурою та за функціональністю.

За архітектурою вони поділяються на модулі у складі великих ERP-систем (наприклад, Wezom, SAP EWM або Microsoft Dynamics 365), які забезпечують безшовну інтеграцію з фінансами, спеціалізовані «коробкові» (Standalone) WMS, що пропонують глибокий складський функціонал, але вимагають окремої інтеграції, та Хмарні (SaaS) WMS, що працюють за підпискою, знижуючи початкові витрати.

За функціональністю їх можна розділити на базові облікові системи (часто на базі BAS/1C) та повноцінні «керовані» системи, які видають персоналу оптимізовані завдання на термінали збору даних (ТЗД) [31].

На ринку України представлені як міжнародні лідери (SAP [32], Oracle [33]), так і потужні локалізовані рішення (наприклад, UIS [34] чи SystemGroup [35]).

Проте, аналіз їх функціоналу показує, що переважна більшість (понад 90%) цих систем історично побудовані навколо технології штрихового кодування. Вся їхня логіка управління завданнями на ТЗД базується на послідовному скануванні штрих-кодів.

Підтримка RFID хоча і декларується у дорогих системах (наприклад, SAP Auto-ID Infrastructure [36]), найчастіше є або складним опціональним модулем, або реалізована на базовому рівні (емуляція сканера штрих-коду), що не використовує головних переваг технології, як-от групове зчитування.

Найголовнішою проблемою та функціональною «прогалиною», виявленою під час аналізу, є те, що практично всі існуючі WMS розроблені для потреб комерційної логістики, а не митної. Їхня мета – оптимізувати вартість та швидкість обробки комерційного товару, але вони «не знають» про специфічні регуляторні вимоги бондових складів.

Це проявляється у відсутності критично важливого функціоналу:

- відсутності обліку в розрізі митних декларацій (МД);
- неможливість генерації митних звітів;
- ігнорування митних статусів та термінів;
- складність ідентифікації для митного огляду.

Таким чином, аналіз ринку WMS чітко показує, що хоча існують потужні інструменти для управління складом, вони не вирішують специфічних завдань бондових складів. Це створює чітку нішу та нагальну потребу в розробці спеціалізованого програмного модуля, який би поєднав технологію автоматизованого визначення вантажів (як RFID) із тісною прив'язкою до митних документів та процедур.

## **2 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВАНТАЖІВ НА БОНДОВИХ СКЛАДАХ**

На основі аналізу предметної області та технологій, проведеного у першому розділі, було визначено, що найбільш ефективним рішенням для автоматизації ідентифікації вантажів на бондових складах є впровадження програмного модуля на базі технології 2D-кодування (QR). У даному розділі проводиться формулювання вимог, техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки, а також проектування архітектури та структури даних системи.

### **2.1 Формулювання вимог до програмного модуля**

Враховуючи специфіку митних складів, де критично важливим є зв'язок фізичного товару з документами (Митними Деклараціями – МД), до розроблюваного модуля висуваються наступні функціональні та нефункціональні вимоги.

До функціональних вимог відноситься нижче перелічені.

По-перше, генерування системою унікального QR-код, який містить розширений набір даних: артикул, номер партії, кількість, термін придатності та номер митної декларації.

По-друге, миттєва валідація за допомогою якої модуль повинен зчитувати дані з QR-коду та автоматично звіряти їх із завданням WMS без необхідності ручного перегляду паперових документів.

По-третє, реалізація функції "Швидкий пошук", що дозволяє знайти точне місцезнаходження всіх палет, які відносяться до конкретної митної декларації (для митного огляду).

По-четверте, забезпечення режиму інвентаризації шляхом сканування QR-кодів із автоматичним формуванням звіту про розбіжності.

До нефункціональних вимог відноситься:

- Час розпізнавання та декодування QR-коду не повинен перевищувати 1 секунди.
- Використання рівня корекції помилок QR-коду (Level M або Q) для забезпечення зчитування при частковому пошкодженні етикетки.
- Клієнтська частина повинна працювати на мобільних терміналах збору даних (ТЗД) під управлінням ОС Android.
- Наявність API для обміну даними з основною WMS системою складу.

## 2.2 Техніко-економічне обґрунтування ефективності модуля

Для обґрунтування доцільності впровадження модуля проведено порівняльний розрахунок ефективності процесу інвентаризації складу для трьох сценаріїв:

Перший "Як було", тобто ручний облік. Використання паперових описів працівниками складу для звірки артикулу, номеру партії, кількості, терміну придатності, номеру митної декларації і т.д..

Другий "Як є", тобто 1D Штрих-коди. Стандартна автоматизація, де сканується лише артикул, а партія та МД звіряються візуально. Зазвичай це найпоширеніший варіант автоматизації на складі.

Третій "Як буде", тобто QR-модуль. Повна автоматизація складського приміщення з валідацією за QR-кодом.

### 2.2.1 Розрахунок трудомісткості операцій

Основним показником ефективності автоматизації є зниження трудомісткості виконання складських операцій. Розрахуємо витрати часу на обробку однієї одиниці вантажу (палети) за формулою:

$$T_{\text{од}} = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (2.1)$$

де  $T_{\text{од}}$  – загальний час на обробку однієї одиниці вантажу (с.);

$t_i$  – час виконання  $i$ -ї елементарної операції (с.);

$n$  – кількість елементарних операцій.

Для першого сценарію процес складається з пошуку позиції в описі ( $T_{\text{пошук}}$ ), візуальної звірки даних ( $T_{\text{звірка}}$ ) та ручного запису результату ( $T_{\text{запис}}$ ).

Приймаємо середні значення на основі хронометражу та розраховуємо за (2.1):

$$T_{\text{пошук}} = 8 \text{ с}, T_{\text{звірка}} = 10 \text{ с}, T_{\text{запис}} = 7 \text{ с}.$$

$$T_{\text{п.с.}} = 8 + 10 + 7 = 25 \text{ с}.$$

Для другого сценарію процес складається зі сканування штрих-коду ( $T_{\text{скан}}$ ), візуальної звірки номера партії та МД на екрані ТЗД ( $T_{\text{віз. звірка}}$ ) та підтвердження/введення даних ( $T_{\text{ввід}}$ ). Приймаємо середні значення на основі хронометражу та розраховуємо за (2.1):  $T_{\text{скан}} = 5 \text{ с}$ ,  $T_{\text{віз. звірка}} = 13 \text{ с}$  (оскільки 1D код не містить даних про МД, оператор звіряє їх очима),  $T_{\text{ввід}} = 3 \text{ с}$ .

$$T_{\text{д.с.}} = 5 + 13 + 3 = 21 \text{ с}.$$

Для третього сценарію процес складається зі сканування QR-коду ( $T_{\text{QR скан}}$ ) та автоматичної валідації системою ( $T_{\text{авто}}$ ). Приймаємо середні значення на основі хронометражу та розраховуємо за (2.1):  $T_{\text{QR скан}} = 5 \text{ с}$ ,  $T_{\text{авто}} = 1 \text{ с}$ .

$$T_{\text{т.с.}} = 5 + 13 + 3 = 21 \text{ с}.$$

### 2.2.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на інвентаризацію

Розрахуємо загальні витрати часу ( $T_{\Sigma}$ ) та грошові витрати ( $C_{\text{інв}}$ ) на проведення однієї повної інвентаризації складу.

Загальні витрати часу (людино-годин) розраховуються за формулою:

$$T_{\Sigma} = \frac{N \cdot T_{\text{од}}}{3600}, \quad (2.2)$$

Грошові витрати (фонд оплати праці) розраховуються за формулою:

$$C_{\text{інв}} = T_{\Sigma} \cdot R_{\text{год}} \cdot (1 + K_{\text{soc}}), \quad (2.3)$$

де  $N$  – кількість одиниць зберігання (палет) на складі. Приймаємо  $N = 5000$  од.;

$R_{\text{год}}$  – годинна тарифна ставка оператора. Приймаємо  $R_{\text{год}} = 150$  грн/год;

$K_{\text{soc}}$  – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (ЄСВ тощо). Для спрощення розрахунку приймемо, що ставка 150 грн вже включає витрати роботодавця ( $K_{\text{soc}} = 0$ ).

Для першого сценарію результати розрахунків (2.2) та (2.3) будуть наступними:

$$T_{\Sigma \text{ П.С.}} = \frac{5000 \cdot 25}{3600} \approx 34,72 \text{ люд.} - \text{ год.},$$

$$C_{\text{інв П.С.}} = 34,72 \cdot 150 = 5208 \text{ грн.}$$

Для другого сценарію результати розрахунків (2.2) та (2.3) будуть наступними:

$$T_{\Sigma \text{ Д.С.}} = \frac{5000 \cdot 21}{3600} \approx 29,17 \text{ люд.} - \text{ год.},$$

$$C_{\text{інв Д.С.}} = 29,17 \cdot 150 = 4375,5 \text{ грн.}$$

Для третього сценарію результати розрахунків (2.2) та (2.3) будуть наступними:

$$T_{\Sigma \text{ Т.С.}} = \frac{5000 \cdot 6}{3600} \approx 8,33 \text{ люд. - год. ,}$$

$$C_{\text{інв Т.С.}} = 8,33 \cdot 150 = 1249,5 \text{ грн.}$$

### 2.2.3 Розрахунок економічного ефекту

Економічний ефект (Е) визначається як різниця витрат між першим та другим сценарієм відносно третього. Розрахуємо річну економію ( $E_{\text{рік}}$ ), враховуючи, що інвентаризація проводиться щомісяця ( $M = 12$  разів на рік). Виходячи з даних формула річної економії виглядає наступним чином:

$$E_{\text{рік}} = (C_{\text{інв П.С./Д.С.}} - C_{\text{інв Т.С.}}) \cdot M \quad (2.4)$$

Ефект відносно першого сценарію розраховується так:

$$E_{\text{рік (П.С./Т.С.)}} = (5208 - 1249,5) \cdot 12 = 47\,502 \text{ грн.}$$

Ефект відносно другого сценарію розраховується так:

$$E_{\text{рік (Д.С./Т.С.)}} = (4375,5 - 1249,5) \cdot 12 = 37\,512 \text{ грн.}$$

Також розрахуємо коефіцієнт прискорення процесу ( $k_{spd}$ ) відносно поточної системи (Д.С.):

$$k_{spd} = \frac{T_{\Sigma \text{ Д.С.}}}{T_{\Sigma \text{ Т.С.}}} = \frac{29,17}{8,33} \approx 3,5.$$

## 2.2.4 Оцінка зниження ризиків

Для бондових складів критичним є фінансовий ризик штрафів за невідповідність даних МД фактичному вантажу. Розрахуємо очікувані річні втрати від помилок ( $L_{err}$ ) за імовірнісною формулою:

$$L_{err} = N_{оп} \cdot P_{err} \cdot C_{fine}, \quad (2.5)$$

де  $N_{оп}$  – річна кількість операцій (приймаємо  $N_{оп} = 60\,000$ );

$P_{err}$  – ймовірність помилки (людський фактор);

$C_{fine}$  – середня вартість ліквідації наслідків помилки (штраф, простий авто, пошук). Прийmemo  $C_{fine} = 500$  грн (усереднено).

Ймовірності помилок  $P_{err}$  враховуємо для другого та третього сценарію, оскільки вони вважаються автоматизацією складського приміщення.

Для першого сценарію  $P_{err}$  є візуальна звірка:

$$P_{err \text{ Д.С.}} \approx 3\% (0,03).$$

Для другого сценарію  $P_{err}$  є візуальна звірка:

$$P_{err \text{ Д.С.}} \approx 1,5\% (0,015).$$

Для третього сценарію  $P_{err}$  є автоматична звірка:

$$P_{err \text{ Т.С.}} \approx 0,1\% (0,001).$$

Враховуючи  $P_{err}$  сценаріїв проводимо розрахунок втрат:

$$L_{err \text{ П.С.}} = 60000 \cdot 0,03 \cdot 500 = 900\,000 \text{ грн./рік,}$$

$$L_{err \text{ Д.С.}} = 60000 \cdot 0,015 \cdot 500 = 450\,000 \text{ грн./рік,}$$

$$L_{err\ T.C} = 60000 \cdot 0,001 \cdot 500 = 30\ 000 \text{ грн./рік.}$$

Провівши розрахунки витрат економія на зниженні ризиків виглядатиме наступним чином:

$$E_{risk} = 450\ 000 - 30\ 000 = 420\ 000 \text{ грн./рік.}$$

### 2.2.5 Результати розрахунків

Зведені результати розрахунків наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Зведені показники ефективності впровадження модуля

№	Найменування показника	Од. вим.	П.С.	Д.С.	Т.С.	Зміна (Ефект Т.С відносно П.С.)	Зміна (Ефект Т.С відносно Д.С.)
1	Трудомісткість обробки 1-ї палети	с.	25,0	21,0	6,0	Менше на 19 с. (в 4,2 рази)	Менше на 15 с. (в 3,5 рази)
2	Трудомісткість інвентаризації (5000 од.)	Люд.-год.	34,72	29,17	8,33	Менше на 26,39 люд.-год.	Менше на 20,84 люд.-год.
3	Вартість однієї інвентаризації	грн.	5208,00	4375,50	1249,50	Менше на 3958,50 грн.	Менше на 3126 грн.
4	Ймовірність помилки (ризик)	%	3,0	1,5	0,1	Менше на 2,9 %	Менше на 1,4 %

Продовження таблиці 2.1

№	Найменування показника	Од. вим.	П.С.	Д.С.	Т.С.	Зміна (Ефект Т.С відносно П.С.)	Зміна (Ефект Т.С відносно Д.С.)
5	Очікувані річні втрати від ризиків	грн.	900 000	450 000	30 000	Менше на 870 000 грн.	Менше на 420 000 грн.
6	Річний економічний ефект (разом)*	грн.	-	-	-	917 502 грн.	457 512 грн.

\* – сумарний ефект розраховано як суму річної економії на оплаті праці та економії від зниження ризикових втрат порівняно з ручним методом:

1. Для ефекту Т.С відносно П.С. = 870 000 + 47 502;
2. Для ефекту Т.С відносно Д.С. = 420 000 + 37 512.

Розрахунки показують, що впровадження модуля є економічно обґрунтованим. Загальний очікуваний річний ефект Т.С відносно П.С. становить понад 910 тис. грн, а ефект Т.С відносно Д.С. – понад 450 тис. грн, переважно за рахунок мінімізації помилок ідентифікації, що є критичним для дотримання митного режиму.

### 2.3 Моделювання сценаріїв використання

Ключовим процесом, який підлягає автоматизації, є приймання вантажу на бондовий склад, оскільки саме на цьому етапі відбувається первинна ідентифікація та прив'язка товару до митної декларації (МД). Розроблена модель процесу третього сценарію передбачає наступну послідовність дій (рис. 2.1):

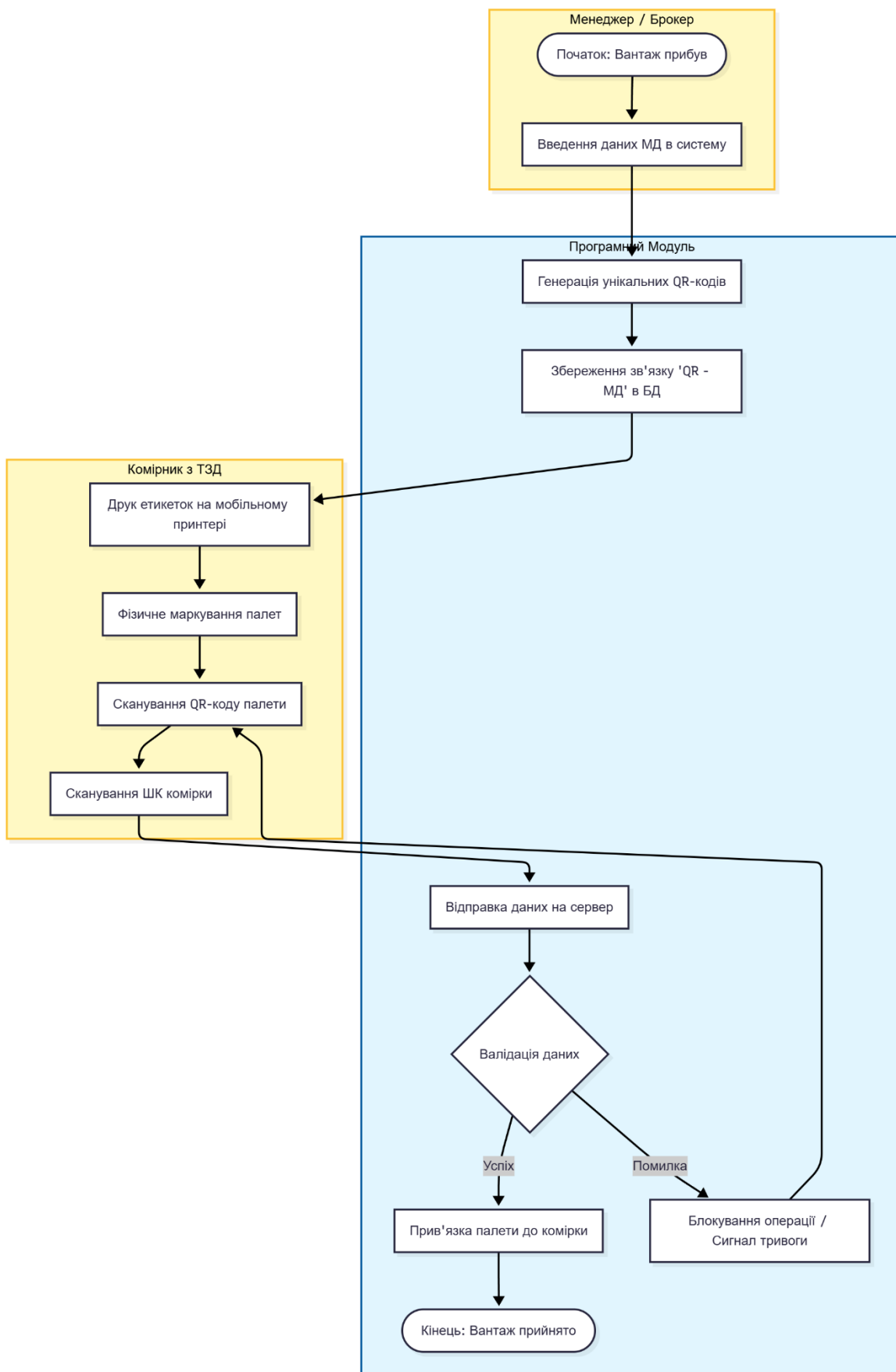


Рисунок 2.1 – Use Case діаграма

1. Вантаж прибуває на склад до зони розвантаження;
2. Менеджер або митний брокер вносить дані нової митної декларації в систему (при цьому система створює запис у таблиці БД);
3. На основі даних про очікуваний вантаж модуль автоматично генерує унікальні QR – коди для кожної палети (QR – код містить агрегований рядок даних: ID – товару, Партія, Кількість, Термін Придатності, Номер МД);
4. Комірник отримує завдання на ТЗД, роздруковує згенеровані етикетки на мобільному принтері та маркує ними фізичні палети;
5. При розміщенні та валідації товару комірник сканує QR – код палети та штрих–код комірки зберігання, після цього модуль виконує автоматичну перевірку на відповідність товару вимогам зберігання у цій зоні та чи дозволено розміщення даної МД;
6. Якщо валідація успішна, модуль зав'язує ID палети та комірки в БД та оновлює статус вантажу на “Прийнято/Під митним контролем”.

Це вирішує проблему "сліпих зон" та дозволяє миттєво знайти вантаж для митного огляду.

## **3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ВАНТАЖІВ НА БОНДОВИХ СКЛАДАХ**

Якісна реалізація програмного модуля вимагає використання сучасних та ефективних засобів розробки, що дозволяють мінімізувати кількість помилок, прискорити процес написання коду та забезпечити масштабованість системи. Для розробки клієнт-серверної системи обліку вантажів було обрано наступний стек технологій.

### 3.1 Середовище розробки

В якості інтегрованого середовища розробки (Integrated Development Environment, IDE) обрано Microsoft Visual Studio 2022. Цей вибір обумовлений тим, що це середовище є галузевим стандартом для розробки на платформі .NET і надає найбільш повний набір інструментів для створення корпоративних додатків [37].

Ключові фактори, що обґрунтовують вибір Visual Studio 2022 для даного проекту:

Використання технологій штучного інтелекту для автодоповнення коду значно прискорює написання синтаксичних конструкцій C# та знижує ймовірність механічних помилок [38].

Критично важлива функція для розробки інтерфейсів. Вона дозволяє вносити зміни у XAML-розмітку або C#-код і миттєво бачити результат у запущеному додатку без необхідності його повної зупинки та перекомпіляції. Це суттєво економить час при налаштуванні UI [39].

Вбудовані засоби діагностики дозволяють покроково виконувати код, відстежувати значення змінних у реальному часі та аналізувати споживання

пам'яті, що є необхідним для забезпечення стабільності роботи мобільного клієнта на ТЗД [40].

Середовище має вбудований оглядач об'єктів SQL Server (SQL Server Object Explorer), що дозволяє проектувати структуру бази даних, писати запити та переглядати дані безпосередньо з IDE, не перемикаючись на сторонні утиліти [41].

Зручний інтерфейс для підключення необхідних бібліотек (наприклад, для генерації QR-кодів або роботи з JSON), що спрощує управління залежностями проекту [42].

### 3.2 Платформа інтерфейсу

Для розробки графічного інтерфейсу користувача (GUI) було обрано фреймворк AvaloniaUI. Це кросплатформена XAML-орієнтована платформа для .NET [43].

Обґрунтування вибору AvaloniaUI порівняно з аналогами (WPF, Windows Forms):

Кросплатформеність (Cross-Platform) це найвагоміший аргумент. Специфіка бондового складу передбачає використання різноманітного обладнання: настільних ПК на Windows (для менеджерів) та мобільних терміналів збору даних на базі Android (для комірників). AvaloniaUI дозволяє використовувати єдину кодову базу для обох платформ, що вдвічі зменшує трудовитрати на розробку та підтримку [44].

Використання мови розмітки XAML дозволяє чітко відокремити візуальну частину (View) від бізнес-логіки (ViewModel), реалізуючи патерн MVVM (Model-View-ViewModel). Це робить код чистим, тестованим та легким для супроводу [45].

Avalonia використовує власний двигун рендерингу (на базі Skia), що забезпечує плавне відображення інтерфейсу навіть на мобільних пристроях з

обмеженими ресурсами, що є критичним для оперативного сканування вантажів [46].

На відміну від WPF, Avalonia не залежить від версії DirectX чи конкретних оновлень Windows, що гарантує однаковий вигляд та поведінку додатку на будь-якому комп'ютері підприємства [47].

### 3.3 Проектування логічної структури бази даних

Розробка бази даних (БД) є критичним етапом проектування програмного модуля, оскільки ефективність роботи системи залежить від швидкості доступу до даних та їх цілісності. Аналіз функціональних вимог (п. 2.1) та моделювання сценаріїв використання (п. 2.3) показав, що стандартні моделі даних, які використовуються в WMS-системах, орієнтовані на облік товарних запасів (SKU), але не мають вбудованих сутностей для обліку митних документів.

Тому для розроблюваного модуля було спроектовано спеціалізовану реляційну базу даних, що працює паралельно з основною БД складу та забезпечує зв'язок фізичних одиниць зберігання з митними деклараціями.

#### 3.3.1 Обґрунтування вибору СКБД

В якості системи керування базами даних обрано Microsoft SQL Server.

Microsoft SQL Server – система управління базами даних, яка розробляється корпорацією Microsoft. Як сервер даних виконує головну функцію по збереженню та наданню даних у відповідь на запити інших застосунків, які можуть виконуватися як на тому ж самому сервері, так і у мережі.

Мова, що використовується для запитів – Transact-SQL, створена спільно Microsoft та Sybase. Transact-SQL є реалізацією стандарту ANSI / ISO щодо структурованої мови запитів SQL із розширеннями. Використовується як для невеликих і середніх за розміром баз

даних, так і для великих баз даних масштабу підприємства. Багато років вдало конкурує з іншими системами керування базами даних [48].

Вибір обґрунтовано наступним чином:

Оскільки серверну частину модуля розроблено на платформі .NET (C#), використання MS SQL Server забезпечує найкращу інтеграцію (Entity Framework Core), продуктивність та стабільність роботи [49].

Наявність SQL Server Management Studio (SSMS) значно спрощує процеси розробки, налагодження запитів та адміністрування бази даних [50].

MS SQL Server забезпечує високий рівень захисту даних (Row-Level Security, Dynamic Data Masking), що є критичним для зберігання комерційної інформації про вантажі [51].

Розширена мова запитів дозволяє реалізовувати складну бізнес-логіку (збережені процедури, тригери) безпосередньо на рівні бази даних, що підвищує швидкодію системи [52].

### 3.3.2 Концептуальна модель даних (ER-модель)

На основі аналізу предметної області виділено ключові сутності та зв'язки між ними. Логічна структура БД представлена у вигляді нормалізованих таблиць (рисунок 3.1).

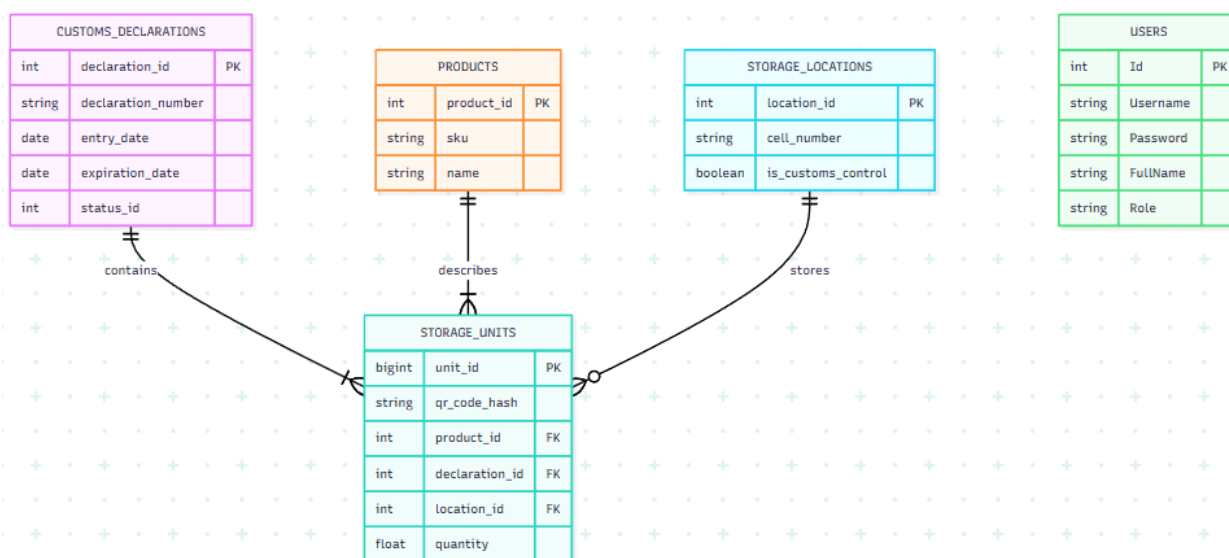


Рисунок 3.1 – ER діаграма бази даних та зв'язки між ними

Опис основних таблиць з урахуванням типів даних MS SQL наведено нижче.

Опис значень в таблиці: “Customs\_Declarations” (Митні декларації)

Ключова сутність для митного обліку, яка зберігає дані про документ, на підставі якого вантаж розміщено на складі.

– declaration\_id (PK, INT IDENTITY(1,1)) – унікальний ідентифікатор запису (автоінкремент).

– declaration\_number (Unique, NVARCHAR(50)) – офіційний номер митної декларації (наприклад, "UA100000/2024/123456").

– declaration\_type (NVARCHAR(20)) – код митного режиму (наприклад, "IM-74", "IM-40").

– entry\_date (DATETIME2) – дата та час відкриття декларації.

– expiration\_date (DATE) – граничний термін зберігання.

– status\_id (INT) – посилання на довідник статусів (Active, Closed, Expired).

Опис значень в таблиці: “Storage\_Units” (Одиниці зберігання / Палети)

Центральна таблиця, що представляє фізичну палету, промарковану QR-кодом. Реалізує зв'язок "багато-до-одного" з деклараціями.

– unit\_id (PK, BIGINT IDENTITY(1,1)) – унікальний ідентифікатор одиниці.

– qr\_code\_hash (Unique Index, NVARCHAR(100)) – унікальний рядок, зашифрований у QR-коді. Використовується для пошуку при скануванні.

– product\_id (FK, INT) – посилання на довідник товарів.

– declaration\_id (FK, INT) – посилання на митну декларацію. Забезпечує митний облік.

– location\_id (FK, INT) – посилання на поточне місцезнаходження.

– batch\_number (NVARCHAR(50)) – номер партії виробника.

– quantity (DECIMAL(18,3)) – кількість товару.

– production\_date (DATE) – дата виробництва.

Опис значень в таблиці: “Products” (Товари)

Довідник номенклатури який синхронізується з основною WMS.

- product\_id (PK, INT) – ідентифікатор товару.
- sku (Unique, NVARCHAR(50)) – артикул товару.
- name (NVARCHAR(200)) – назва товару.
- unit\_measure (NVARCHAR(10)) – одиниця виміру (шт, кг).

Опис значень в таблиці: “Storage\_Locations” (Місця зберігання)

Топологія складу.

- location\_id (PK, INT IDENTITY) – ідентифікатор місця.
- zone\_code (NVARCHAR(10)) – код зони (наприклад, "Zone A").
- shelf\_number (NVARCHAR(10)) – номер стелажу.
- cell\_number (NVARCHAR(10)) – номер комірки.
- is\_customs\_control (BIT) – ознака зони митного контролю (1 - так, 0 - ні).

Опис значень в таблиці: “Users” (Користувачі)

Службова таблиця для забезпечення безпеки та входу в систему.

- Id (PK, INT IDENTITY) – унікальний ідентифікатор.
- Username (NVARCHAR(50)) – логін користувача.
- Password (NVARCHAR(MAX)) – хеш пароля.
- FullName (NVARCHAR(100)) – повне ім'я співробітника.
- Role (NVARCHAR(20)) – роль (наприклад, "Admin", "User").

### 3.3.3 Опис зв'язків та цілісності даних

Для забезпечення цілісності даних (Data Integrity) в MS SQL Server використовуються наступні механізми:

- PRIMARY KEY Constraints які гарантують унікальність кожного запису.
- FOREIGN KEY Constraints які забезпечують посилальну цілісність.

Наприклад, обмеження зовнішнього ключа в таблиці Storage\_Units на поле declaration\_id з правилом ON DELETE NO ACTION унеможливило видалення активної митної декларації, якщо на складі ще є товари, прив'язані до неї.

– CHECK Constraints які використовуються для валідації даних на рівні БД (наприклад, quantity > 0).

– Також створено некластерний індекс по полю qr\_code\_hash для миттєвого пошуку вантажу сканером, що забезпечує виконання вимоги щодо швидкодії (до 1 сек).

Спроектowana схема бази даних повністю відповідає вимогам предметної області, а використання MS SQL Server гарантує надійність, масштабованість та легку інтеграцію з програмним модулем на .NET.

### 3.4 Розробка інтерфейсу та алгоритмів програмного засобу

Розроблення алгоритмів програмного засобу для автоматизованого визначення вантажу на бондовому складі на платформі AvaloniaUI напряду пов'язано з розроблювальним інтерфейсом та орієнтовані на автоматизацію та оптимізацією процесів пов'язаних з обробкою товарів на складі, їх зберіганням та зв'язком товару з МД.

Проаналізувавши вимоги до програмного модуля був розроблений програмний засіб опис інтерфейсу якого наведено нижче, а увесь програмний код для правильної роботи застосунку та його стилізації процитований в наступних додатках до роботи: Додаток А – Додаток Л.

Для запуску програми потрібно подвійно натиснути на іконку програми з назвою “OLE-PRO Warehouse” на робочому столі (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Іконка програми

Після цього відбувається запуск програми де нас зустрічає вікно для авторизації користувача (рисунок 3.3). Вікно має власний стиль, як і вся програма, текстові поля для внесення логіну та паролю з аналогічними назвами та клавіші “Увійти” та “Вийти з програми”.

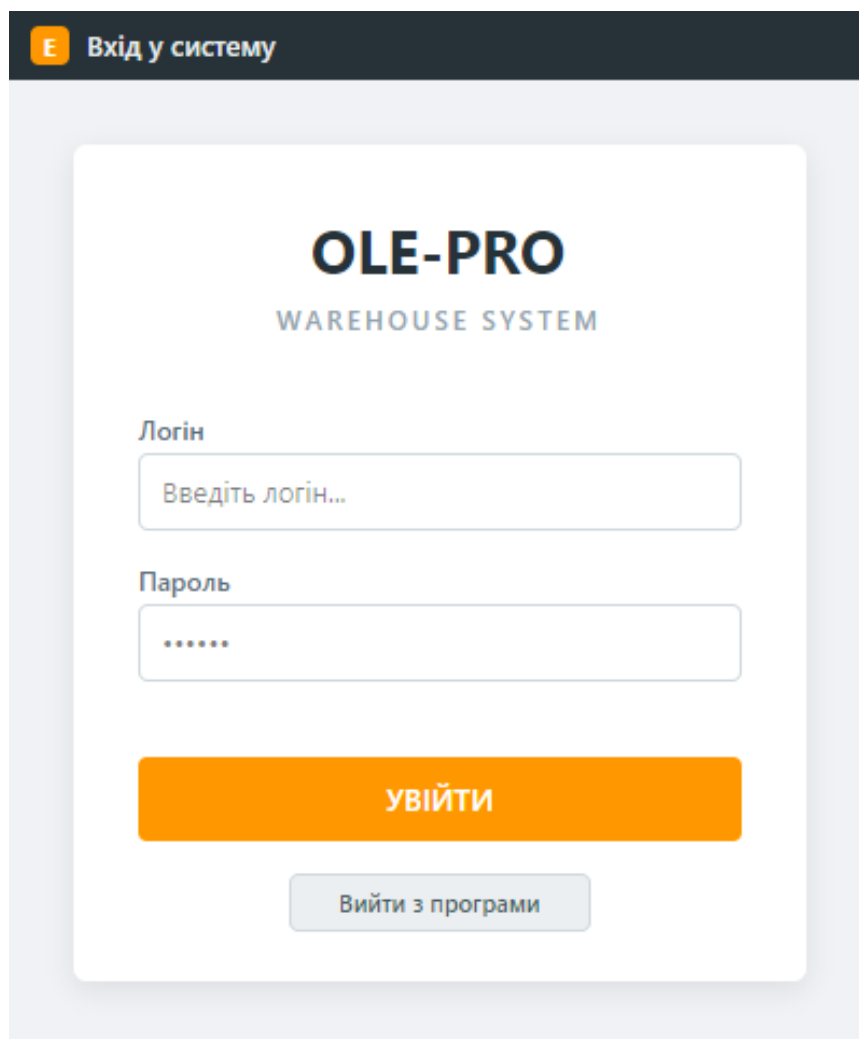
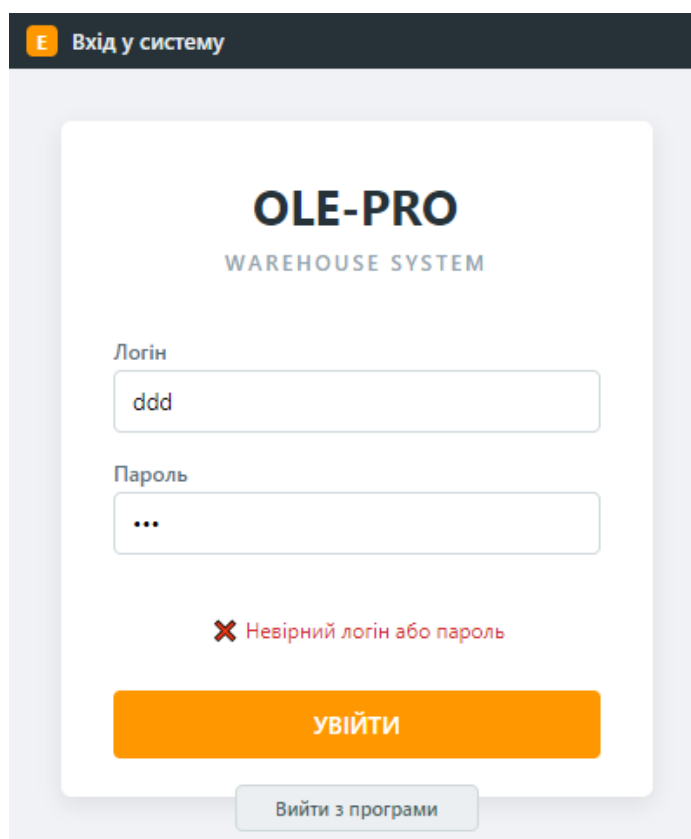


Рисунок 3.3 – Вікно авторизації користувача

При внесенні у текстові поля даних які не співпадають з даними таблиці “Users” в БД програма винесе помилку і авторизація буде невдалою (рис. 3.4).

Для безпеки дані які вводяться в текстове поле паролю замінюються на крапки. Система буде постійно виносити помилку поки дані не будуть співпадати з даними в таблиці “Users” з БД, навіть якщо в текстові поля не буде нічого введено (рисунок 3.5).



OLE-PRO  
WAREHOUSE SYSTEM

Логін  
ddd

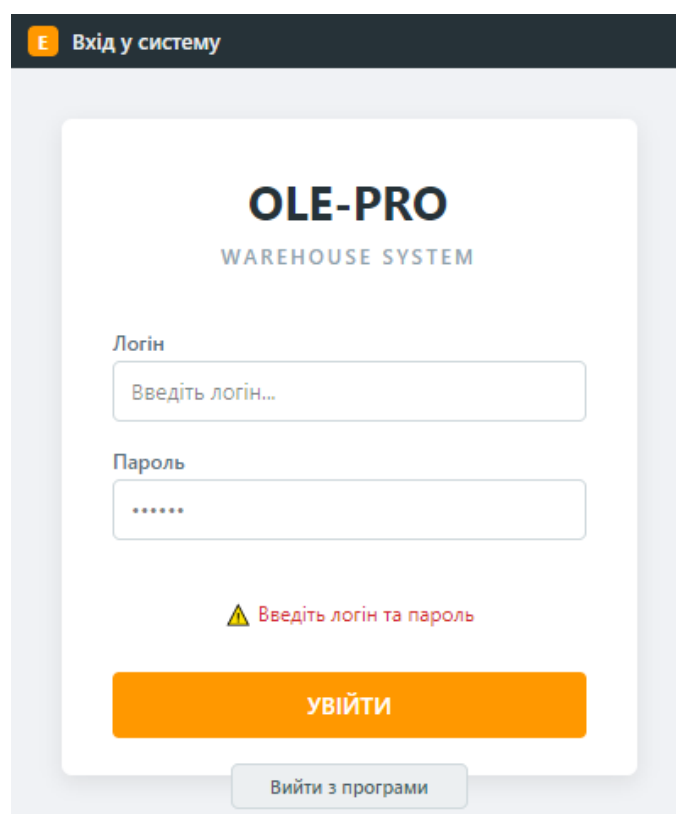
Пароль  
...

✘ Невірний логін або пароль

УВІЙТИ

Вийти з програми

Рисунок 3.4 – Невірні дані для авторизації користувача



OLE-PRO  
WAREHOUSE SYSTEM

Логін  
Введіть логін...

Пароль  
.....

⚠ Введіть логін та пароль

УВІЙТИ

Вийти з програми

Рисунок 3.5 – Помилка про пусті текстові поля

Після введення даних які співпадають з даними в таблиці “Users” БД нас зустрине головне вікно програмного застосунку.

На цьому вікні відображено “МЕНЮ” яке являється шторкою та може скриватися кнопкою зліва від пошукової строки та таблиця з вибором відображення “Склад”, “Довідник” та “Декларації” кожен з яких пов'язаний зі своєю таблицею в БД.

Саме “МЕНЮ” має підменю “ОПЕРАЦІЇ”, “ДОКУМЕНТИ”, “ІНСТРУМЕНТИ” та “АДМІН” кожне з яких мають кнопки “Прийняти товар”, “Редагувати”, “Списати товар”, “Звіт (PDF)”, “Повна відомість”, “Папка з QR”, “Сканувати” та “Користувачі” для керування застосунком (рисунок 3.6).

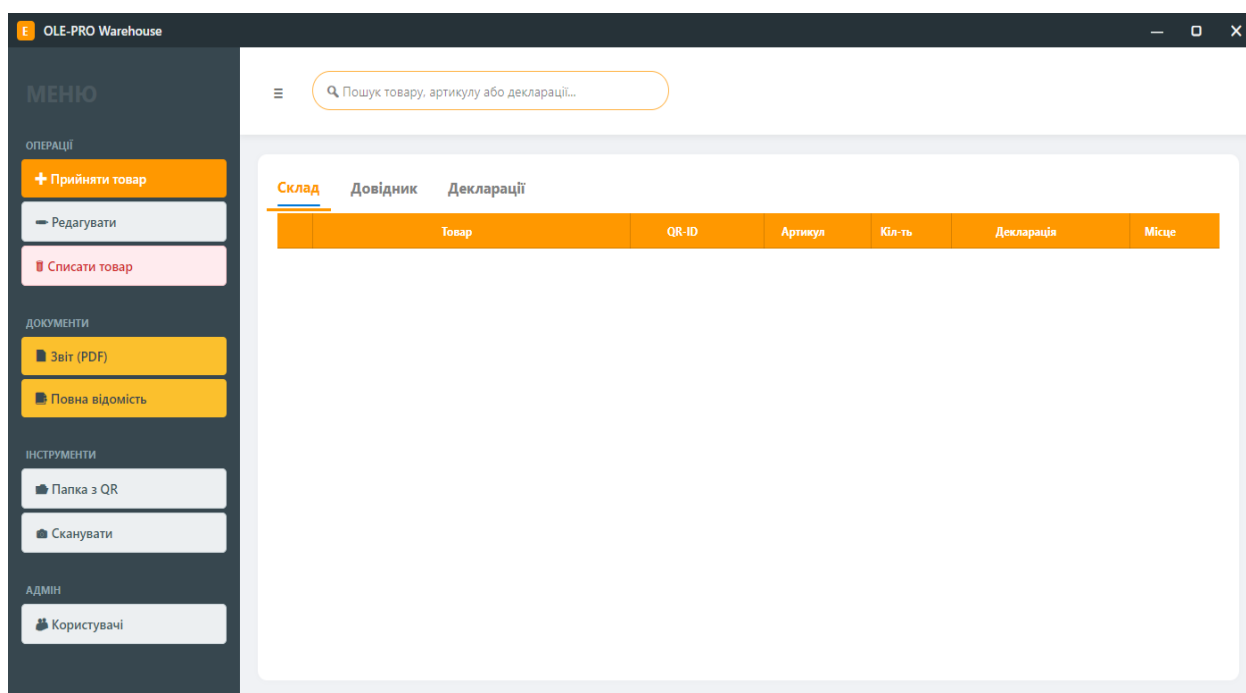


Рисунок 3.6 – Основне вікно застосунку

Наразі в системі немає жодного товару тож потрібно зробити його внесення застосувавши кнопку “Прийняти товар”. Після натискання висвітиться нове вікно в якому є три блоки для внесення даних та дві кнопки “Скасувати” та “ЗБЕРЕГТИ”.

Перший блок це “Дані про товар” в якому є три текстові блоки з назвами “Назва товару”, “Артикул (SKU)” та “Од. виміру”.

Другий блок це “Митна декларація” в якому є текстовий блок з назвою “Номер МД”.

Третій блок це “Розміщення та кількість” в якому є п’ять текстових блоків з назвами “Зона”, “Полиця”, “Комірка”, “Кількість” та “Партія (Batch)” (рисунок 3.7).

The screenshot shows a web interface for 'Goods Receipt' (Приймання товару). It is divided into three main sections:

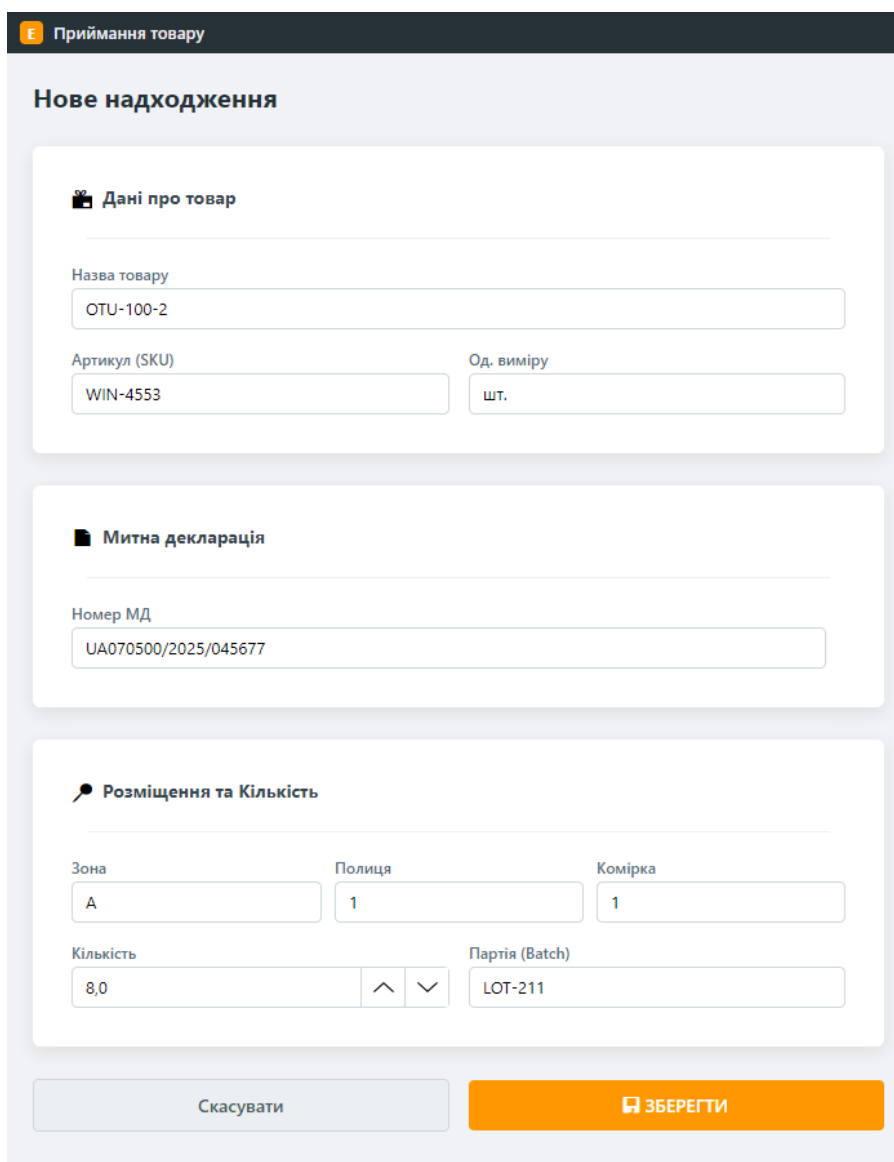
- Дані про товар (Goods Data):** Contains three input fields: 'Назва товару' (Name of goods) with the example 'Наприклад: Вино червоне', 'Артикул (SKU)' (SKU) with 'WIN-001', and 'Од. виміру' (Unit of measurement) with 'шт / кг / л'.
- Митна декларація (Customs Declaration):** Contains one input field: 'Номер МД' (MD Number) with 'UA100...'.
- Розміщення та Кількість (Placement and Quantity):** Contains five input fields: 'Зона' (Zone) with 'А', 'Полиця' (Shelf) with '1', 'Комірка' (Compartment) with '12', 'Кількість' (Quantity) with '1' and a dropdown arrow, and 'Партія (Batch)' (Batch) with 'LOT-001'.

At the bottom, there are two buttons: 'Скасувати' (Cancel) and 'ЗБЕРЕГТИ' (Save).

Рисунок 3.7 – Вікно для приймання товару

Після внесення необхідних даних в текстові поля блоків натискаємо кнопку “ЗБЕРЕГТИ” після чого дані внесуться в таблиці “Product”, “CustomsDeclaration”, “StorageLocation” та “StorageUnit” в БД та системою автоматично згенерується QR-код товару (рисунок 3.8).

Результатом буде знаходження товару в таблиці основного вікна з будь-яким відображенням (рисунок 3.9 – 3.10). У таблиці з відображенням “Декларації” дата значення “Термін до” виставляється автоматично на 1095 днів з моменту внесення згідно з максимальним терміном зберігання (рисунок 3.11), а в колонці значення QR-ID натиснувши на текст в строчці будь-якого товару відобразиться вікно з його QR-кодом (рисунок 3.12).



**Приймання товару**

### Нове надходження

**Дані про товар**

Назва товару  
ОТУ-100-2

Артикул (SKU) Од. виміру  
WIN-4553 шт.

**Митна декларація**

Номер МД  
UA070500/2025/045677

**Розміщення та Кількість**

Зона Полиця Комірка  
A 1 1

Кількість Партія (Batch)  
8,0 LOT-211

Скасувати **ЗБЕРЕГТИ**

Рисунок 3.8 – Вікно для приймання товару з даними

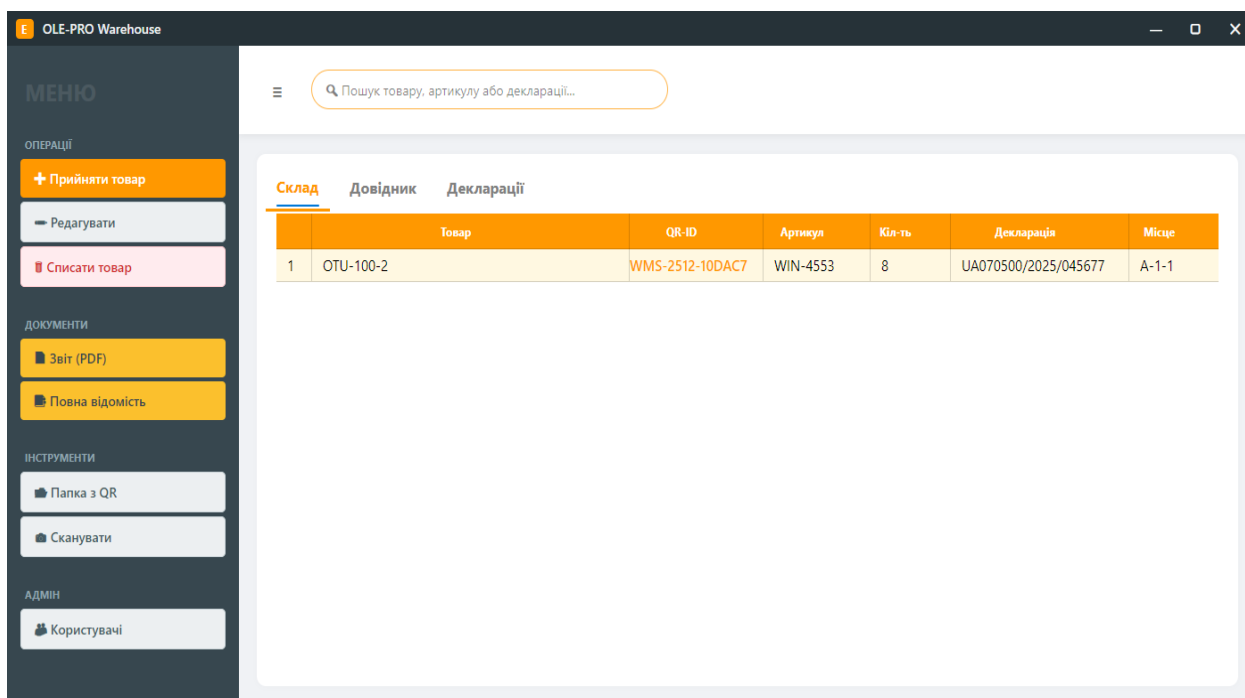


Рисунок 3.9 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Склад”

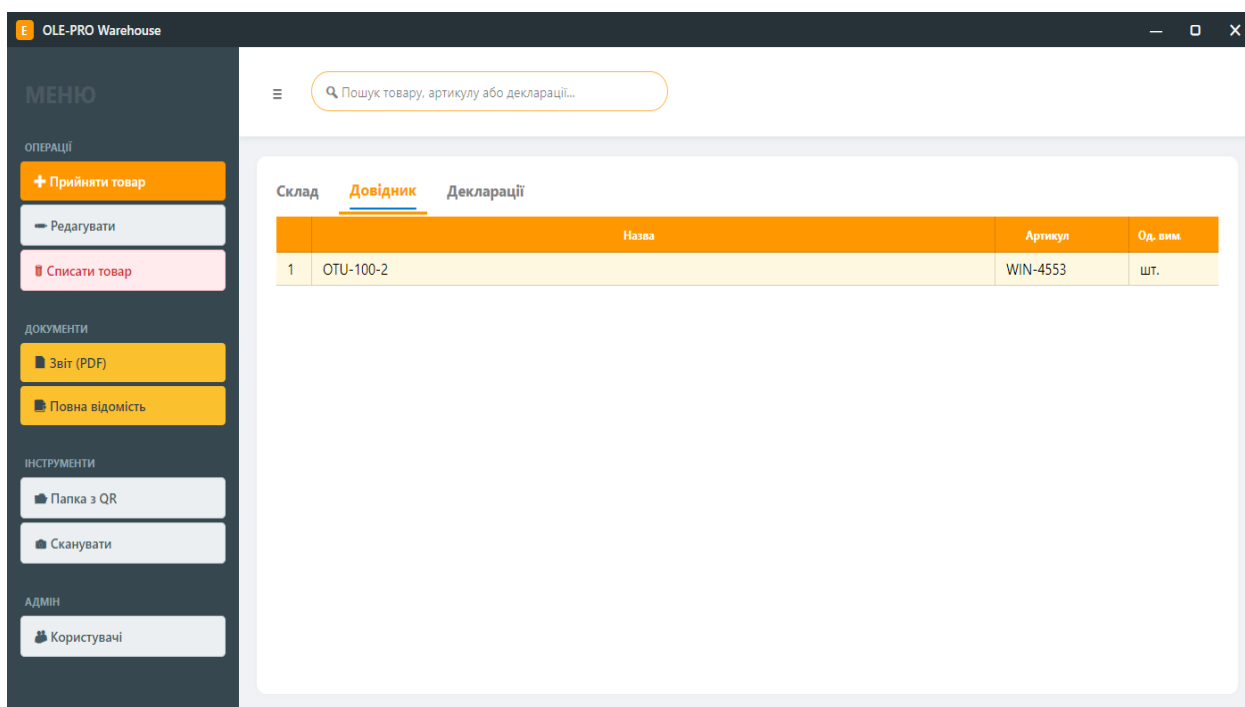


Рисунок 3.10 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Довідник”

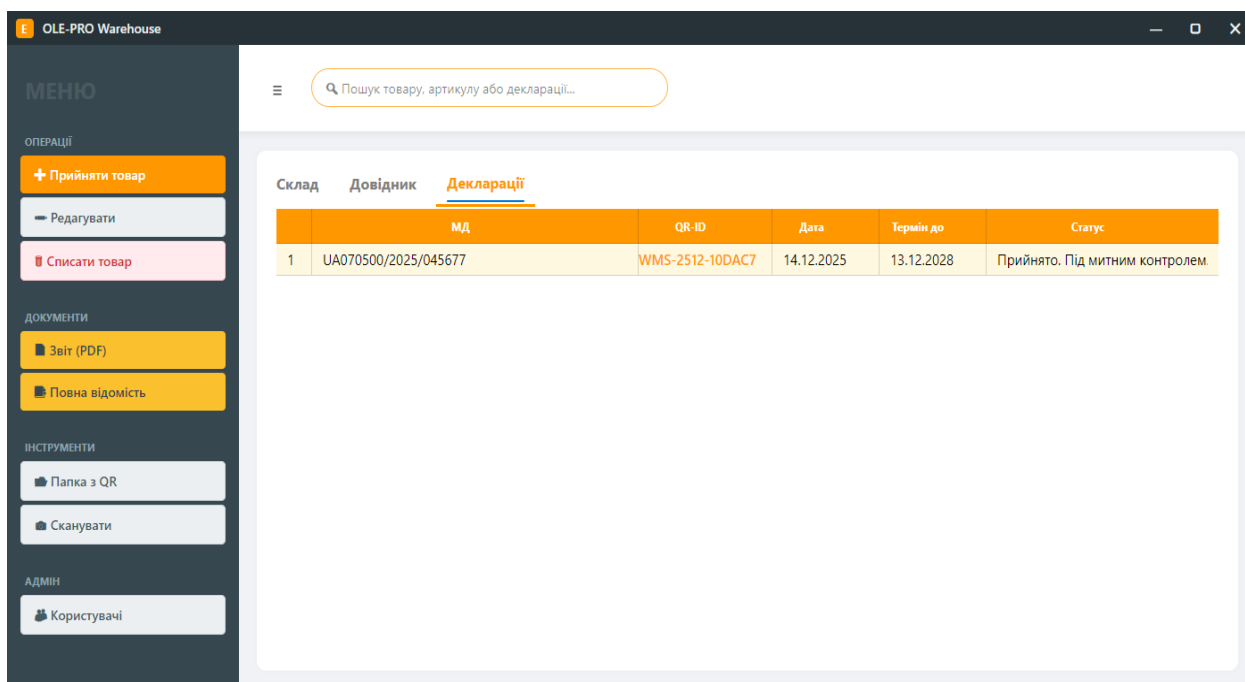


Рисунок 3.11 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Декларації”

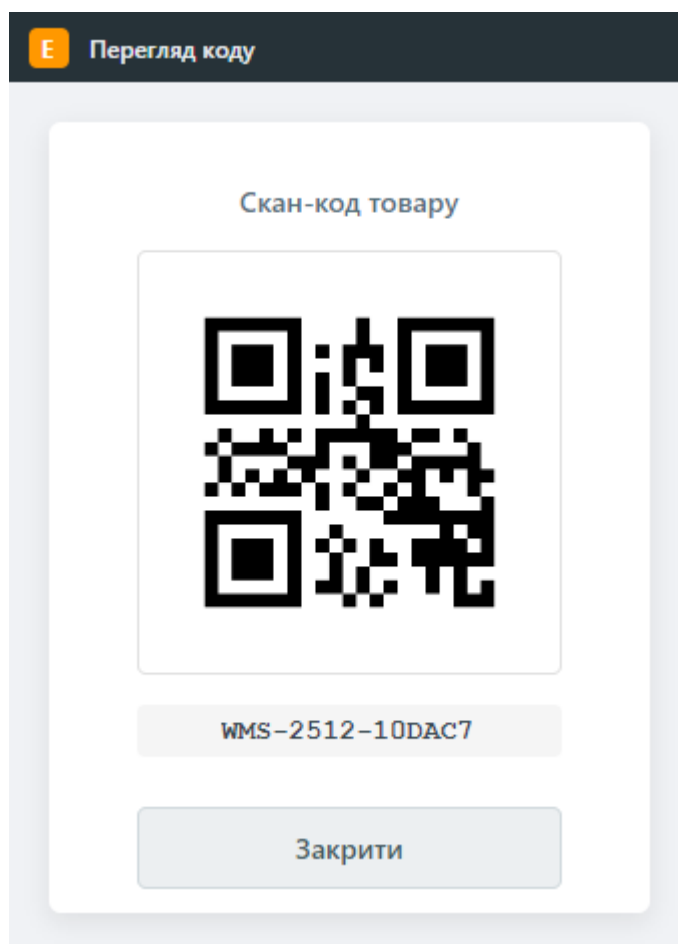


Рисунок 3.12 – Вікно для перегляду QR-коду обраного товару

Для наглядності виконання інших операцій таким самим способом було додано ще товарів.

Якщо при внесенні товару була зроблена помилка та дані не відповідають дійсності то в оператора є можливість редагування товару.

Для цього йому необхідно обрати необхідний товар в таблиці та натиснути кнопку “Редагувати” в “МЕНЮ” або натиснути правою клавішею по необхідному товару в таблиці та в контекстному вікні обрати “Редагувати” (рисунок 3.13).

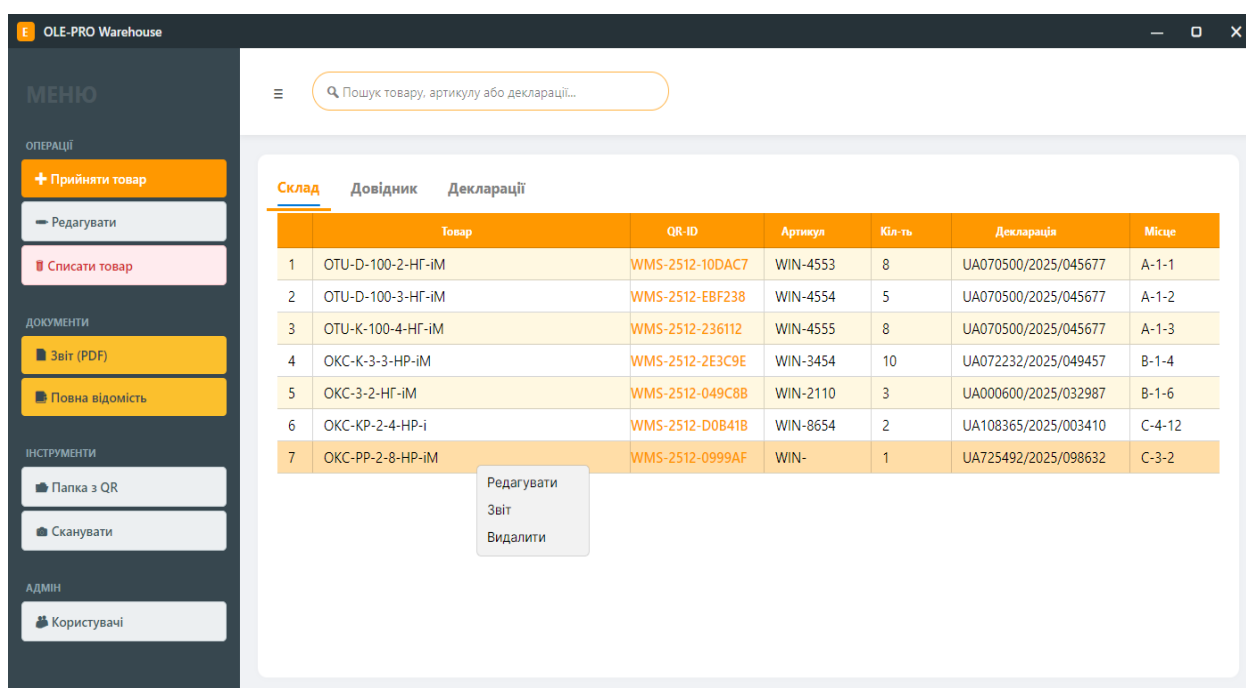


Рисунок 3.13 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Склад” та контекстне меню

Після натискання висвітиться схоже вікно як і для додавання товару однак вже з існуючими даними з таблиць “Product”, “CustomsDeclaration”, “StorageLocation” та “StorageUnit” в БД (рисунок 3.14).

**Е** Редагування

### Редагування запису

**📦 Дані про товар**

Назва  
ОКС-PP-2-8-HP-іМ

Артикул (SKU) Од. виміру  
WIN-8665 шт.

**📄 Митна декларація**

Номер МД  
UA725492/2025/098632

**📍 Місце на складі**

Зона Полиця Комірка  
С 3 2

Кількість Партія (Batch)  
1 ^ v LOT-234

Скасувати **ЗБЕРЕГТИ**

Рисунок 3.14 – Вікно для редагування товару з даними

В цьому вікні редагуємо необхідне значення та натискаємо кнопку зберегти після чого дані перезапишуться в таблиці БД (рисунок 3.15).

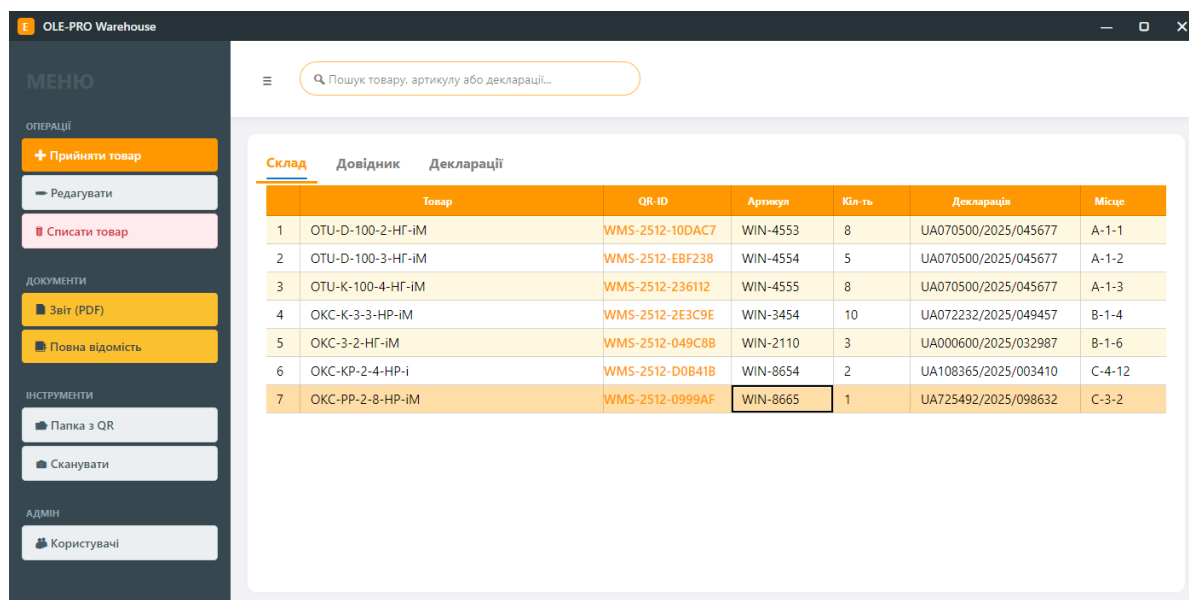


Рисунок 3.15 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Склад” та відредагованими даними

Якщо ж було внесено невірні значення товару зовсім або в товарі більше немає необхідності його можна видалити за допомогою кнопки “Списати товар” в “МЕНЮ” або визвавши контекстне меню та натиснувши кнопку “Видалити”. Для цього було додано товар з повною нісенітницею в даних (рисунок 3.16).

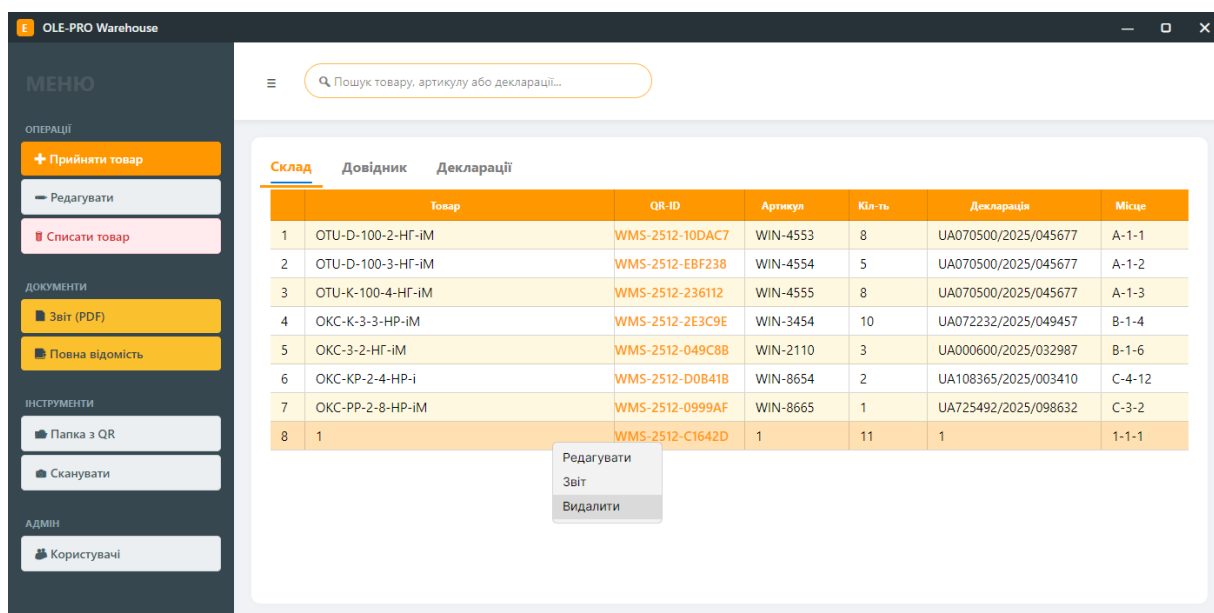


Рисунок 3.16 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Склад” та контекстне меню

Після натискання кнопки висвітиться вікно повідомлення яке питає в нас підтвердження нашої дії (рисунок 3.17). Воно має дві кнопки з назвами “Ні, залишити” та “Так, видалити”.

Якщо товар було обрано неправильно ми натискаємо кнопку “Ні, залишити”, вікно повідомлення зачиниться, товар залишиться, ми продовжимо свою роботу (рисунок 3.18). Якщо товар було обрано правильно ми натискаємо кнопку “Так, видалити”, вікно повідомлення зачиниться, товар видалиться, ми продовжимо свою роботу (рисунок 3.19).

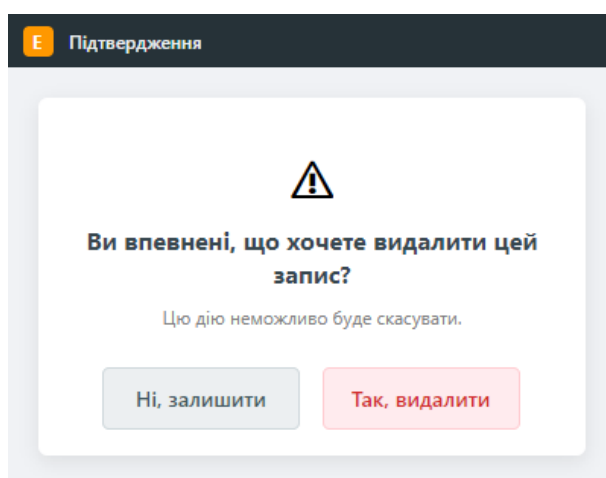


Рисунок 3.17 – Вікно повідомлення з підтвердженням

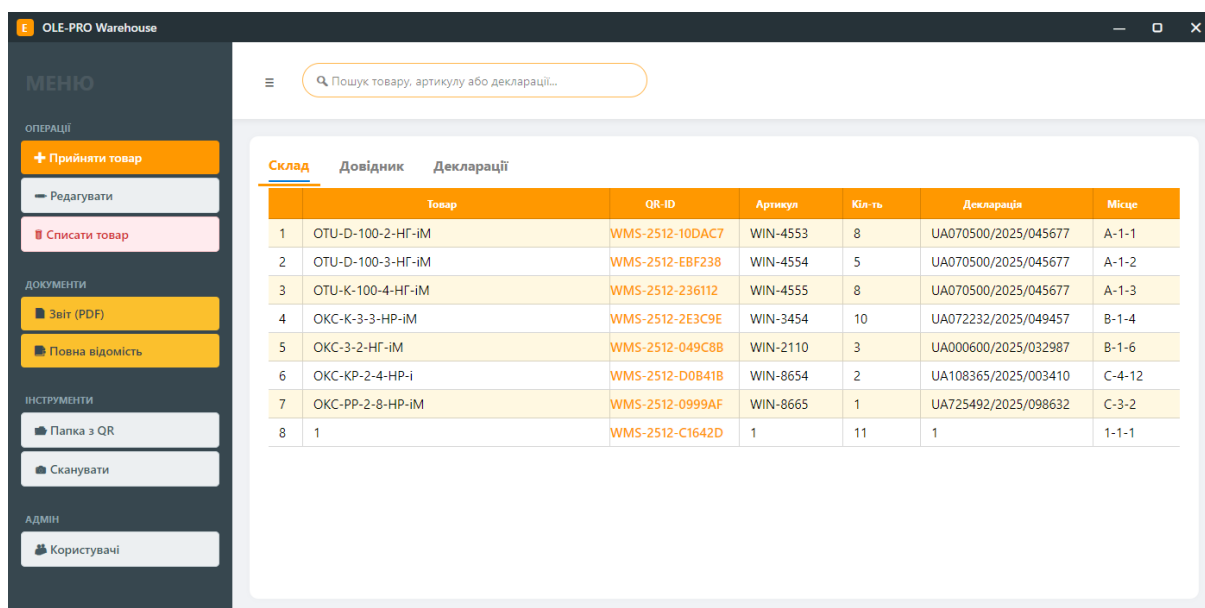


Рисунок 3.18 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Склад” та невидаленим товаром

The screenshot shows the OLE-PRO Warehouse application interface. On the left is a dark sidebar menu with sections: ОПЕРАЦІЇ (OPERATIONS) containing 'Прийняти товар' (Accept goods), 'Редагувати' (Edit), and 'Списати товар' (Scan goods); ДОКУМЕНТИ (DOCUMENTS) containing 'Звіт (PDF)' (Report PDF) and 'Повна відомість' (Full report); ІНСТРУМЕНТИ (TOOLS) containing 'Папка з QR' (QR folder) and 'Сканувати' (Scan); АДМІН (ADMIN) containing 'Користувачі' (Users). The main area has a search bar and tabs for 'Склад' (Inventory), 'Довідник' (Reference), and 'Декларації' (Declarations). The 'Склад' tab is active, displaying a table with 7 rows of goods data.

	Товар	QR-ID	Артикул	Кіл-ть	Декларація	Місце
1	OTU-D-100-2-НГ-ІМ	WMS-2512-10DAC7	WIN-4553	8	UA070500/2025/045677	A-1-1
2	OTU-D-100-3-НГ-ІМ	WMS-2512-EBF238	WIN-4554	5	UA070500/2025/045677	A-1-2
3	OTU-K-100-4-НГ-ІМ	WMS-2512-236112	WIN-4555	8	UA070500/2025/045677	A-1-3
4	OKC-K-3-3-НР-ІМ	WMS-2512-2E3C9E	WIN-3454	10	UA072232/2025/049457	B-1-4
5	OKC-3-2-НГ-ІМ	WMS-2512-049C8B	WIN-2110	3	UA000600/2025/032987	B-1-6
6	OKC-KP-2-4-НР-І	WMS-2512-D0B41B	WIN-8654	2	UA108365/2025/003410	C-4-12
7	OKC-PP-2-8-НР-ІМ	WMS-2512-0999AF	WIN-8665	1	UA725492/2025/098632	C-3-2

Рисунок 3.19 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Склад” та видаленим товаром

Розібравшись з внесенням товару, його редагуванням та видаленням можна перейти до звітності.

Оператор застосунку має можливість виконати звітність товару, як одиничного товару так і повну відомість.

Якщо необхідна картка складського обліку товару то необхідно обрати необхідний товар з таблиці із відображенням “Склад” та натиснути кнопку “Звіт (PDF)” в “МЕНЮ” або визвати контекстне меню та натиснути “Звіт” (рисунок 3.20).

Після натискання висвітиться нове вікно в якому є кнопки “Закрити” та “Зберегти PDF” та автоматично згенерована системою звітність за заданими параметрами (рисунок 3.21).

В звітності надано дані про: дату та час генерації звіту, товару з таблиць БД та згенерований системою QR-код товару.

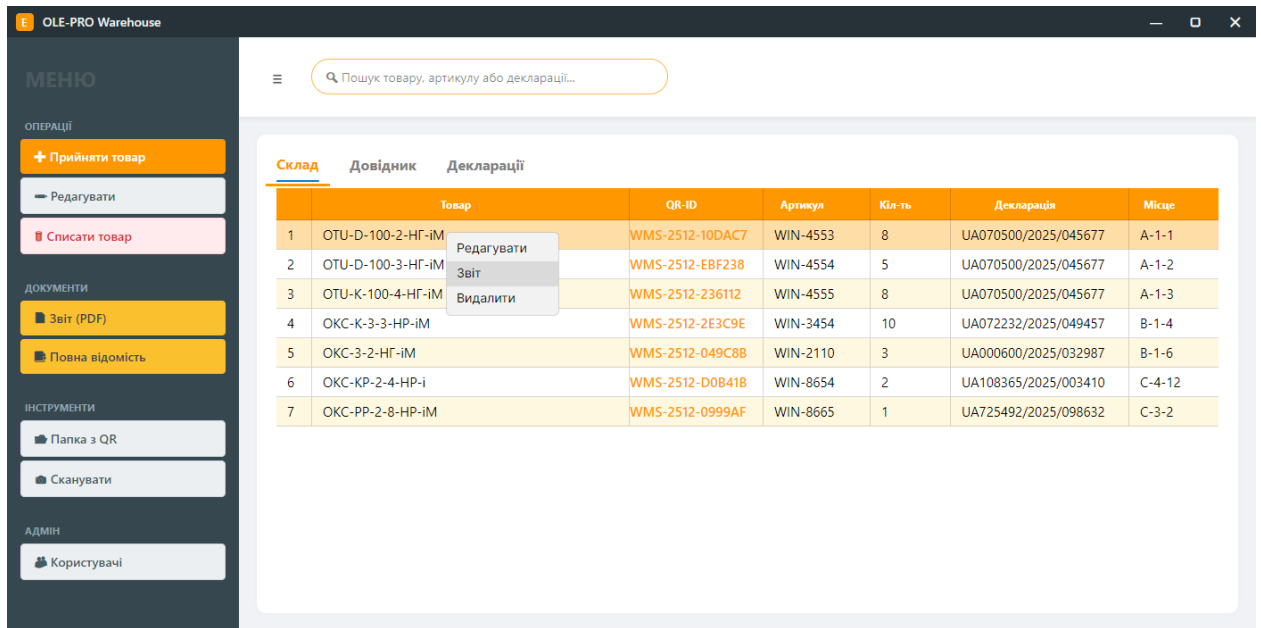


Рисунок 3.20 – Основне вікно застосунку з товаром в таблиці з відображенням “Склад” та контекстне меню

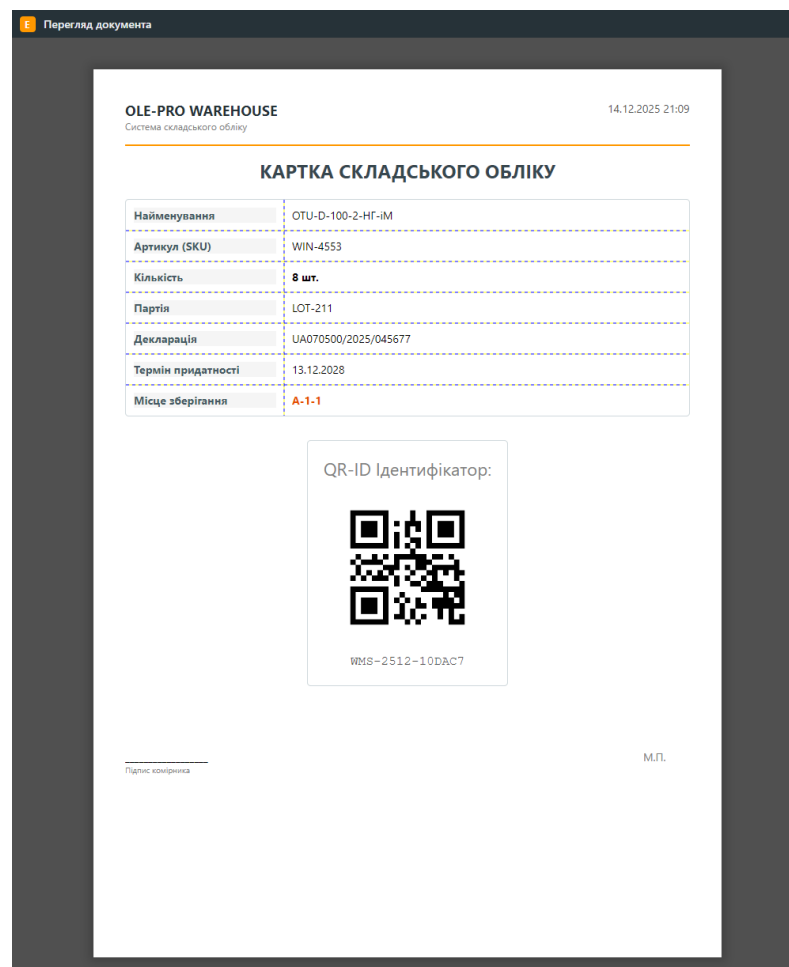


Рисунок 3.21 – Вікно попереднього перегляду звітності

Натиснувши на кнопку “Зберегти PDF” висвітиться провідник в якому оператор може обрати шлях для збереження та натиснути кнопку “Зберегти” в провіднику (рисунок 3.22). Після цього застосунок висвітить меню повідомлення про успішно збережений файл (рисунок 3.23), а звіт збережеться з іменем WIN-номеру товару та його можна буде відкрити вже як PDF-файл (рисунок 3.24)

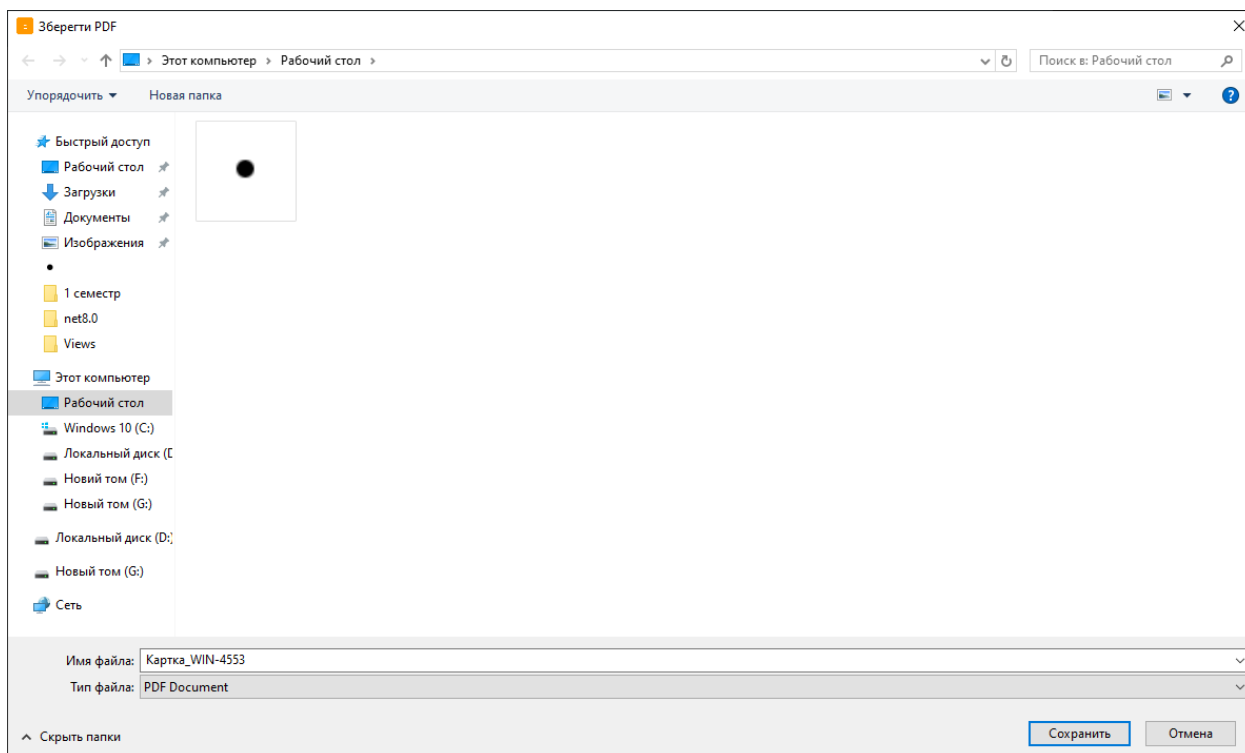


Рисунок 3.22 – Провідник

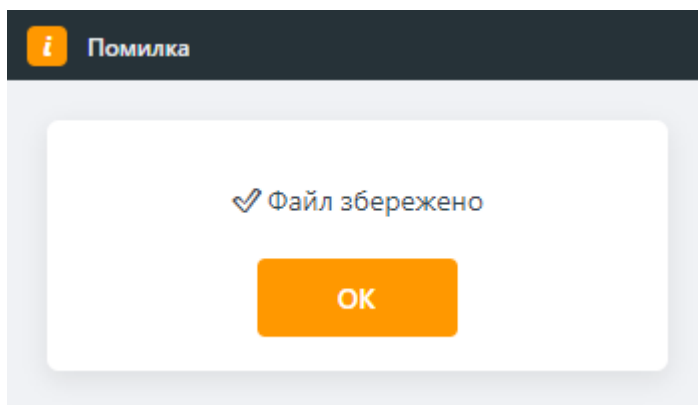


Рисунок 3.23 – Меню повідомлення із успішним збереженням

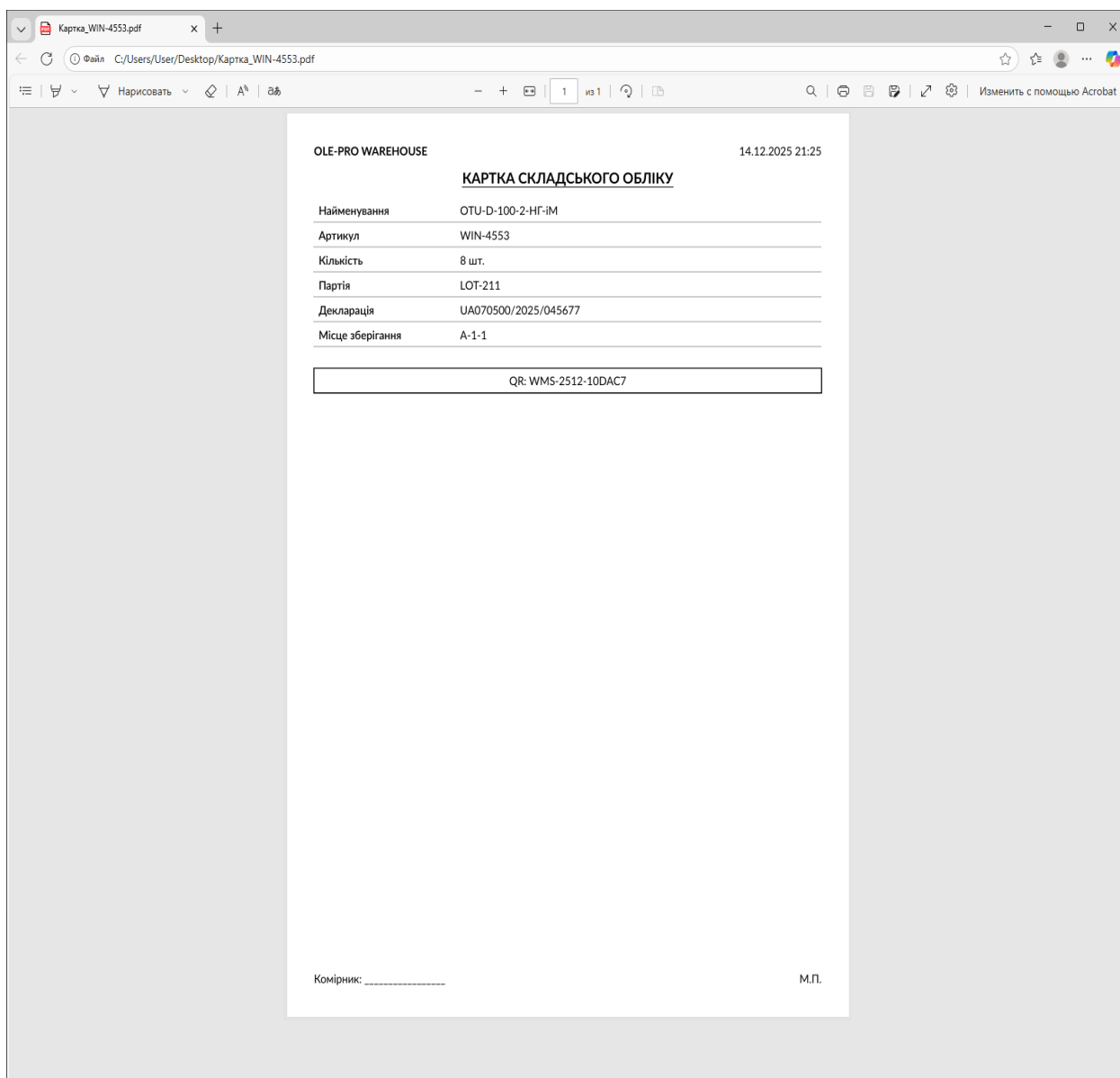


Рисунок 3.24 – Вікно збереженого звіту картки складського обліку

Якщо необхідний звіт по товару то необхідно увімкнути відображення таблиці “Довідник” та виконати такі самі дії результатом яких буде збережений згенерований звіт по товару (рисунок 3.25).

Якщо необхідний звіт з МД то необхідно увімкнути відображення таблиці “Декларації” та виконати такі самі дії результатом яких буде збережений згенерований Митний звіт (рисунок 3.26).

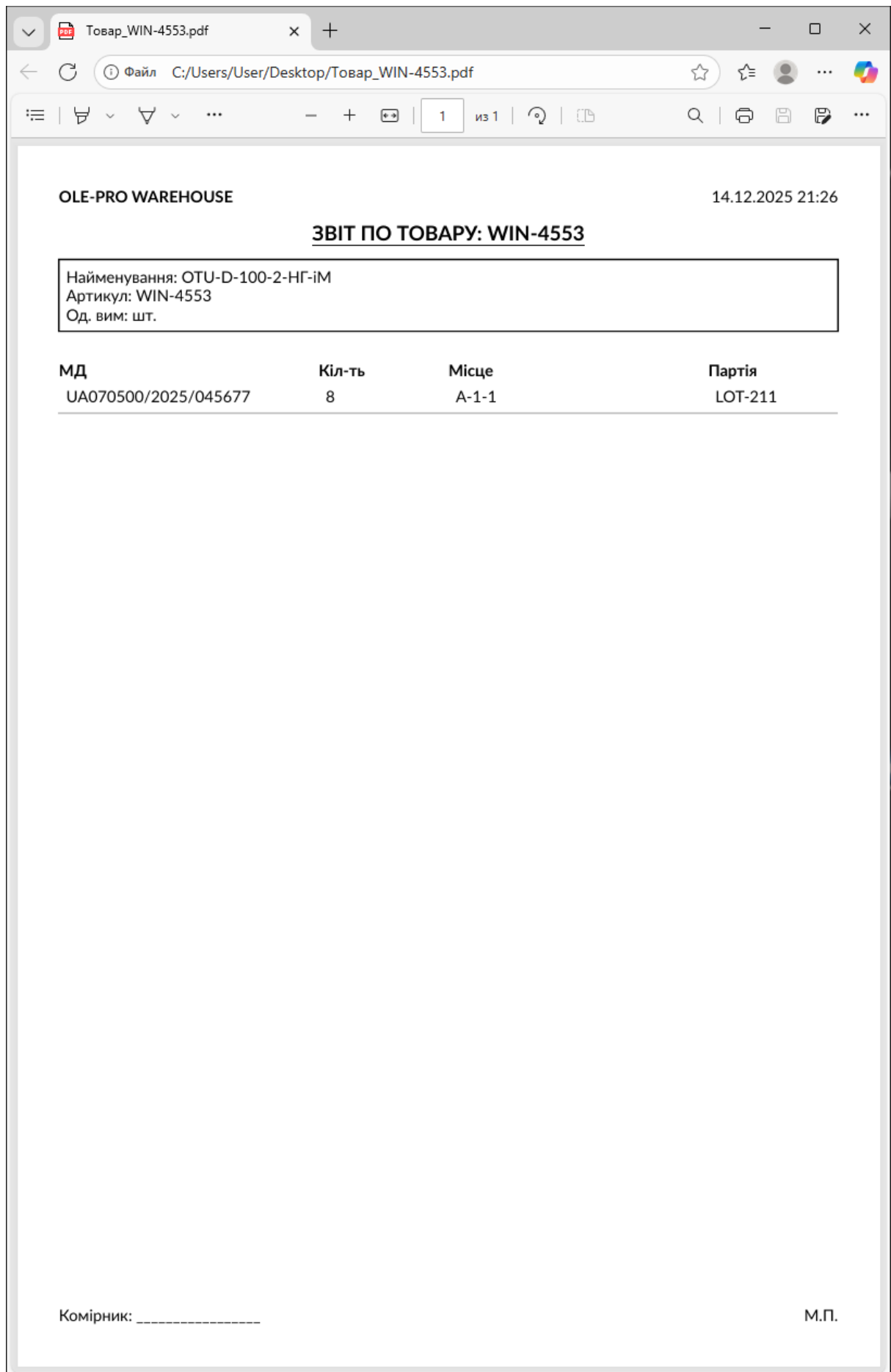


Рисунок 3.25 – Вікно збереженого звіту по товару

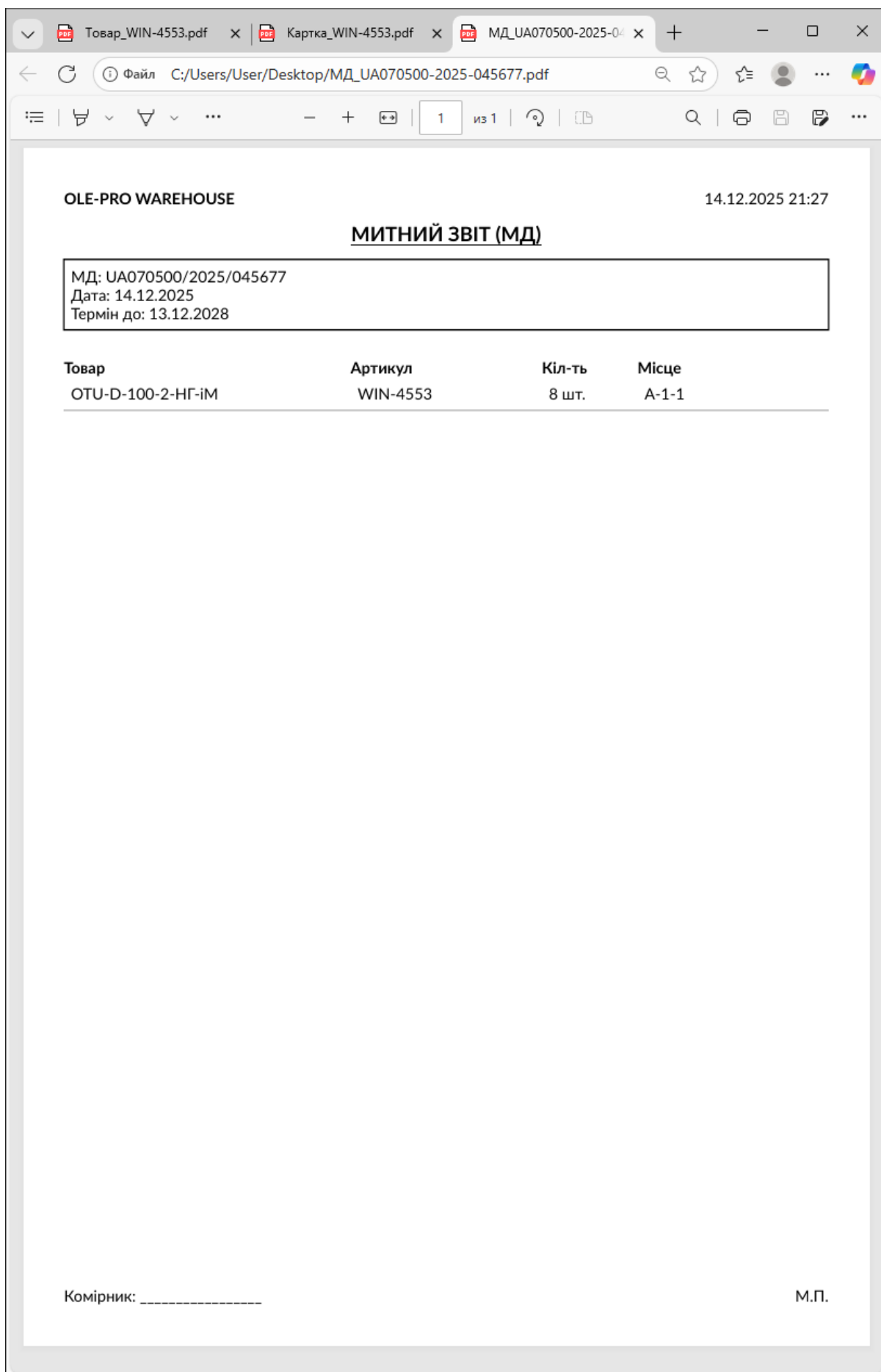


Рисунок 3.26 – Вікно збереженого митного звіту

Також в оператора є можливість згенерувати повну відомість натиснувши на кнопку “Повна відомість” в ”МЕНЮ”. Після натискання одразу відчиниться провідник в якому оператор може обрати шлях збереження та зберегти звіт під назвою “Відомість\_повна\_{дата генерації}” та натиснути кнопку “Зберегти” після чого застосунок висвітить меню повідомлення про успішно збережений файл (рисунок 3.27), а звіт збережеться та його можна буде відкрити вже як PDF-файл (рисунок 3.28).

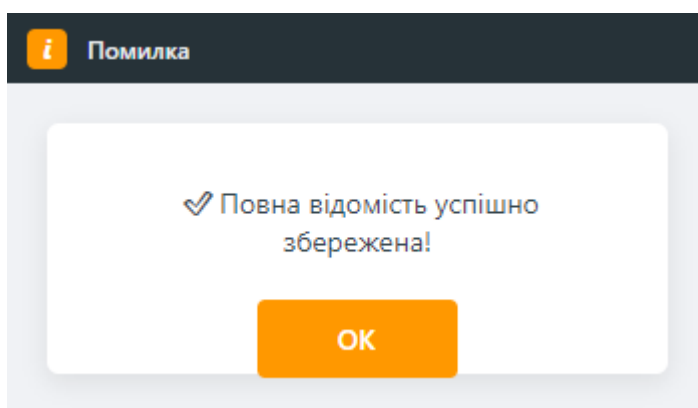


Рисунок 3.27 – Меню повідомлення із успішним збереженням

#	Найменування	Артикул	Кіль-ть	Од.	Декларация	Місце
1	ОТУ-D-100-2-НГ-ІМ	WIN-4553	8	шт.	UA070500/2025/045677	A-1-1
2	ОТУ-D-100-3-НГ-ІМ	WIN-4554	5	шт.	UA070500/2025/045677	A-1-2
3	ОТУ-K-100-4-НГ-ІМ	WIN-4555	8	шт.	UA070500/2025/045677	A-1-3
4	ОКС-K-3-3-НР-ІМ	WIN-3454	10	шт.	UA072232/2025/049457	B-1-4
5	ОКС-3-2-НГ-ІМ	WIN-2110	3	шт.	UA000600/2025/032987	B-1-6
6	ОКС-КР-2-4-НР-І	WIN-8654	2	шт.	UA108365/2025/003410	C-4-12
7	ОКС-РР-2-8-НР-ІМ	WIN-8665	1	шт.	UA725492/2025/098632	C-3-2

Рисунок 3.28 – Вікно збереженої повної відомості




Е Перегляд документа

**OLE-PRO WAREHOUSE** 14.12.2025 21:55  
Система складського обліку

### КАРТКА СКЛАДСЬКОГО ОБЛІКУ

Найменування	ОКС-К-3-3-HP-iM
Артикул (SKU)	WIN-3454
Кількість	<b>10 шт.</b>
Партія	LOT-211
Декларація	UA072232/2025/049457
Термін придатності	13.12.2028
Місце зберігання	<b>В-1-4</b>

QR-ID Ідентифікатор:



WMS-2512-2E3C9E

Підпис комірника \_\_\_\_\_ М.П.

Закрити Зберегти PDF

Рисунок 3.31 – Вікно попереднього перегляду звітності

Також оператор може переглянути усі QR-коди натиснувши на кнопку “Папка з QR” після натискання якої висвітиться папка де знаходяться усі QR-

коди товарів (рисунок 3.32). Це необхідно для їх роздрукування, а також оператор має можливість вести пошук по таблиці за допомогою пошукової строки ввівши туди назву товару, артикул, номер декларації та інші значення які пов'язані з товаром (рисунок 3.33).



Рисунок 3.32 – Відчинена папка з QR-кодами

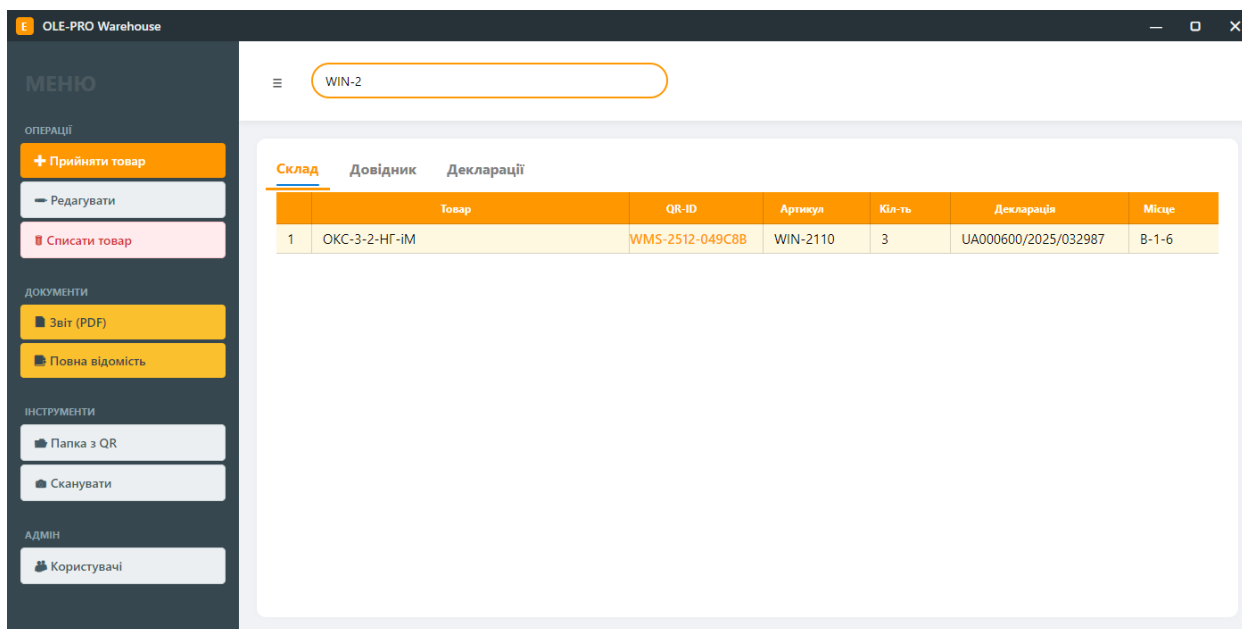


Рисунок 3.33 – Основне вікно застосунку із знайденим товаром в таблиці з відображенням “Склад”

Для внесення нових користувачів в “МЕНЮ” є кнопка “Користувачі” натиснувши яку відобразиться нове вікно в якому буде знаходитись таблиця із

усіма існуючими користувачами та кнопки “Додати нового” та “Видалити обраного” (рисунок 3.34).

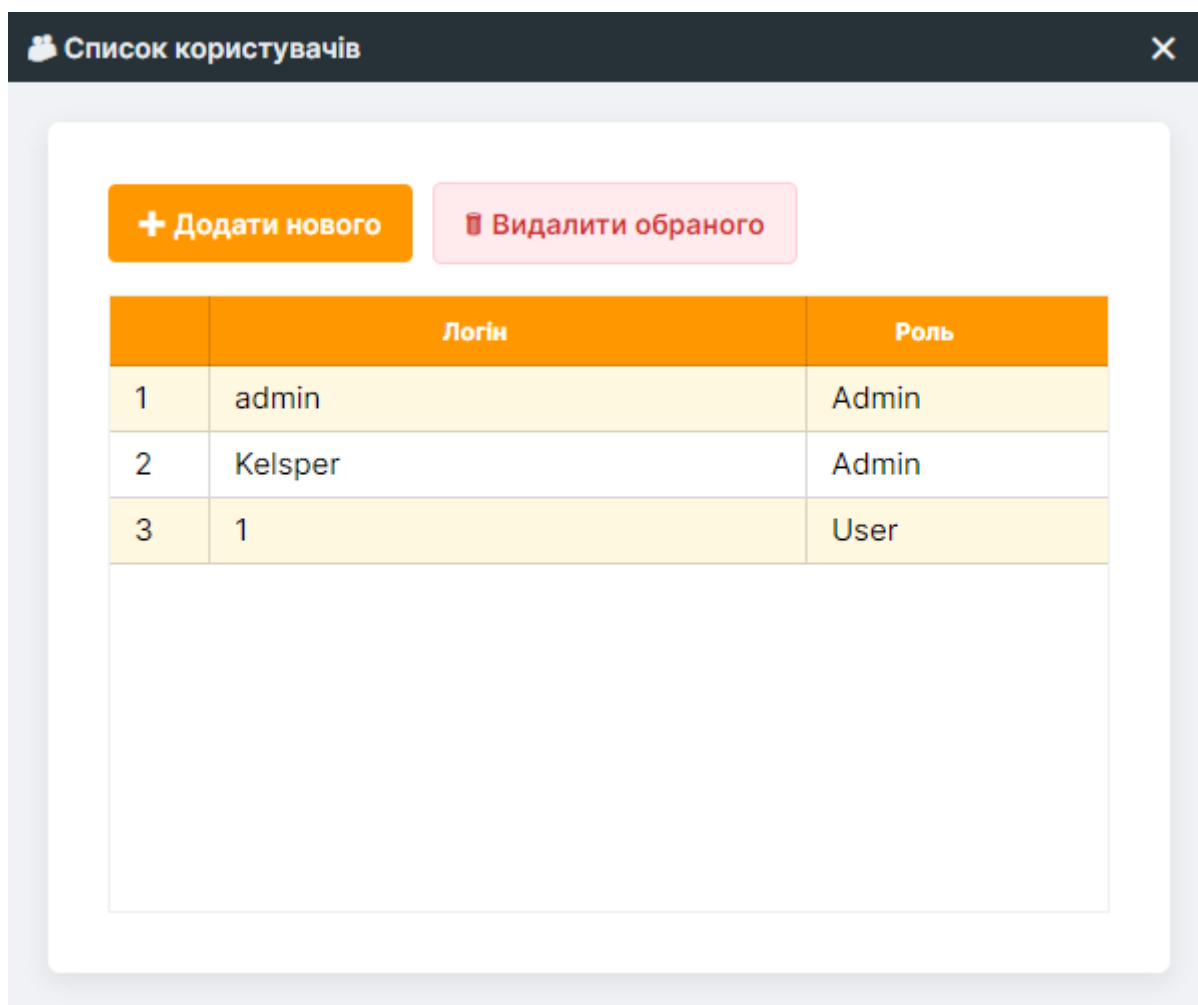


Рисунок 3.34 – Вікно списку користувачів

Якщо необхідно видалити існуючого користувача необхідно обрати його в таблиці та натиснути кнопку “Видалити обраного” після чого висвітиться меню повідомлення із підтвердженням в якому ми можемо як погодитись так і відмовитись від дії (рисунок 3.35). Погодившись із дією застосунк висвітить повідомлення про успішне видалення, користувач видалиться та зникне з таблиці користувачів (рисунок 3.36 – 3.37). Видалити можна будь-якого користувача окрім одного з логіном “admin” бо він являється головним адміністратором застосунку (рисунок 3.38).

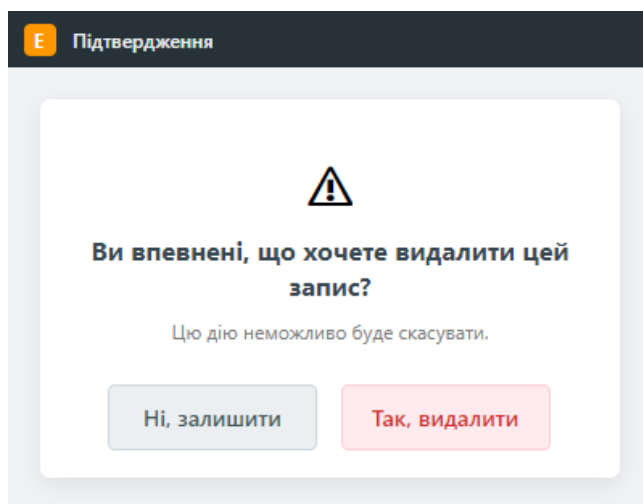


Рисунок 3.35 – Вікно повідомлення з підтвердженням

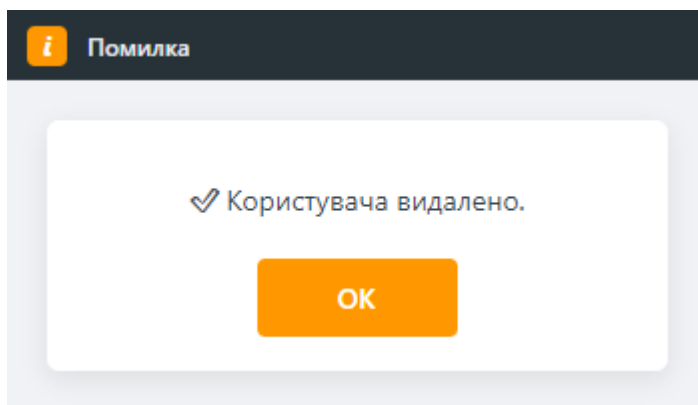


Рисунок 3.36 – Меню повідомлення із успішним видаленням

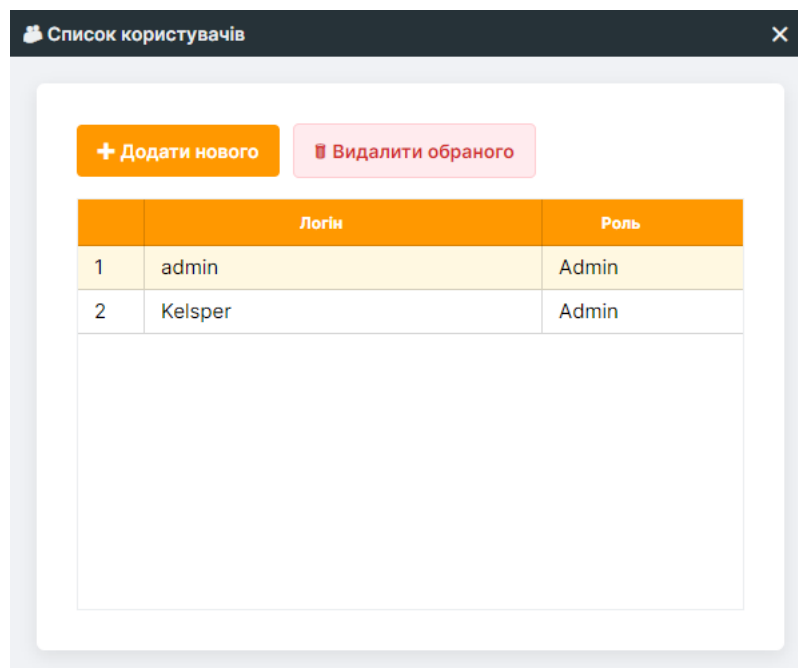


Рисунок 3.37 – Вікно списку користувачів

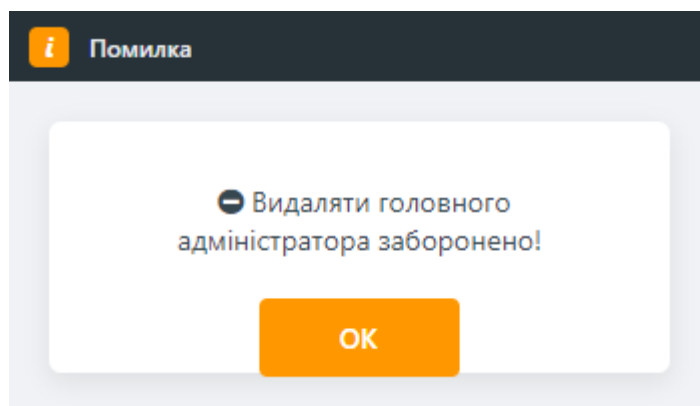


Рисунок 3.38 – Меню повідомлення із заборною

Для додавання нового користувача необхідно натиснути кнопку “Додати нового” після чого висвітиться нове вікно із трьома текстовими полями для вводу з назвами “ЛОГІН (USERNAME)”, “ПАРОЛЬ”, “РОЛЬ” та двома кнопками “Скасувати” та “Зберегти” (рисунок 3.39). Ввівши туди необхідні дані натискаємо зберегти та бачимо в таблиці нового користувача (рис. 3.40).

A screenshot of a 'Новий користувач' (New User) form. The title bar is dark grey with a user icon and the text 'Новий користувач' and a close 'X' button. The main content area is white and contains the title 'Введіть дані'. Below the title are three input fields: 'ЛОГІН (USERNAME)' with a placeholder 'Наприклад: manager', 'ПАРОЛЬ' (password) with masked characters, and 'РОЛЬ' with a placeholder 'Наприклад: Admin або User'. Below the fields is the text 'Доступні ролі: Admin, User' and two buttons: 'Скасувати' (Cancel) and 'Зберегти' (Save).

Рисунок 3.39 – Вікно внесення даних нового користувача

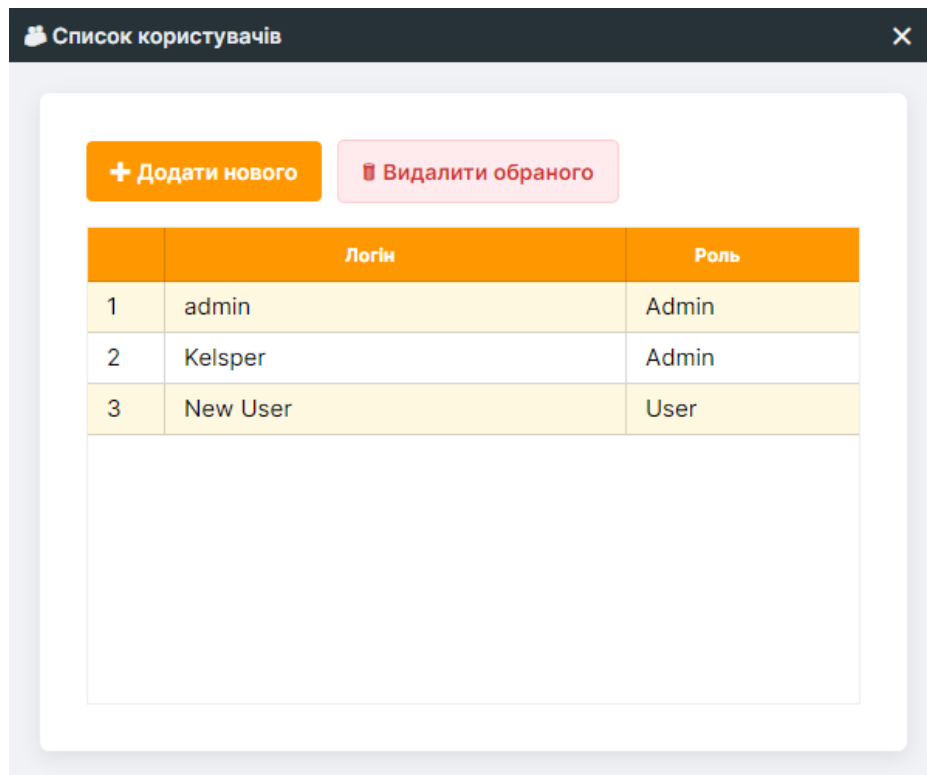


Рисунок 3.40 – Вікно списку користувачів із новим користувачем

Після закінчення виконання усіх необхідних операцій зачиняємо застосунок натиснувши кнопку хрестик в правому верхньому куті основного вікна (рисунок 3.41).

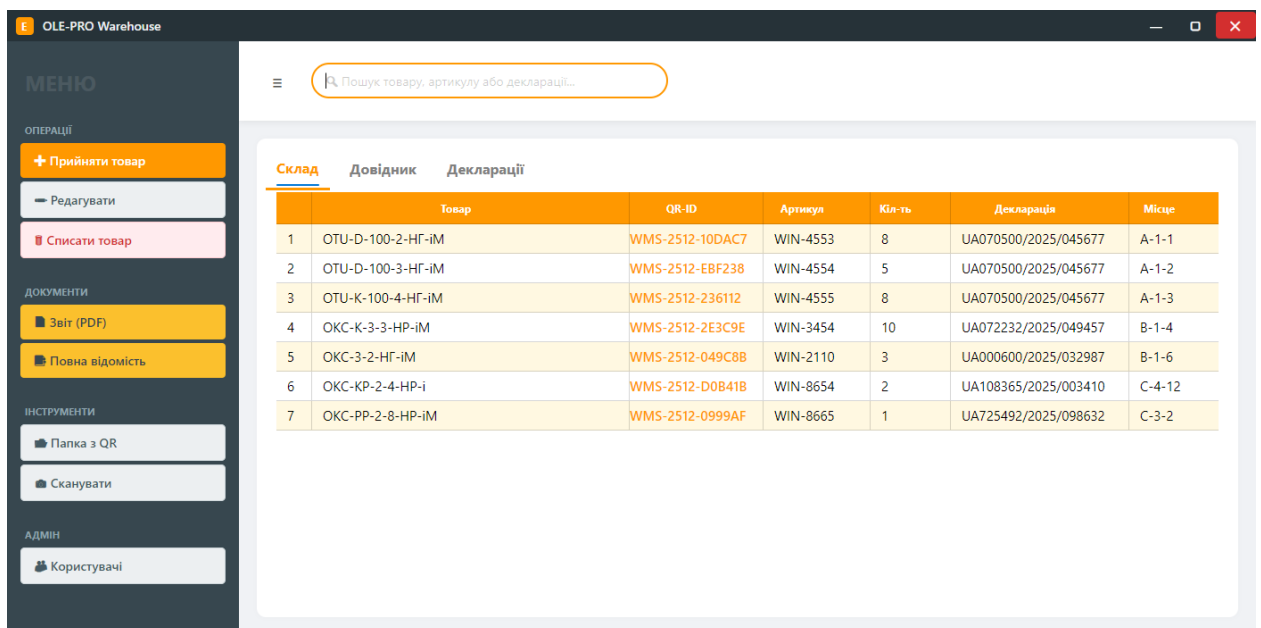


Рисунок 3.41 – Основне вікно із виділеною кнопкою закриття застосунку

### 3.5 Охорона праці на бондових складах

Впровадження програмного модуля для автоматизованої ідентифікації вантажів на бондовому складі передбачає взаємодію персоналу (комірників, операторів) з технічними засобами (терміналами збору даних, серверним обладнанням) в умовах складського приміщення. Організація охорони праці на такому об'єкті базується на положеннях Закону України «Про охорону праці» [53] та Кодексу законів про працю України [54].

Специфіка роботи на бондовому складі характеризується наявністю низки потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які, згідно з ГОСТ 12.0.003-74, поділяються на фізичні та психофізіологічні.

До основних фізичних факторів на об'єкті належать:

- інтенсивний рух вилкових навантажувачів, штабелерів та гідравлічних візків у вузьких міжстелажних проїздах створює ризик травмування персоналу [55]. Впровадження розробленого модуля дозволяє скоротити час перебування комірника у небезпечних зонах за рахунок швидкої навігації до потрібної комірки;

- використання комп'ютерної техніки та зарядних станцій для ТЗД вимагає дотримання правил електробезпеки згідно з ДСТУ 7237:2011 [56];

- бондові склади часто є приміщеннями великої площі з недостатнім опаленням взимку або високою температурою влітку. Параметри мікроклімату повинні відповідати нормам ДСН 3.3.6.042-99 [57];

- робота у глибині складських рядів (між високими стелажми) часто супроводжується затіненням, що ускладнює зчитування маркування.

До психофізіологічних факторів відносяться:

- постійне фокусування погляду на екрані мобільного терміналу та переведення погляду на фізичні об'єкти (етикетки, палети) може призводити до втоми очей;

- циклічне виконання однотипних операцій сканування.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто, проаналізовано та вирішено актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності та точності складського обліку на бондових складах шляхом розроблення спеціалізованого програмного модуля.

Було розглянуто та проаналізовано такі питання як:

- аналіз літератури за темою роботи та технічного завдання;
- дослідження предметної області та методів автоматизованої ідентифікації вантажів на складах;
- обґрунтування ефективності та моделювання процесів комп'ютеризованої системи обліку вантажів на бондових складах;
- розроблення програмного модуля комп'ютеризованої системи для автоматизованого визначення вантажів на бондових складах.

В ході аналізу літератури за темою роботи було опрацьовано нормативно-правову базу, що регулює діяльність митних ліцензійних складів, та проведено критичний огляд сучасних науково-технічних джерел щодо методів автоматизованої ідентифікації вантажів. Зокрема, досліджено функціональні можливості існуючих WMS-систем та виявлено їх обмеженість у частині наскрізного контролю митних декларацій. На основі систематизації отриманих даних було сформовано детальне технічне завдання, яке визначило ключові вимоги до розроблюваного програмного модуля.

В рамках дослідження предметної області було проаналізовано специфіку технологічних процесів на бондових складах та виявлено основні проблеми, пов'язані з ручним обліком та розбіжностями між даними WMS і митними деклараціями. Також проведено порівняльний аналіз методів автоматизованої ідентифікації (штрих-кодування, RFID, комп'ютерний зір) за критеріями вартості, швидкодії та надійності зчитування в умовах складського приміщення. На основі цього аналізу було обґрунтовано недоцільність

використання дорогих RFID-рішень та зроблено вибір на користь технології QR-кодування, яка забезпечує необхідну інформаційну ємність для збереження даних про митну декларацію.

Шляхом порівняльного розрахунку доведено, що перехід на технологію QR-кодування дозволяє прискорити процес інвентаризації у 3,5 рази та зменшити ймовірність помилок оператора до 0,1%, що забезпечує річний економічний ефект понад 450 тис. грн за рахунок мінімізації штрафних ризиків. Також було проведено моделювання бізнес-процесів (у нотації BPMN) за сценарієм “Як буде” та спроектовано логічну структуру реляційної бази даних на платформі Microsoft SQL Server.

Здійснено практичну програмну реалізацію клієнт-серверної системи з використанням середовища Visual Studio 2022 та мови C#. Для створення графічного інтерфейсу обрано кросплатформений фреймворк AvaloniaUI, що дозволило розгорнути клієнтський додаток як на стаціонарних робочих станціях менеджерів.

Результатом є розроблений програмний модуль, який дозволяє модернізувати процеси на бондових складах, забезпечуючи високу точність ідентифікації вантажів та повну відповідність вимогам митного контролю без значних капітальних витрат на інфраструктуру.

Результати можна віднести до Цілей сталого розвитку: Ціль 9 Інновації та інфраструктура Створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохопній і сталій індустріалізації та інноваціям.

Результати що отримано під час роботи над кваліфікаційної магістерською роботою було опубліковано у статті.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Помилка в митній декларації: Як уникнути відповідальності? [Електронний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://corporate.interlegal.com.ua/pomilka-v-mitn-y-deklarats-yak-uniknu/](http://www.https://corporate.interlegal.com.ua/pomilka-v-mitn-y-deklarats-yak-uniknu/). – дата звертання: 11.10.2025
2. УДОСКОНАЛЕННЯ ІТ-ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ [Електронний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7\\_2020/10.pdf](http://www.https://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7_2020/10.pdf). – дата звертання: 11.10.2025
3. ТОП-5 ІТ-рішень у сучасній логістиці: як технології змінюють галузь [Електронний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://mof.ua/top-5-it-rishen-u-suchasnij-logistici%3A-jak-tehnologii-zminjuyut-galuz](https://mof.ua/top-5-it-rishen-u-suchasnij-logistici%3A-jak-tehnologii-zminjuyut-galuz). – дата звертання: 11.10.2025
4. WMS або Логістика, - що вибрати? Автоматизація складу. Порівняння версі [Електронний ресурс]/– Режим доступу: <https://tqm.com.ua/ua/likbez/ua-articles/1c-wms-vs-1s-logistyka-porivnjannja> – дата звертання: 11.10.2025
5. Положення про організацію освітнього процесу у ХНУРЕ [електронний ресурс]: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/polozhennja-proorganizaciju-osvitnogo-procesu-v-hnure-2023.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-proorganizaciju-osvitnogo-procesu-v-hnure-2023.pdf) . – дата звертання: 11.10.2025
6. Положення про академічну доброчесність [Електронний ресурс]: Наказ ХНУРЕ від 02 лютого 2021 р. No50. – Режим доступу: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/polozhennja-pro-akademichnudobrochesnist.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-akademichnudobrochesnist.pdf) . – дата звертання: 11.10.2025
7. Стандарт вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» для другого (магістерського) рівня вищої освіти, затверджений наказом МОН України No 1022 від 10.08.2020р. «Про

затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології для другого (магістерського) рівня вищої освіти» Режим доступу: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2020/08/10/151-avtomatizatsiya-ta-kit-magistr.pdf>. – дата звертання: 11.10.2025

8. Основи наукових досліджень: підручник / І. Ш. Невлюдов, Ю. М. Олександров, А. О. Андрусевич, О. О. Чала; М-во освіти і науки України, Харків.нац. ун-т радіоелектроніки. – Prague: OKTAN PRINT, 2024. – 468 с. DOI <https://doi.org/10.46489/ONDNP> Режим доступу на ресурсі бібліотеки ХНУРЕ <https://openarchive.nure.ua/handle/document/28574> – дата звертання: 11.10.2025

9. Невлюдов І. Ш. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень в інтелектуальному виробництві: підручник / І. Ш. Невлюдов. - Кривий Ріг: Чернявський Д. О., 2024. – 388 с.: іл. Режим доступу на ресурсі бібліотеки ХНУРЕ <https://openarchive.nure.ua/handle/document/27408> – дата звертання: 11.10.2025

10. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017. 29 с. – дата звертання: 11.10.2025

11. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка, освітньої програми «Інтелектуальні технології засобів радіоелектроніки» / Упоряд. Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. М. Замірець, В. В. Невлюдова, Ю. М. Олександров. – Харків: ХНУРЕ, 2022. – 38 с. – дата звертання: 11.10.2025

12. 17 Цілей сталого розвитку [Електроний ресурс]– Режим доступу: [www/globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/](http://www.globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/) . – дата звертання: 11.10.2025

13. Кривенко Д. Автоматизація ідентифікації вантажів на бондових складах/ Д. Кривенко // Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2024) [Електронний ресурс]:

збірник студентських наукових статей, 2024. - Харків: ХНУРЕ, 2024. – Вип. 2.  
- С. 189-195.]– Режим доступу: URL:  
<https://openarchive.nure.ua/entities/publication/f61ac42d-bd7e-4187-acd18a0d084f8875> . – дата звертання: 11.10.2025

14. Митний склад: що це, як працює і для чого потрібен бізнесу? [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www.tvl.net.ua) URL:  
<https://www.tvl.net.ua/novyny/mytnyj-sklad-shcho-tse-yak-pratsyuue-i-dlya-choho-potriben-biznesu/#:~:text=Як%20працює%20митний%20склад?,охорони%2С%20відеоспостереження%2С%20системи%20пожежогасіння.> – дата звертання: 15.10.2025

15. Складений склад. Як працюють митні склади? [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www.logos3pl.com) URL: <https://www.logos3pl.com/uk/glossary/bonded-warehouse> . – дата звертання: 15.10.2025

16. Стаття 461. Види адміністративних стягнень за порушення митних правил [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www.protocol.ua) URL:  
[https://protocol.ua/ua/mitniy\\_kodeks\\_ukraini\\_stattya\\_461](https://protocol.ua/ua/mitniy_kodeks_ukraini_stattya_461) – дата звертання: 15.10.2025

17. Стаття 458. Порушення митних правил [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www.protocol.ua) URL:  
[https://protocol.ua/ua/mitniy\\_kodeks\\_ukraini\\_stattya\\_458/#:~:text=Стаття%20458.,правил%20-%20Митний%20кодекс%20України%20%7C%20Protocol](https://protocol.ua/ua/mitniy_kodeks_ukraini_stattya_458/#:~:text=Стаття%20458.,правил%20-%20Митний%20кодекс%20України%20%7C%20Protocol) . – дата звертання: 15.10.2025

18. Стаття 346. Підстави та порядок проведення митними органами документальних виїзних перевірок [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www.protocol.ua) URL:  
[https://protocol.ua/ua/mitniy\\_kodeks\\_ukraini\\_stattya\\_346/#:~:text=Стаття%20346.,перевірок%20-%20Митний%20кодекс%20України%20%7C%20Protocol](https://protocol.ua/ua/mitniy_kodeks_ukraini_stattya_346/#:~:text=Стаття%20346.,перевірок%20-%20Митний%20кодекс%20України%20%7C%20Protocol) . – дата звертання: 15.10.2025

19. Автоматична ідентифікація та збір даних [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Автоматична\\_ідентифікація\\_та\\_збір\\_даних](http://www.https://uk.wikipedia.org/wiki/Автоматична_ідентифікація_та_збір_даних) – дата звертання: 15.10.2025

20. Штрих-код — штриховий код [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/glossary/shtrihkod](http://www.https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/glossary/shtrihkod) – дата звертання: 17.10.2025

21. Barcode Types [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://www.barcodecreatorsoftware.com/barcode-types](http://www.https://www.barcodecreatorsoftware.com/barcode-types) – дата звертання: 17.10.2025

22. Види двомірних 2D штрих-кодів. Різниця між стековими та матричними 2D штрих-кодами[Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://www.iterator.com.ua/ua/poleznye-materialy/287-vydy-dvomirnykh-2d-shtrykh-kodiv?srsltid=AfmBOopoRXuctBjFiZiArbqh1gocTpmx6FWmve5eU\\_xgqSKm7ct6TvUh](http://www.https://www.iterator.com.ua/ua/poleznye-materialy/287-vydy-dvomirnykh-2d-shtrykh-kodiv?srsltid=AfmBOopoRXuctBjFiZiArbqh1gocTpmx6FWmve5eU_xgqSKm7ct6TvUh) . – дата звертання: 17.10.2025

23. Штрих-код: 1D або 2D? [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/shtrih-kod/shtrih\\_kod\\_1d\\_2d](http://www.https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/shtrih-kod/shtrih_kod_1d_2d) – дата звертання: 17.10.2025

24. Radio Frequency Identification [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://www.vostok.dp.ua/infa1/glossary/rfid](http://www.https://www.vostok.dp.ua/infa1/glossary/rfid) – дата звертання: 17.10.2025

25. Що таке система RFID, в чому її особливості використання [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://idcard.com.ua/ua/blog/chto-takoe-sistema-rfid-v-chem-ee-osobennosti-ispolzovaniya/?srsltid=afmboout6fxr7zqum9wjwyy9iubxy9yu71uv3dgfabu2ksfs-w8u-0j6](http://www.https://idcard.com.ua/ua/blog/chto-takoe-sistema-rfid-v-chem-ee-osobennosti-ispolzovaniya/?srsltid=afmboout6fxr7zqum9wjwyy9iubxy9yu71uv3dgfabu2ksfs-w8u-0j6) – дата звертання: 17.10.2025

26. Технології комп'ютерного зору [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://www.vostok.dp.ua/infa1/glossary/computer-vision](http://www.https://www.vostok.dp.ua/infa1/glossary/computer-vision)

[https://metinvest.digital/ua/page/1028#:~:text=Комп%27ютерний%20зір%20\(Co mputer%20Vision,Інше](https://metinvest.digital/ua/page/1028#:~:text=Комп%27ютерний%20зір%20(Co mputer%20Vision,Інше) – дата звертання: 17.10.2025

27. Оптичне розпізнавання символів [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Оптичне\\_розпізнавання\\_символів#:~:text=Оптичн е%20розпізнавання%20тексту%20\(англ.,для%20представлення%20в%20текст овому%20редакторі](https://uk.wikipedia.org/wiki/Оптичне_розпізнавання_символів#:~:text=Оптичн е%20розпізнавання%20тексту%20(англ.,для%20представлення%20в%20текст овому%20редакторі). – дата звертання: 18.10.2025

28. Лекція 1. Основні поняття розпізнавання образів [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: [https://om.knu.ua/users\\_upload/15/upload/file/pr\\_lecture\\_01.pdf](https://om.knu.ua/users_upload/15/upload/file/pr_lecture_01.pdf) – дата звертання: 18.10.2025

29. Теорія розпізнавання образів [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія\\_розпізнавання\\_образів#:~:text=Формальна %20постановка%20задачі%20Розпізнавання%20образів%20—%20це, постановці%20задач%20розпізнавання%20намагаються%20користуватися%2 0математичною%20мовою](https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія_розпізнавання_образів#:~:text=Формальна %20постановка%20задачі%20Розпізнавання%20образів%20—%20це, постановці%20задач%20розпізнавання%20намагаються%20користуватися%2 0математичною%20мовою). – дата звертання: 18.10.2025

30. Що таке WMS система [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://uislab.com/uk/chto-takoe-wms-sistema> – дата звертання: 22.10.2025

31. 4 types of warehouse management systems (WMS) [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://desmart.com/logistics-software/4-types-of-warehouse-management-systems-wms/#:~:text=What%20is%20a%20standalone%20WMS,with%20limited%20bud gets%20and%20resources> – дата звертання: 22.10.2025

32. SAP S/4HANA – інтегрована сучасна ERP, яка стане серцем вашого бізнесу [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: [https://de7partner.com.ua/solutions/products/sap-s4hana/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=23050273123&gclid=CjwKCAjwjffNB hBuEiwAKMb8pJozAQIY2VNirHH9SkM4sQjw05-3l98E\\_TbaoA2RfwMZ5Xz-dGvGEBoc7zAQAvD\\_BwE](https://de7partner.com.ua/solutions/products/sap-s4hana/?gad_source=1&gad_campaignid=23050273123&gclid=CjwKCAjwjffNB hBuEiwAKMb8pJozAQIY2VNirHH9SkM4sQjw05-3l98E_TbaoA2RfwMZ5Xz-dGvGEBoc7zAQAvD_BwE) – дата звертання: 22.10.2025

33. Oracle Enterprise Resource Planning (ERP) [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://www.oracle.com/ua/erp](http://www.oracle.com/ua/erp) – дата звертання: 22.10.2025

34. Автоматизація логістики з UIS [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://uislab.com/uk](http://www.uislab.com/uk) – дата звертання: 22.10.2025

35. SystemGroup. Професіонали в автоматизації торгівлі [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://systemgroup.com.ua/uk](http://www.systemgroup.com.ua/uk) – дата звертання: 22.10.2025

36. Integration with SAP Auto-ID Infrastructure [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://help.sap.com/docs/SAP\\_S4HANA\\_ON-PREMISE/c7894a248ca14f74aca67f97528e5ad7/0336bf53d25ab64ce10000000a174cb4.html?locale=en-US](https://help.sap.com/docs/SAP_S4HANA_ON-PREMISE/c7894a248ca14f74aca67f97528e5ad7/0336bf53d25ab64ce10000000a174cb4.html?locale=en-US) – дата звертання: 22.10.2025

37. Середовище розробки Microsoft Visual Studio [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://learn.ztu.edu.ua/mod/page/view.php?id=9974](https://learn.ztu.edu.ua/mod/page/view.php?id=9974) – дата звертання: 13.11.2025

38. AI-assisted development in Visual Studio (підготовча версія) [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/ide/ai-assisted-development-visual-studio?view=visualstudio](https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/ide/ai-assisted-development-visual-studio?view=visualstudio) – дата звертання: 13.11.2025

39. XAML code editor [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://learn.microsoft.com/uk-ua/visualstudio/xaml-tools/xaml-code-editor?view=visualstudio](https://learn.microsoft.com/uk-ua/visualstudio/xaml-tools/xaml-code-editor?view=visualstudio) – дата звертання: 13.11.2025

40. Diagnostics Features [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://learn.microsoft.com/uk-ua/appcenter/diagnostics/features](https://learn.microsoft.com/uk-ua/appcenter/diagnostics/features) дата звертання: – 13.11.2025

41. How to: Connect to a database and browse existing objects [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://learn.microsoft.com/uk-ua/sql/ssdt/how-to-connect-to-a-database-and-browse-existing-objects?view=sql-server-ver17](https://learn.microsoft.com/uk-ua/sql/ssdt/how-to-connect-to-a-database-and-browse-existing-objects?view=sql-server-ver17) – дата звертання: 13.11.2025

42. Install and manage packages in Visual Studio using the NuGet Package Manager [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/nuget/consume-packages/install-use-packages-visual-studio> – дата звертання: 13.11.2025

43. What is Avalonia? [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://docs.avaloniaui.net/docs/overview/what-is-avalonia> – дата звертання: 13.11.2025

44. How does Avalonia work? [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://docs.avaloniaui.net/docs/overview/what-is-avalonia#how-does-avalonia-work> – дата звертання: 13.11.2025

45. Who Avalonia is for? [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://docs.avaloniaui.net/docs/overview/what-is-avalonia#who-avalonia-is-for> дата звертання: 13.11.2025

46. Rendering Engine [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://docs.avaloniaui.net/docs/overview/what-is-avalonia#rendering-engine> – дата звертання: 13.11.2025

47. Platform Integration Layer [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://docs.avaloniaui.net/docs/overview/what-is-avalonia#platform-integration-layer> – дата звертання: 13.11.2025

48. Microsoft SQL Server [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_SQL\\_Server](https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft_SQL_Server) – дата звертання: 21.11.2025

49. Quickstart: Use .NET (C#) to query a database [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/azure/azure-sql/database/connect-query-dotnet-core?view=azuresql> – дата звертання: 21.11.2025

50. Install SQL Server Management Studio [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/](http://www/) URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/ssms/install/install> – дата звертання: 21.11.2025

51. Dynamic data masking [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://learn.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/security/dynamic-data-masking?view=sql-server-ver17](http://www/URL: https://learn.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/security/dynamic-data-masking?view=sql-server-ver17) – дата звертання: 21.11.2025

52. CREATE TRIGGER (Transact-SQL) [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://learn.microsoft.com/uk-ua/sql/t-sql/statements/create-trigger-transact-sql?view=sql-server-ver17](http://www/URL: https://learn.microsoft.com/uk-ua/sql/t-sql/statements/create-trigger-transact-sql?view=sql-server-ver17) – дата звертання: 21.11.2025

53. Закон України «Про охорону праці» [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text](http://www/URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text) – дата звертання: 23.11.2025

54. Кодекс законів про працю України (КЗпП). [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text](http://www/URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text) – дата звертання: 23.11.2025

55. НПАОП 0.00-1.75-15. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15#Text](http://www/URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15#Text) – дата звертання: 23.11.2025

56. ДСТУ 7237:2011 ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=30045](http://www/URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=30045) – дата звертання: 23.11.2025

57. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Електроний ресурс]/– Режим доступу: [www/ URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text](http://www/URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text) – дата звертання: 23.11.2025