

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації
та робототехніки

(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

«Розроблення автоматизованої системи віддаленого управління
роботизованим сховищем на виробничому підприємстві»

(тема)

Виконав:

студент 4 курсу, групи АКТАКІТ-20-1

Александрович Д.П.

Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

Керівник проф. Новоселов С.П.

Допускається до захисту

Зав. кафедри КІТАР

(підпис)

Невлюдов І.Ш.

(прізвище, ініціали)

2024р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАР _____

(підпис)

«» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Александровичу Даніелю Павловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві

Затверджена наказом по університету від 03.06.2024 № 544 Ст.

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 19.05.2024р

3. Вихідні дані до роботи Макет системи автоматизованого віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві з функціоналом збереження стану системи та емуляцією додавання і отримання продуктів

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Вступ;

Аналіз сучасного стану автоматизованих систем для віддаленого керування роботизованими сховищами на виробничому підприємстві;

Розробка структури макету автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві;

Реалізація компонентів та процесів системи;

Охорона праці;

Висновки;

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій
демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint
 (*.pptx) – 11 с. та відеоматеріал

6. Консультанти розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання до кваліфікаційної роботи	10.11.23	<i>виконано</i>
2	Вступ	11.11 – 18.11.23	<i>виконано</i>
3	Аналіз технічного завдання	18.11 – 10.01.23	<i>виконано</i>
4	Аналіз інструментів розробки та аналіз технічного завдання	10.01 – 15.03.24	<i>виконано</i>
5	Проектування системи додатку керування	15.03 – 25.03.24	<i>виконано</i>
6	Моделювання складових системи або їх емуляторів	25.03 – 21.04.24	<i>виконано</i>
7	Охорона праці	21.04 – 27.04.24	<i>виконано</i>
8	Висновок	27.04 – 29.04.23	<i>виконано</i>
9	Оформлення пояснювальної записки	29.04 – 11.05.24	<i>виконано</i>
10	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichesk	11.05 – 13.05.24	<i>виконано</i>
11	Подання роботи на рецензію	13.05 – 17.05.24	<i>виконано</i>
12	Подання роботи на підпис зав. кафедри	17.05 – 21.05.24	<i>виконано</i>
13	Подання атестаційної роботи в ЕК	04.06.24	<i>виконано</i>

Дата видачі завдання 10.11.2023 р.

Студент

(підпис)

Александрович Д.П.

Керівник роботи

(підпис)

проф. Новоселов С.П.

(посада, прізвище, ініціали)

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«04» червня 2024 р.



Александрович Д.П.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 с., 4 табл., 51 рис., 2 дод., 15 джерел.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, МІКРОКОНТРОЛЕР, РОБОТ-ВІЗОК, ВЕБ ДОДАТОК, АВТОМАТИЗОВАНЕ СХОВИЩЕ, БАЗА ДАНИХ, ПІДПРИЄМСТВО, ВІДДАЛЕНЕ УПРАВЛІННЯ.

Об'єкт розробки – процес автоматизації облікових та логістичних операцій в роботизованому сховищі на виробничому підприємстві.

Предмет розробки – макет автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві.

Мета роботи – покращення керування логістикою на складах та підвищення рівня автоматизації і безпеки роботи складських приміщень на виробничих підприємствах.

В роботі розглянуто актуальні питання за темою, запропоновані рішення з автоматизації віддаленого керування роботизованими сховищами на виробничих підприємствах. Спроектовано та створено макет автоматизованої системи віддаленого керування роботизованим сховищем на виробничому підприємстві, що базується на збереженні стану сховища, звітності подій та віддаленого керування емулятором робота.

Отриману модель можна використовувати як основу для створення роботизованої системи віддаленого керування сховищем на виробничому підприємстві. Ця робота може слугувати фундаментом для подальших досліджень та розвитку схожих систем у цій сфері.

ABSTRACT

Explanatory note: 58 p., 4 tabl., 51 fig., 2 app., 15 sources.

SOFTWARE, AUTOMATED SYSTEM, MICROCONTROLLER, ROBOT CART, WEB APPLICATION, AUTOMATED STORAGE, DATABASE, ENTERPRISE, REMOTE CONTROL.

The object of development is the process of automating accounting and logistics operations in a robotic warehouse at a manufacturing enterprise.

The subject of development is the layout of the automated system of remote control of the robotic warehouse at the manufacturing enterprise.

The purpose of the work is to improve logistics management in warehouses and increase the level of automation and safety of warehouse operations at manufacturing enterprises.

The work considers topical issues on the topic, proposed solutions for automation of remote control of robotic warehouses at manufacturing enterprises. An automated system for remote control of a robotic warehouse at a manufacturing facility based on storage status, event reporting, and remote control of a robot emulator was designed and prototyped.

The resulting model can be used as a basis for creating a robotic system for remote storage management at a manufacturing plant. This work can serve as a foundation for further research and development of similar systems in this area.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	9
Вступ.....	10
1 Аналіз сучасного стану автоматизованих систем для віддаленого керування роботизованим сховищем.....	12
1.1 Сучасні методи організації керування сховищами на приладобудівних підприємствах.....	12
1.2 Аналіз аналогічних систем автоматизованого віддаленого керування роботизованим сховищем	15
1.3 Аналіз сучасних додатків керування сховищами та технологій і платформ їх реалізації	17
1.4 Загальний аналіз сучасних складських приміщень.....	21
1.5 Загальний аналіз складських роботів та технологій їх програмування	23
1.6 Аналіз інструментів збереження стану сучасних автоматизованих систем віддаленого керування складськими приміщеннями на виробничих підприємствах.....	27
1.7 Постановка завдання на розробку.....	29
2 Розробка структури макету автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на підприємстві	30
2.1 Розробка структурної схеми	30
2.2 Розробка структури додатку керування та вибір технологій його реалізації	31
2.3 Розробка алгоритму роботи макету системи	33
2.4 Вибір компонентної бази макету робота-візка	34

2.5 Розрахунок пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора для регулювання та корегування відхилень руху робота візка	36
2.6 Розробка структури складського приміщення та логіки переміщення по ньому робота.....	38
2.7 Розробка структури бази даних.....	40
3 Реалізація компонентів та процесів системи.....	44
3.1 Реалізація інтерфейсу додатка керування.....	44
3.2 Реалізація емулятора робота.....	48
3.3 Реалізація емуляції продукту в складського приміщенні.....	50
3.4 Реалізація бази даних	51
3.5 Реалізація основних процесів системи	53
4 Охорона праці	56
4.1 Охорона праці при розробленні автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві.....	56
Висновки	58
Перелік посилань.....	59
Додаток А Код програми.....	61
Додаток Б Демонстраційний матеріал	99

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСВКРС – автоматизована система віддаленого керування роботизованим сховищем;

БД – база даних;

ОС – операційна система;

ПД – пропорційно-інтеграційно-диференційний;

ПЗ – програмне забезпечення;

РП – роботизований пристрій;

СК – система керування;

СКБД – система керування базою даних;

ЧПУ – числове програмне управління.

ВСТУП

У сучасному світі все більш поширюється перехід до автоматизацію виробництва або його етапів. Це пов'язано з розвитком виробництва та збільшення кількості підприємств. Підприємства, також, збільшують кількість складських приміщень та темп випуску продукції.

Автоматизація є процесом заміни ручної праці на системи, що виконують завдання або процеси без участі людини. Автоматизація стосується великої кількості галузей, таких як виробництво, бізнес-процеси, медицина тощо. Також даний процес розповсюджується в сфері логістики.

Актуальність цієї теми посилюється через зростання кількості виробничих підприємств та ступіню їх автоматизації. Створення та інтеграція систем автоматизованого управління роботизованими сховищами на виробничих підприємствах стало необхідним для підвищення ефективності логістичної складової підприємств та саме здійснення мети автоматизації – часткової заміни людської праці та навантаження на роботизовані системи. Розробка макету такої системи є першим кроком у підвищенні безпечності та ефективності процесів складської логістики на виробничих підприємствах. Важливо продовжувати розвивати та вдосконалювати такі системи, оскільки це сприяє загальному розвитку промисловості та приладобудування.

Мета роботи – покращення керування логістикою на складах та підвищення рівня автоматизації і безпеки роботи складських приміщень на виробничих підприємствах.

Об'єкт розробки – процес автоматизації облікових та логістичних операцій в роботизованому сховищі на виробничому підприємстві.

Предмет розробки – макет автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– провести аналіз існуючих конструкцій автоматизованих систем

віддаленого управління роботизованими сховищами;

- розробити структурну схему макету;
- провести підбір елементної бази компонентів системи;
- виконати реалізацію макету системи;

– оформити кваліфікаційну роботу згідно ДСТУ 3008:2015 [1], а також з методичними вказівками з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [2].

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИМ СХОВИЩЕМ

1.1 Сучасні методи організації керування сховищами на приладобудівних підприємствах

На сьогоднішній день, в основі керування сховищами у більшості приладобудівних підприємств, лежить явище часткової або повної автоматизації власної складської логістики. Автоматизація є процесом заміни ручної праці на системи, що виконують завдання або процеси без участі людини.

Автоматизовані сховища виконують функції пристроїв буферизації, тобто створюють більш стабільний ритм роботи технологічного обладнання [3].

Основним елементом автоматизації більшості сучасних складських систем на підприємствах є використання додатків для обліку складських даних. Приклад інтерфейсу такого додатку приведено на рисунку 1.1.

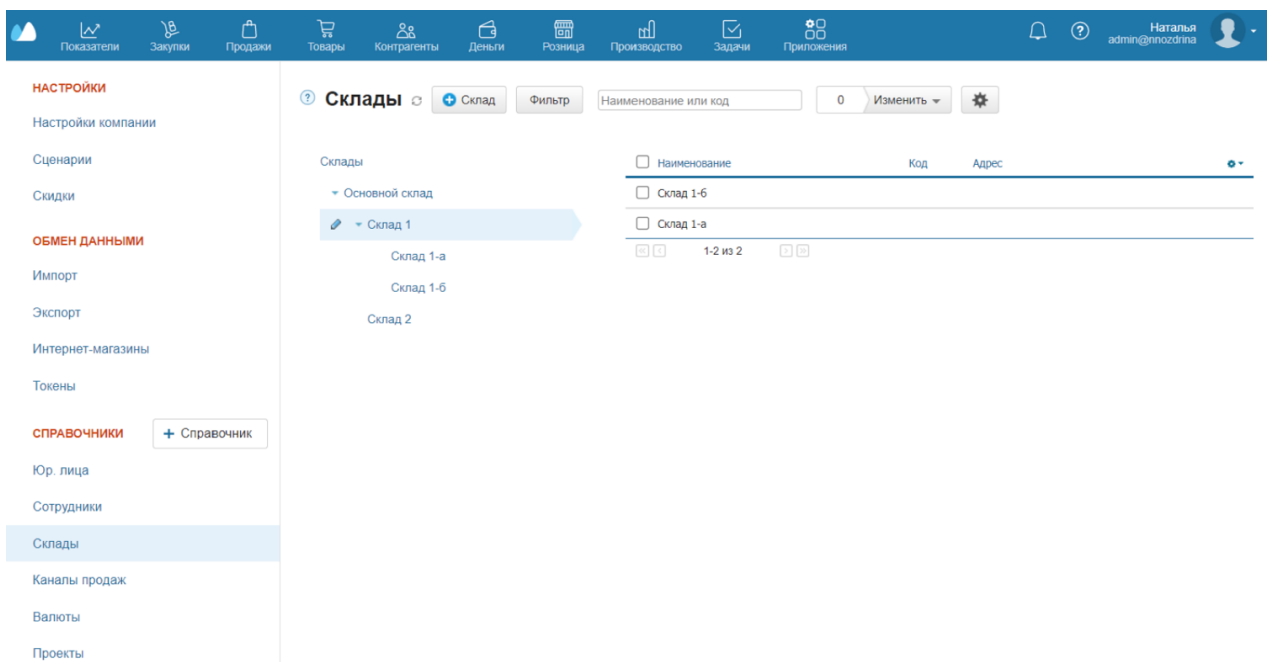


Рисунок 1.1 – Додаток для збереження обліку складських даних [4]

Такі додатки дозволяють зберігати стан системи, через взаємодію з базою даних (БД), зберігати кількість продуктів на складі, внесення змін для додавання або видалення продукції тощо.

Для автоматизації перевезення тяжких вантажів найчастішим рішенням є роботи-візки, що керуються людиною (рисунок. 1.2). Недоліком таких інструментів є необхідність прямого керування людиною, тобто витрата робочого часу робітника на процес завантаження.



Рисунок 1.2 – Робот-візок [5]

Також важливим моментом використання інструментів для перевезення вантажу є правильна організація розміщення продуктів на складі. Так наприклад, на рисунку 1.3 приведено структуру складського приміщення фірми kаті, яка спеціалізується на виготовленні станків з числовим програмним управлінням (ЧПУ).



Рисунок 1.3 – Складське приміщення компанії kamі

За приведеним рисунком видно, що приміщення має основну дорогу та відстані між продуктами для безпеки їх переміщення.

Тобто можна сказати, що автоматизована система віддаленого керування роботизованим сховищем (АСВКРС) – це система, в якій використовуються роботизовані пристрої (РП) для виконання операцій переміщення та комп'ютерний додаток для керування збереження стану системи та даних звітності. Такі системи можуть мати поєднання між додатком та РП за допомогою мережі Інтернет або інших мереж. Схематичне зображення такої системи приведено на рисунку 1.4.

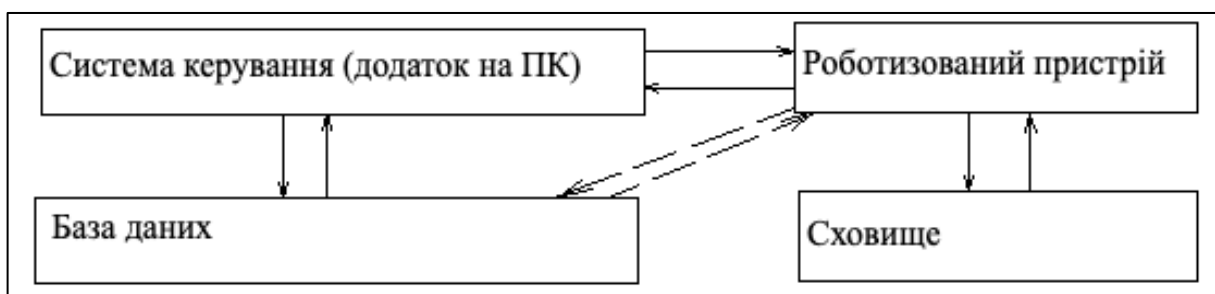


Рисунок 1.4 – Схема АСВКРС

За приведеною схемою можна сказати, що:

- СК не взаємодіє напряму зі сховищем, для цього є РП;
- з БД може взаємодіяти СК або РП;

– за схемою видно, що зв'язок РП з БД не є обов'язковим, тобто робот може, вразі потреби, отримувати дані як з бази, так і з СК.

1.2 Аналіз аналогічних систем автоматизованого віддаленого керування роботизованим сховищем

В якості систем для аналізу буде використано автоматизовані системи керування складами компаній Amazon та JD.

Компанія Amazon має на одному зі своїх складів понад двохсот тисяч роботів. Найбільш поширеними є автоматизовані роботи-візки (рис. 1.5).

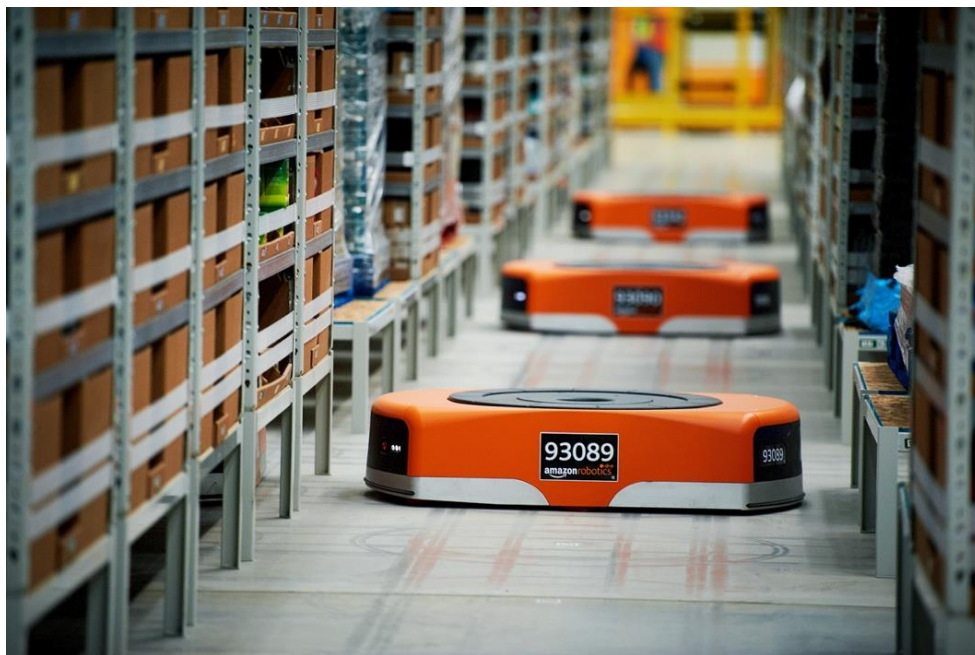


Рисунок 1.5 – Автоматизовані роботи візки [6]

Такі роботи переміщуються, орієнтуючись по qr-кодам, що розташовані на підлозі приміщення. Система керування передбачає запобігання зіткнення роботів, завдяки віртуальному розділенню приміщення на комірки, де в кожній комірці може знаходитись лише один робот (рис. 1.6).

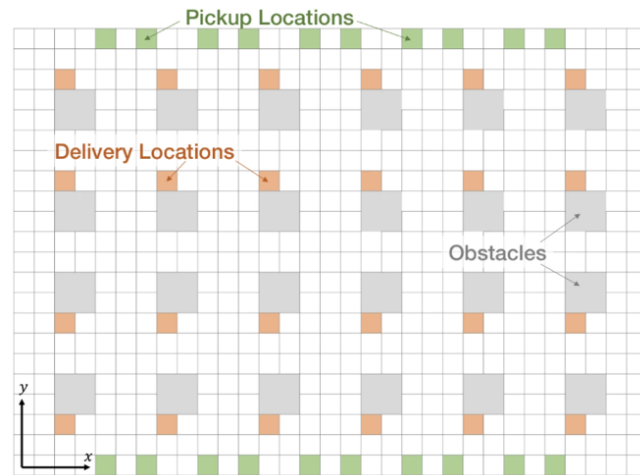


Рисунок 1.6 – Сітчаста схема поверху автоматизованого сховища [7]

Для керування роботами Amazon має власний складний додаток, який встановлено на різних пристроях в різних частинах складу, та може використовувати власні БД, такі як Amazon Aurora, Amazon Redshift або Amazon DynamoDB.

Принципи роботи системи керування складського приміщення фірми JD досить схожі на Amazon. Також в основному використовуються автоматизовані роботи-візки і розпізнавання шляху виконується завдяки зчитуванню qr-коду з підлоги. Але керування процесами виконується не в різних частинах складу, а в центрі керування, тобто жодної людини не знаходиться в самому сховищі. Також слід зазначити, що продукція не тільки переміщується в різні частини склу, а скидується на нижній поверх через спеціальні отвори (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Складське приміщення компанії JD [8]

1.3 Аналіз сучасних додатків керування сховищами та технологій і платформ їх реалізації

Сучасні додатки автоматизації складів є досить потужними інструментами з великою функціональністю для спрощення ведення обліку та роботи складських приміщень. Прикладами таких інструментів є програми USU та LsFusion WMS.

USU є потужним комп'ютерним додатком для обліку будь-яких складських даних, швидкого пошуку продуктів на складі, розрахунку грошових витрат компанії. Така програма надає можливість налаштування кожному користувачу або компанії під власні потреби, починаючи з мови, на якій вона має працювати, та закінчуючи світловою темою додатку. Система пошуку і видачі товару надає досить велику кількість фільтрів та налаштувань, таких як: пошук за координатами, врахування знижок, пошук за назвою товару, необхідність друку чеку при видачі товару тощо. Інтерфейс пошуку товару приведено на рисунку 1.8.

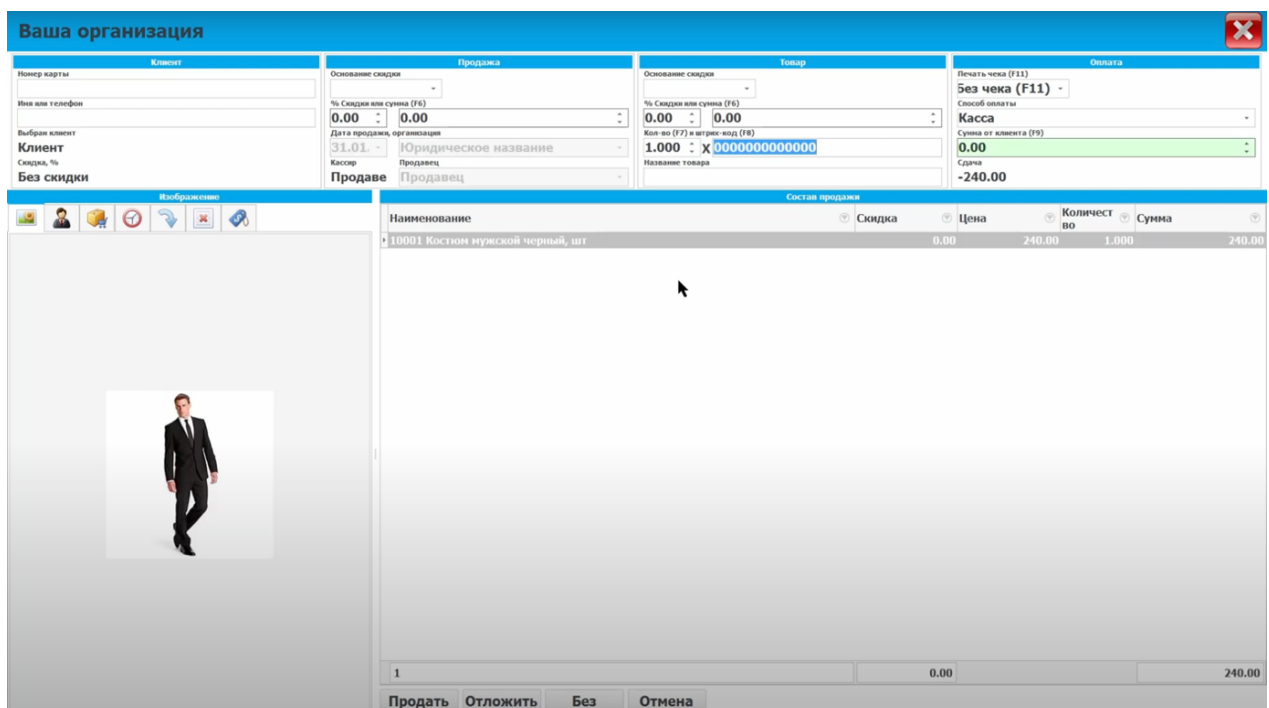


Рисунок 1.8 – Пошук товару в додатку USU

Також дана система надає таку можливість, як друк bar-кодів для товарів (рис. 1.9).

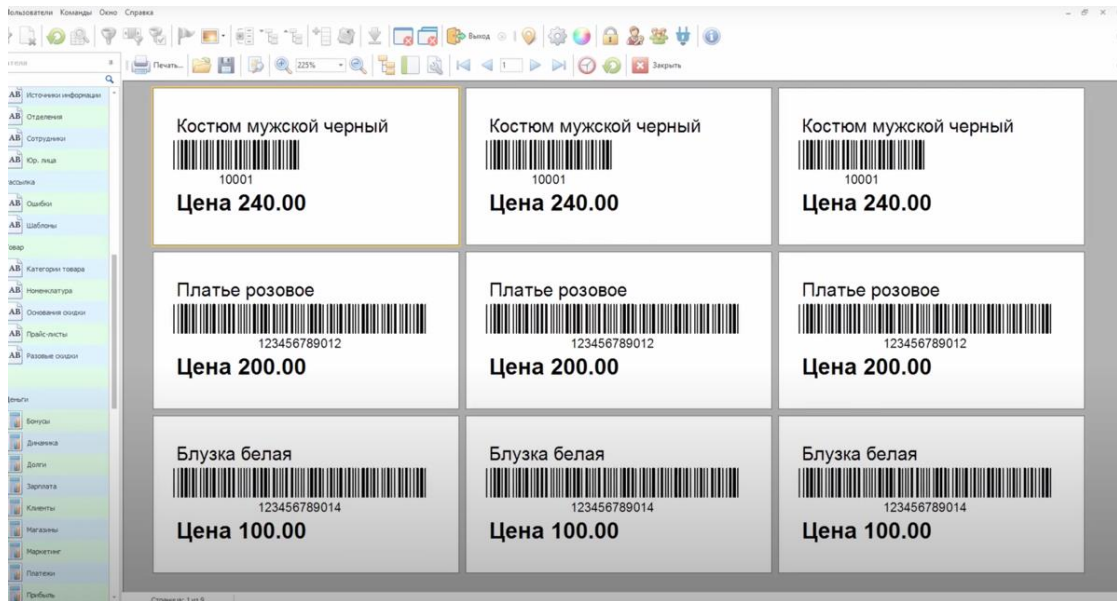


Рисунок 1.9 – Створення штрих-кодів в додатку USU

Також, для більшої наочності, є можливість додання декількох зображень кожного з товарів (рис. 1.10).

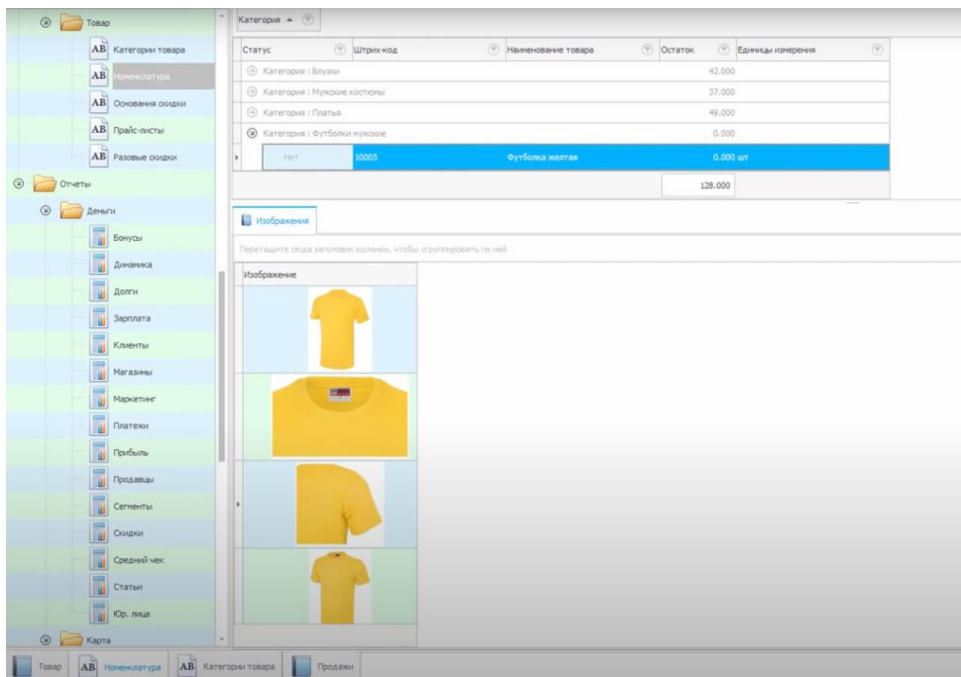


Рисунок 1.10 – Додавання зображень товару

LsFusion WMS є додатком з клієнт-серверною архітектурою. В основі клієнт-серверної архітектури лежать два компоненти: клієнт та сервер. Клієнт – це комп'ютер користувача, який відправляє запит до сервера для отримання даних або виконання певних дій. Сервер є потужним комп'ютером, який призначено для вирішення певних завдань з виконання програмних кодів, обчислювальної логіки, виконання функцій за запитом клієнтів, взаємодії з базою даних, надання користувачам доступу до певних ресурсів. Модель клієнт-серверної архітектури LsFusion приведено на рисунку 1.11.



Рисунок 1.11 – Архітектура додатку LsFusion WMS

Суть такої архітектура полягає в тому, що з інтерфейсу користувача вирушає запит до сервера на додавання нового продукту в базу, на його видалення або іншу операцію; сервер обробляє запит, і повертає результат клієнтові. Один сервер може обслуговувати кілька клієнтів одночасно. При одночасному надходженні більше одного запиту, встановлюються їх черга і вони виконуються сервером послідовно [9].

Як видно з рисунку, в додатку LsFusion він має три середовища виконання клієнтських додатків: веб-браузер, комп'ютерну операційну систему (ОС) та ОС Android. Зазвичай, від платформи виконання напряму залежить мова програмування, на якій буде розроблено додаток. Так, наприклад, якщо це Windows – найчастіше це мова C#, для MacOS та IOS – Swift, Для Ubuntu це C та C++, додатки в браузері пишуть зазвичай на JavaScript або TypeScript.

Сервер даної системи реалізовано мовою Java, що є досить частим рішенням, та взаємодіє з системою керування базами даних (СКБД) PostgreSQL.

В даному додатку відбувається ділення складу на наступні складові: склад, зона, ряд, рівень, комірка. За логікою додатку склад може містити декілька зон, зона – декілька рядів і так далі (рис. 1.12).

Дерево	Тип	Префикс	Код	Наименование	Штрихкод	Направление	Ось X (мм)	Ось Y (мм)	Ось Z (мм)	Ширина (мм)	Глубина (мм)	Высота (мм)
Склад	1	Все склады	G1		G1-W1-Z4-R07-L02-C02	По оси Y	22 500	7 215	2 900	800	1 050	600
Склад	STC00: Склад №1	G1-W1			G1-W1-Z4-R07-L02-C03	По оси Y	22 500	10 080	2 900	800	900	600
Зона	Z 1	Зона хранения	G1-W1-Z1		G1-W1-Z4-R07-L02-C05	По оси Y	22 500	10 080	2 900	800	900	600
Ряд	R 01		G1-W1-Z1-R01		G1-W1-Z4-R07-L02-C01	По оси Y	22 500	6 150	2 900	800	1 050	600
Уровень	L 01		G1-W1-Z1-R01-L01		G1-W1-Z4-R07-L02-C04	По оси Y	22 500	9 180	2 900	800	900	600
Ячейка1	C 02	Ячейка1 C02	G1-W1-Z1-R01-L01-C02		G1-W1-Z4-R07-L01-C01	По оси Y	22 500	6 150	2 300	800	1 050	600
(Паллет (EUR)	00000	ТараПаллет (EUR)	G1-W1-Z1-R01-L01-C02		G1-W1-Z4-R07-L01-C05	По оси Y	22 500	10 080	2 300	800	900	600
Ячейка1	C 03	Ячейка1 C03	G1-W1-Z1-R01-L01-C03		G1-W1-Z4-R07-L01-C04	По оси Y	22 500	9 180	2 300	800	900	600
Ячейка1	C 04	Ячейка1 C04	G1-W1-Z1-R01-L01-C04		G1-W1-Z4-R07-L01-C02	По оси Y	22 500	7 215	2 300	800	1 050	600
Ячейка1	C 05	Ячейка1 C05	G1-W1-Z1-R01-L01-C05		G1-W1-Z4-R07-L01-C03	По оси Y	22 500	8 280	2 300	800	900	600
Ячейка1	C 06	Ячейка1 C06	G1-W1-Z1-R01-L01-C06		G1-W1-Z4-R07-L03-C05	По оси Y	22 500	10 080	3 500	800	900	600
Ворота	G 1	Ворота G1	G1-W1-Z1-G1		G1-W1-Z4-R07-L03-C01	По оси Y	22 500	6 150	3 500	800	1 050	600
Зона	Z 2	Зона хранения и т	G1-W1-Z2		G1-W1-Z4-R07-L03-C03	По оси Y	22 500	8 280	3 500	800	900	600
Ряд	R 01		G1-W1-Z2-R01		G1-W1-Z4-R07-L03-C04	По оси Y	22 500	9 180	3 500	800	900	600
Ряд	R 02		G1-W1-Z2-R02		G1-W1-Z1-G1	По оси Y	0	1 400	0	100	3 600	3 600
Ряд	R 07		G1-W1-Z2-R07		G1-W1-Z5-G2	По оси Y	0	7 000	0	100	3 600	3 600
Зона	Z 3	Зона паллета (ме	G1-W1-Z3		G1-W2-Z1-R02-L01-C01							
Ряд	R 03		G1-W1-Z3-R03		G1-W2-Z1-R02-L01-C02							
Ряд	R 04		G1-W1-Z3-R04		G1-W2-Z1-R01-L01-C02							
Ряд	R 05		G1-W1-Z3-R05		G1-W2-Z1-R01-L01-C01							
Ряд	R 06		G1-W1-Z3-R06		G1-W2-Z2-R01-L01-C02							
Ряд	R 07		G1-W1-Z3-R07		G1-W2-Z1-R01-L01-RT01							
Зона	Z 4	Зона паллета (ме	G1-W1-Z4		G1-W2-Z1-R01-L01-C01							
Ряд	R 03		G1-W1-Z4-R03		G1-W2-Z2-R01-L01-C03	По оси X	1 600	10 720	0	1 200	1 300	1 000
Ряд	R 04		G1-W1-Z4-R04		G1-W2-Z2-R01-L01-C04	По оси X	4 000	10 720	0	1 200	1 300	1 000
Ряд	R 05		G1-W1-Z4-R05		G1-W2-Z2-R01-L01-C01	По оси X	400	10 720	0	1 200	1 300	1 000
Ряд	R 06		G1-W1-Z4-R06		G1-W2-Z2-R01-L01-C02	По оси X	2 800	10 720	0	1 200	1 300	1 000
					G1-W2-Z2-G1	По оси Y	0	7 000	0	100	3 600	3 600

Рисунок 1.12 – Ієрархія компонентів складу в додатку LsFusion WMS

В цьому додатку також є функціонал для пошуку та фільтрації товарів, перегляду зображень продуктів, пошуку за штрих-кодом тощо. Крім того дана система має власний чат для спілкування користувачів. Зовнішній вигляд інтерфейсу програми приведено на рисунку 1.13.

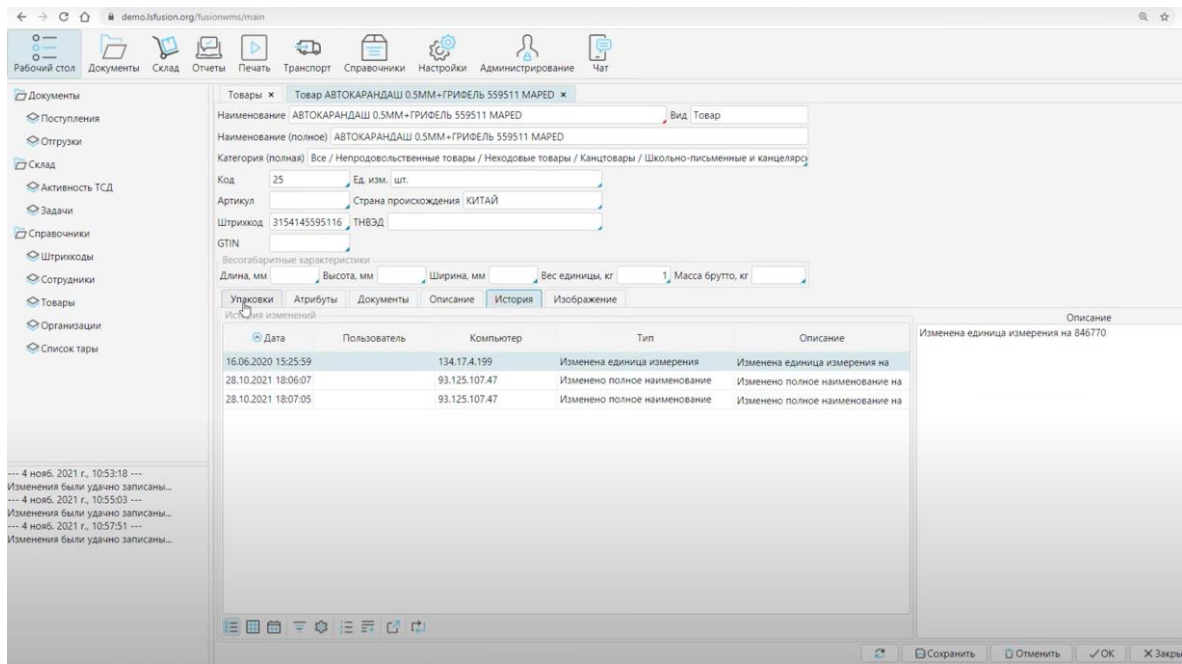


Рисунок 1.13 – Интерфейс LsFusion WMS

В даній роботі розглядається власний додаток, який виконується в веб-браузері та має клієнт-серверну архітектуру. Сервер також взаємодіє з СКБД. Мовою реалізації обох додатків є TypeScript.

1.4 Загальний аналіз сучасних складських приміщень

Складське приміщення – важлива частина логістичних процесів багатьох підприємств, споруда, в якій на комірках розташовуються різні промислові об'єкти.

Основні характеристики складського приміщення включають:

- площа і об'єм, тобто це може бути велике промислове приміщення або невелике складське приміщення;
- розміщення і локація, тому, що складське приміщення повинно знаходитись в місці зручному для доставки і вивезення товарів, близькому до виробничого підприємства, його цехів або ринків збуту;

- умови зберігання; приміщення повинно мати необхідні умови для зберігання для товарів: відповідну температуру, вологість, освітлення та відповідність умовам безпеки;

- обладнання та інвентаризація: складське приміщення може бути обладнане різними пристроями, такими як підйомники, системи автоматизації, стелажі та інше обладнання для завантаження, розгрузки та зберігання товарів;

- безпека: може включати системи контролю доступу, відеоспостереження або протипожежні системи та інші заходи для запобігання збитків, пошкоджень товарів тощо.

Складські приміщення бувають:

- класу А+ – це сучасні модернізовані об'єкти, які побудовані під потреби складської логістики з висотою стель від 12 метрів і виконані з високоякісних матеріалів; мають новітнє обладнання, а також вигідне розташування і зручну транспортну розв'язку [10];

- склади класу А, які відрізняються від попередніх лише висотою стель, що починається від 10 метрів, тому для стелажного зберігання потрібно підібрати те устаткування, яке можна розмістити з урахуванням технічних характеристик;

- клас В+ – приміщення, які побудовані або реконструйовані під складські і також підходять для зберігання продукції різного типу та відповідають вимогам складської логістики (рис. 1.14);

- приміщення класу В відрізняються від складів попередніх класів тим, що це старі будівлі і тому, щоб вони відповідали сучасним стандартам складської логістики, їх реконструюють; також склади класу В іноді мають кілька поверхів, що ускладнює роботу і в такому випадку, серед головних вимог до об'єктів цієї категорії є наявність ліфтів з максимальною вантажністю не менше 3 тонн;

- до класу С належать такі приміщення, які спочатку не використовувалися в якості складських, а були переобладнані з ангарів або виробничих цехів та інших непрофільних приміщень; найчастіше об'єкти категорії С мають кілька поверхів з мінімальною висотою стель – 4 метри;

– склади класу D – це приміщення, що не пристосовані під складські потреби і також могли бути або будівлі ангарів, або підвалів та інших приміщень, що раніше не використовувалися для складських цілей і відрізняються тим, що на таких складах рідко встановлюється обладнання для регулювання умов зберігання і можна зберігати тільки нечутливі до температури і клімату середовища продукти.



Рисунок 1.14 – Складське приміщення класу В+ [10]

В даній роботі розглядається макет одноповерхневого складу, який належить до класу В+, та призначений для зберігання електронних приладів, таких, як станки ЧПУ.

1.5 Загальний аналіз складських робіт та технологій їх програмування

Наземні складські роботи поділяються на декілька типів.

До самохідних роботів-візків належать роботи, які використовують для швидкого транспортування вантажів на складі. Дані роботи мають підймальні механізми, якими можуть підняти наприклад палет, перевезти вантаж в потрібне

місце та розвантажити його [3]. Приклад такого робота приведено на рисунку 1.15.



Рисунок 1.15 – Самохідний робот-візок [11]

Існують ще роботи-палетайзери. Вони відрізняються від попередніх своїм функціоналом: вміють брати вантажі та вкладати їх на палети (рис. 1.16).



Рисунок 1.16 – Роботи палетайзери в роботі [11]

Також існують роботи для сортувальних робіт. Певні моделі можуть сканувати інформацію про декілька продуктів або пакувати продукти. Часто їх використовують для оброблення товарів поштучно. Приклад такого роботи приведено на рисунку 1.17.



Рисунок 1.17 – Робот сортувальник [12]

Багато великих компаній, такі як Amazon та JD, використовують комбінацію різних видів роботів для оптимізації складських операцій. Наприклад, палетайзери витягують товари зі складських комірок та завантажують їх на палети, після чого автоматичні візки перевозять ці палети до зони сортування, де вже працюють інші роботи.

Роботи можуть бути програмовані за допомогою різних мов, залежно від їх функцій, апаратної платформи та робочого середовища. До основних мов програмування, якими програмуються роботи, належать:

– С та С++ – ці мови зазвичай використовуються для розробки вбудованого ПЗ роботів, особливо для операцій в реальному часі;

– Python – є популярним вибором розробки ПЗ для роботів завдяки своїй простоті, а також широким можливостям бібліотек;

– Java – також може використовуватися для розробки ПЗ роботів, особливо під час розробки додатків для мобільних роботів або СК;

– JavaScript: може використовуватися для програмування роботів, що взаємодіють з веб-інтерфейсами;

– Robot-specific languages: використовуються для деяких роботів, які мають власні мови програмування, спеціально для їх потреб. Так наприклад, мова URScript використовується для програмування роботів Universal Robots.

При обранні мови програмування робота, важливо аспектом є врахування конкретних потреб проекту, можливостей апаратної платформи та наявності потрібних інструментів та бібліотек.

В даній роботі розглядається макет модернізованого робота-візка MiR1000, який приведено на рисунку 1.18.



Рисунок 1.18 – MiR1000 [12]

Даний робот має наступні характеристики:

– довжина: 1350 мм;

– ширина: 920 мм;

– висота: 320 мм;

- вага: 230 кг;
- довжина навантажувальної поверхні: 1300 мм;
- ширина навантажувальної поверхні: 900 мм;
- вантажопідйомність: 1000 кг;
- максимальна швидкість: 1,2 м/с;
- має дві 3D камери.

В основі ідеї модернізації лежить додання камери для зчитування qr-коду у просторі.

1.6 Аналіз інструментів збереження стану сучасних автоматизованих систем віддаленого керування складськими приміщеннями на виробничих підприємствах

На сьогоднішній день, всі дані о працівниках на складах, перелік існуючих продуктів, звітність подій системи, зберігаються в БД. База даних – це організований набір даних, який зберігається та управляється за допомогою комп'ютерної системи. Можливостями БД є ефективне зберігання, оновлення, видалення та отримання даних.

Існує багато різновидів БД. До основних належать текстові файли, реляційні, NoSQL та документні-орієнтовані БД.

Текстові файли використовуються для роботи з невеликою кількістю даних. Для поділу полів використовується спеціальний символ, наприклад крапка з комою або кома в файлах формату csv. Мають обмежений рівень складності інформації, що зберігається та інші недоліки але надають можливість взаємодії без використання стороннього ПЗ.

Реляційні БД широко використовуються для загального призначення. Дані та зв'язки між даними організовуються завдяки використанню таблиць. Кожен стовпець таблиці має своє ім'я, тип, а також може мати додаткові опції. Кожен рядок є окремим записом даних в таблицю, що містить в собі значення для

кожного зі стовпців. Прикладами реляційних БД є MySQL, PostgreSQL, SQLite тощо.

NoSQL – це такі БД типу «ключ-значення», які пропонують підходи, що для зберігання інформації є ключ і об'єкт даних, який потрібно зберегти. Наприклад, JSON-об'єкт, зображення або текст. Щоб зробити запит, відправляється ключ і отримується blob-об'єкт. Прикладом такої БД є Redis.

Документні БД мають властивості NoSQL баз, але зберігають не blob-об'єкти, а дані в структурованих форматах – JSON, BSON або XML. Найпопулярнішою документною базою є MongoDB. Приклад даних в документній базі приведено на рисунку 1.19.

```

_id: ObjectId('661cebbef25f6825920569')
reportID : 1
eventDescription : "Add product with id = 213439"
date : "15.04.2024 11:56:30"
userInitiatorID : ObjectId('6509e26769cdccb3048604a9')
__v : 0

_id: ObjectId('661cedffe0f25f68259205ad')
reportID : 2
eventDescription : "Add product with id = 213440"
date : "15.04.2024 12:06:07"
userInitiatorID : ObjectId('6509e26769cdccb3048604a9')
__v : 0

```

Рисунок 1.19 – Записи в документній базі

Деякі сучасні компанії, такі як Amazon, мають власні хмарні сервіси та власні БД, такі, як Amazon DynamoDB. Місце зберігання БД напряму залежить від розміщення сховища. Так наприклад, якщо сховище знаходиться в Україні і в якості БД використовується MongoDB – слід розгортати її на сервісі

Франкфурта, адже це є найближча точка до даної. В даній роботі обрано MongoDB в якості БД, яка розгорнута на сервісі, що знаходиться в Франкфурті.

1.7 Постановка завдання на розробку

Враховуючи те, що метою кваліфікаційної роботи є покращення методів керування та підвищення рівня автоматизації і безпеки роботи складських приміщень на виробничих підприємствах, для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити структурну схему макету;
- провести аналіз та підбір компонентної бази на якій буде працювати макет;
- виконати реалізацію макету системи.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ МАКЕТУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО УПРАВЛІННЯ РОБОТИЗОВАНИМ СХОВИЩЕМ НА ПІДПРИЄМСТВІ

2.1 Розробка структурної схеми

Структурна схема має розроблятися на перших етапах розробки проекту тому, що вона дозволяє проаналізувати всі ланки об'єкту розробки та сприяє розробці подальших схем, необхідних для його реалізації. Побудована структурна схема зображена на рисунку 2.1.

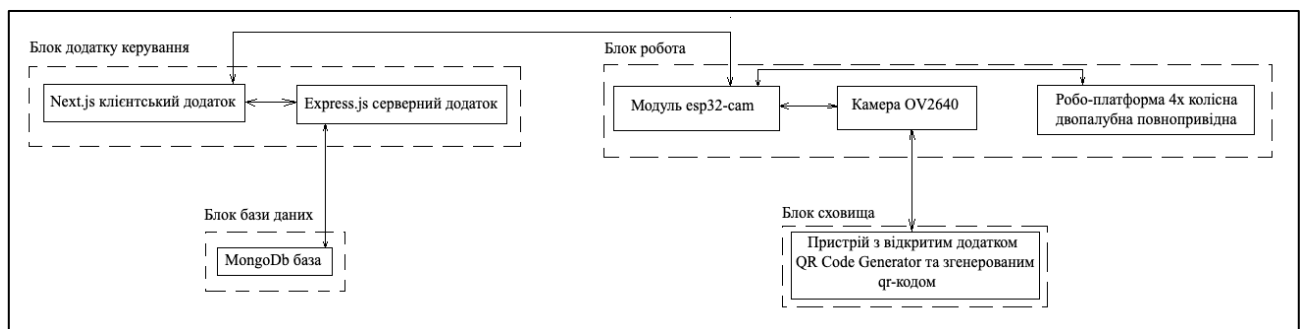


Рисунок 2.1 – Структурна схема автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві

Блок додатку керування слугує для автоматизації керування стану системи. В основі зв'язку додатків лежить клієнт-серверна архітектура, що надає можливість відокремлення бізнес логіки від інтерфейсу користувача. Для реалізації обрано наступні фреймворки: Next.js та Express.js. Фреймворк – це програмне рішення, яке полегшує розробку додатків. Його можна вважати своєрідною комплексною бібліотека, але при цьому фреймворк має ряд обмежень, що задають правила структури проекту та методу написання коду. [13]. Дані інструменти обрані за наступними причинами:

- вони є популярними якісними сучасними рішеннями у веб-програмуванні;
- дані технології досить прості для освоєння;
- для використання інструментів використовується одна мова програмування.

До складу макету робота входять: модуль esp32-cam, камера OV2640 та чотирьох колісна опорна платформа. Дані компоненти обрано з причини їх низької вартості та універсальності. Також слід зазначити, що модуль esp32-cam має такий роз'єм, який розрахований саме на камеру OV2640, тобто не має додаткових операцій з'єднання камери з платою.

В якості БД обрано MongoDB, як одне з найпоширеніших безкоштовних рішень з простою інтеграцією в веб-проекти.

Макетом сховища може бути будь-який пристрій з доступом до мережі Інтернет. Для емуляції qr-коду, які закріплені на продукті обрано онлайн сервіс QR Code Generator, який надає інструменти для генерації qr-коду з посилань, купи посилань, вільного тексту тощо.

2.2 Розробка структури додатку керування та вибір технологій його реалізації

Структура додатку керування повинна розроблятися на перших етапах його реалізації та може бути скорегованою під час його розробки. Вона приведена на рисунку 2.2.

Додаток макету АСВКРС буде мати клієнт-серверну архітектуру, тобто складатись з клієнта та серверного під-додатків. Середовищем виконання клієнтського додатку буде веб-браузер, отже технології та інструменти наступні:

- мова програмування TypeScript;
- Next.js, як фреймворк;
- середовище розробки – WebStorm.

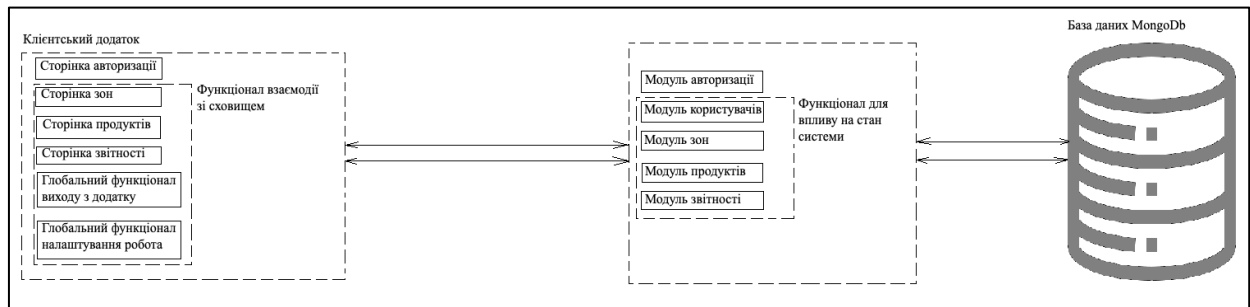


Рисунок 2.2 – Структура додатку керування та принцип його взаємодії з БД

Серверний додаток працює зі збереженням та зміною стану системи. Його набір інструментів:

- в якості мови програмування – TypeScript;
- фреймворк Express.js;
- бібліотека Mongoose для роботи з БД;
- як середовище розробки – WebStorm.

Додаткове обґрунтування вибору інструментів розробки приведено в попередньому підрозділі.

Функціонал клієнтського додатку повинен мати:

- сторінку авторизації з можливістю виконання лише входу за особистими даними; реєстрацією нового профіля співробітника є додання його даних в БД;
- сторінку, яка відображає комірки та їхню наповненість продуктами;
- функціонал для додання зон;
- сторінку відображення продуктів з їх розмірами та, опційно – додатковим описом;
- функціонал для додання отримання, додання та видалення продуктів;
- функціонал для зміни налаштування зв'язку з роботом, що необхідно, наприклад при зміні його IP адреси;
- можливість виходу з профіля.

Серверний додаток повинен відповідати функціоналу клієнтського та містити такі модулі, як авторизація, користувачі, зони, продукти та звітність. З БД повинен взаємодіяти лише серверний під-додаток.

2.4 Вибір компонентної бази макету робота-візка

До складу макету робота входять: модуль esp32-cam, камера OV2640 та чотирьох колісна опорна платформа.

Плата esp32-cam має wifi-модуль, слот для камери OV2640, а також може мати адаптер під роз'єм MicroUSB. Даний модуль є дешевим та багатофункціональним рішенням для безлічі завдань. Плату з камерою та адаптером для MicroUSB приведено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Плата esp32-cam з адаптером [14]

Камера OV2640 має матрицю на 2 Мп та кутом огляду 66° та підходить до модулів ESP32-CAM, ESP8266, Raspberry Pi, Arduino. Даної якості зображення достатньо для реалізації сканеру qr-коду (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Камера OV2640 [13]

Для більшого співпадіння з реальним макетом також обрано чотириколісну опору для переміщення плати з камерою. Особливості платформи:

- розміри платформи 235 мм x 155 мм;
- проста конструкція зручна в збиранні;
- оснащена енкодером на кожному колесі;
- можливість розширення та дообладнання платформи.

Зовнішній вигляд платформи приведено на рисунку 2.6.

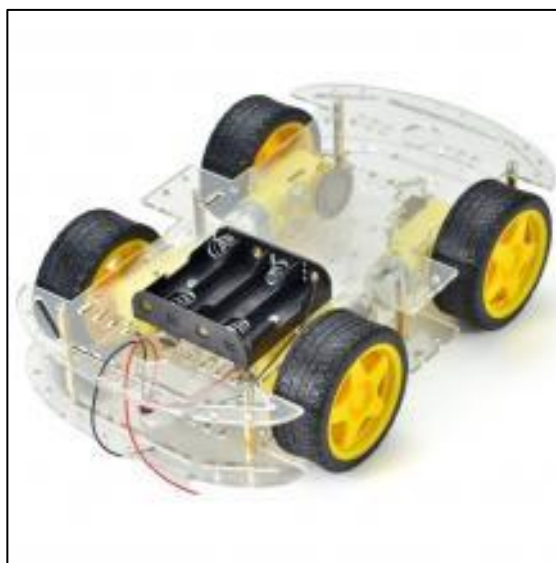


Рисунок 2.6 – Чотириколісна опорна платформа [14]

2.5 Розрахунок пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора для регулювання та корегування відхилень руху робота візка

Пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор (ПІД) є пристроєм, який використовується для збереження стабільності роботи процесів системи автоматичного керування шляхом регулювання значень величин, з якими оперує система. ПІДР включає наступні складові:

- пропорційну, яка відповідає за статичну зміну регульованої величини для зміни поточного значення помилки;
- інтегральну, що відповідає за аналіз попередніх значень помилки для динамічного впливу на поточне значення величини;
- диференціальну, яка виконує прогнозування та виправлення майбутніх помилок шляхом розрахунку різниці поточного та минулого значень помилок, поділену на час між вимірами значень.

В контексті робота візка ПІД регулятор виконує функцію зміни швидкості обертання пари колес для корегування напрямку руху шляхом розрахунку значення помилки відстані відхилення від траєкторії руху за наступною формулою:

$$e(t) = y_{\text{ref}}(t) - y(t), \quad (2.1)$$

де $y_{\text{ref}}(t)$ – цільове положення робота;

$y(t)$ – поточне положення робота.

Загальний вихід ПІДР розраховується за наступною формулою:

$$u(t) = u_p(t) + u_i(t) + u_d(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t)dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}, \quad (2.2)$$

де K_p – значення коефіцієнту пропорційної складової;

K_i – коефіцієнт інтеграційної складової;

K_d – значення коефіцієнту диференційної складової.

Дані коефіцієнти можна налаштовувати різними методами, одним з яких є метод Зіглера-Ніколса або експериментальне налаштування. Цей метод має наступний принцип: спочатку встановлюються нульові значення на інтеграційній та диференційній складовій і збільшується значення пропорційної складової до моменту, коли система починає здійснювати постійні коливання. Таке значення пропорційної складової є критичним посиленням (K_u). Далі необхідно виміряти період цих коливань. Це є критичним періодом (T_u). Тоді для значень коефіцієнтів складових ПІД регулятора формули мають вигляд:

$$K_p = 0,6 \cdot K_u, \quad (2.3)$$

$$K_i = \frac{2 \cdot K_p}{T_u}, \quad (2.4)$$

$$K_d = \frac{T_u \cdot K_p}{8}. \quad (2.5)$$

Обрані значення для розрахунку приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунку ПІД регулятора

$y_{ref}(t)$	$y(t)$	K_u	T_u, c	t, c
10	0	10	5	1

Розраховані значення:

$$e(t) = 10 - 0 = 10;$$

$$K_p = 0,6 \cdot 10 = 6;$$

$$K_i = \frac{2 \cdot 6}{5} = 2,4;$$

$$K_d = \frac{5 \cdot 6}{8} = 3,75;$$

$$u(t) = 6 \cdot 10 + 24 \cdot 1 + 3,75 \cdot 10 = 121,5.$$

Даний розрахунок є прикладом отримання значення для ПІД регулятора. За отриманим значенням можна пропорційно надавати швидкість обертання на

відповідні колеса за такою логікою: якщо значення $u(t)$ більше 0 – вплив здійснювати на одну пару колес, наприклад праву, якщо менше – на іншу.

2.6 Розробка структури складського приміщення та логіки переміщення по ньому робота

Складське приміщення повинно бути не вище В+ за класом, мати ідеально рівну бетонну підлогу, бути одноповерхневим та ділитись на зони, як приведено на рисунку 2.7, тобто повинно мати «траси» для переміщення робота і умовні зони, до яких належать певні продукти.

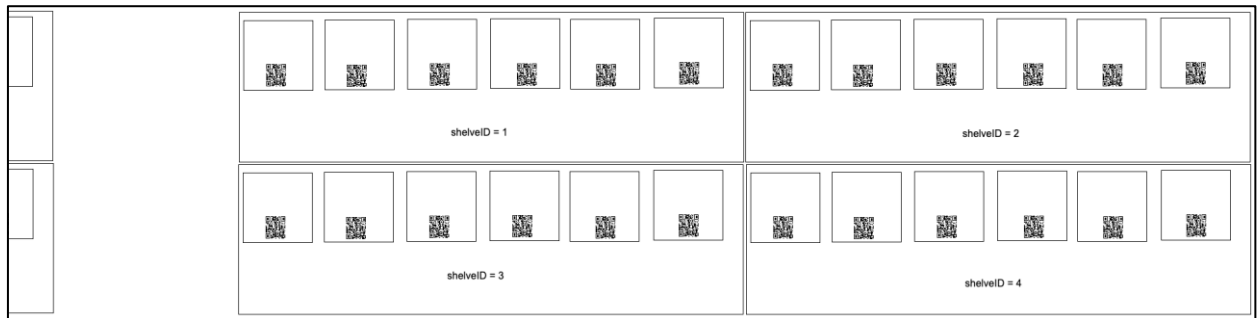


Рисунок 2.7 – Структура складського приміщення

Замість зчитування qr-кодів з полу, як це реалізовано в аналогічних рішеннях, роботу повинні передаватись ідентифікатори зони та продукту. Спочатку робот переміщується в координати зони (рис. 2.8).

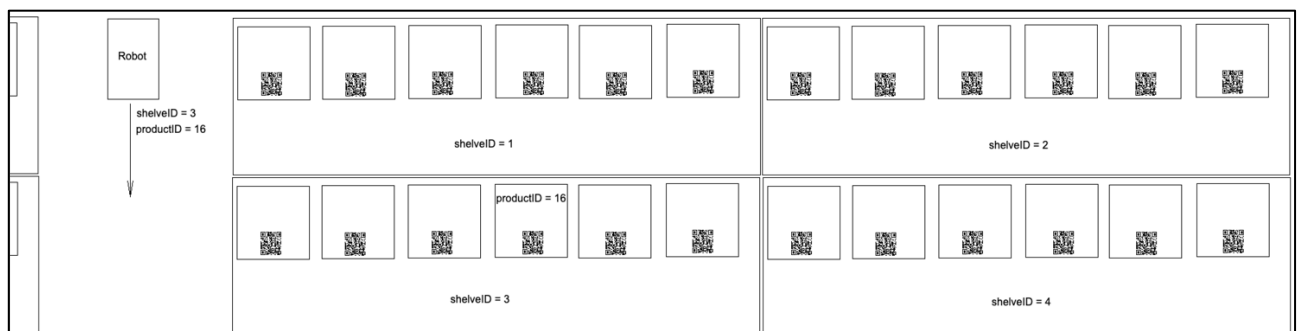


Рисунок 2.8 – Переміщення робота в координати зони

Після цього виконується послідовне сканування qr-кодів, які закріплені на товарах. Це дозволить зробити додаткову перевірку на правильність обраного товару, який отримується. При цьому робот не зупиняється. Виконання цього етапу приведено на рисунку 2.9.

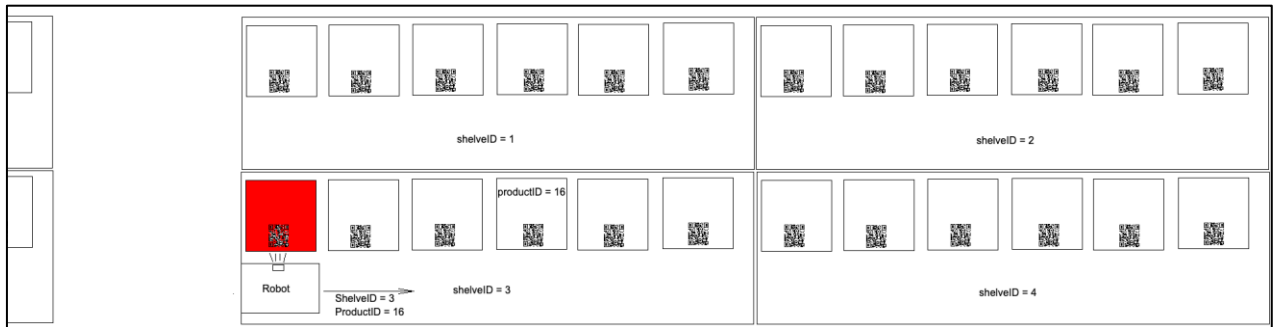


Рисунок 2.9 – Пошук товару і одночасне переміщення по зоні

Після знаходження відповідного товару робот підіймає його (рис. 2.10). За умови незнаходження відповідності ідентифікаторів, робот виконує зворотній обхід зі скануванням. Вразі повторного незнаходження – робот повертається без товару.

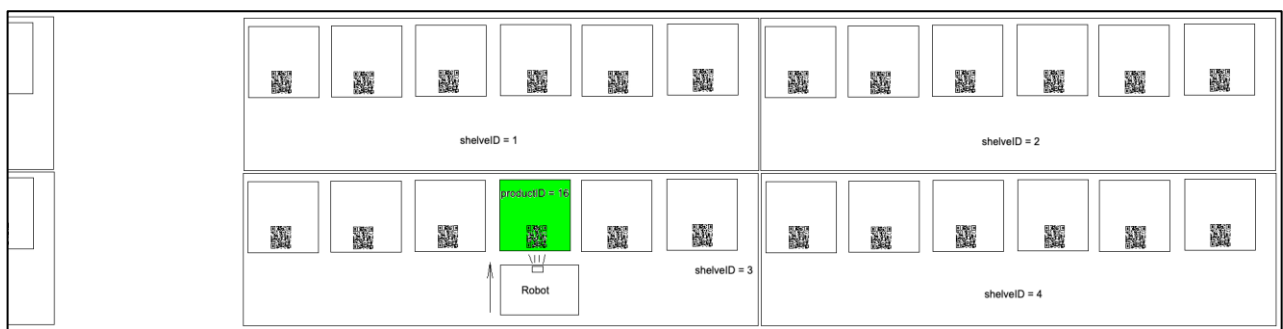


Рисунок 2.10 – Знаходження відповідного товару

Після підйому продукту робот виконує його транспортування в зворотню сторону. Це схематично зображено на рисунку 2.11.

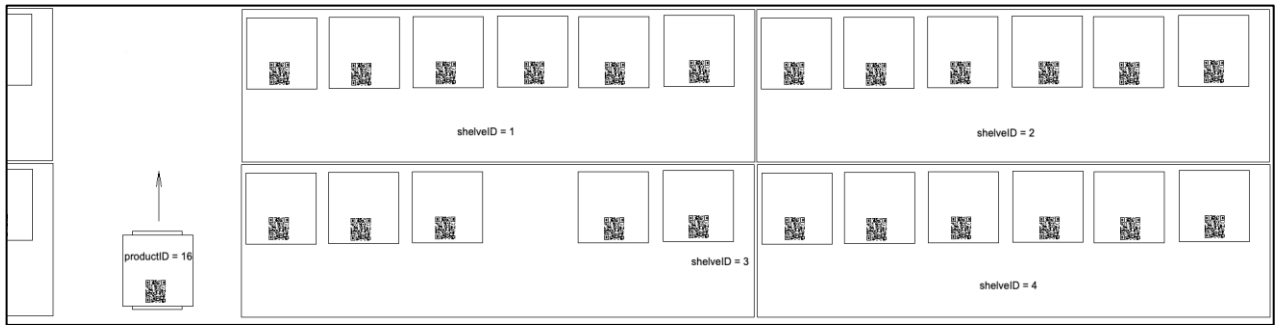


Рисунок 2.11 – Перевезення товару

2.7 Розробка структури бази даних

В базі даних повинні міститись наступні дані: користувачі, зони, продукти та звітність подій.

Обрання полів користувача залежить від вимог системи. Для перевірки валідності користувача часто використовують поля пошти та паролю. Також слід розуміти, що користувач системи може бути як звичайним користувачем, так і адміністратором. Отже дана модель буде мати 3 основних поля. Опис приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Модель користувача

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
email	string	пошта користувача	поле є обов'язковим і унікальним
password	string	пароль	поле є обов'язковим
role	string	роль	поле є обов'язковим

У кожної зони повинен бути ідентифікатор та її координати. Також повинні бути поля для збереження інформації о продуктах, які знаходяться в зоні, збереження габаритів простору зони, що призначено для збереження продуктів, а також даних про відсоток зайнятості зони (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Модель зони

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
shelveID	number	ідентифікатор зони	поле є обов'язковим і унікальним
shelveDimensions	{ width: number, height: number, length: number, }	розміри зони, призначені для розміщення продуктів	всі поля об'єкту є обов'язковим
coordinates	{ x: number, y: number, }	координати зони	всі поля об'єкту є обов'язковим
percentBusyVolume	number	відсоток міста, що занято продуктами	поле є обов'язковим і за замовчуванням дорівнює 0
products	number[]	масив ідентифікаторів продуктів, які знаходяться в зоні	—

Кожен продукт також повинен мати ідентифікатор, власні розміри, ідентифікатор зони, в якій він знаходиться та, опційно, додатковий опис. Модель продукту приведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Модель продукту

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
productID	number	ідентифікатор продукту	поле є обов'язковим унікальним
productDimensions	{ width: number, height: number, length: number, }	розміри продукту	всі поля об'єкту є обов'язковим
shelveID	number	ідентифікатор зони, в якій продукт знаходиться	поле є обов'язковим
productTitle	string	назва продукту	поле не є обов'язковим
productDescription	string	опис продукту	поле не є обов'язковим
productImgUrl	string	посилання на фото продукту	поле не є обов'язковим

Події системи, які були викликані користувачем напряму пов'язані з користувачем і часом здійснення. Тому в моделі має бути ідентифікатор події, її

опис, час здійснення та дані про ініціатора події. Опис моделі звітності приведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Модель події системи

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
reportID	number	ідентифікатор події	поле є обов'язковим унікальним і
reportDescription	string	опис події	поле є обов'язковим
date	string	час здійснення події	поле є обов'язковим
userInitiatorID	ObjectId	ідентифікатор ініціатора події; даний тип MongoDB надає автоматично	поле є обов'язковим

3 РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ ТА ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ

3.1 Реалізація інтерфейсу додатка керування

Робота системи починається з авторизації користувача. Сторінку авторизації приведено на рисунку 3.1.

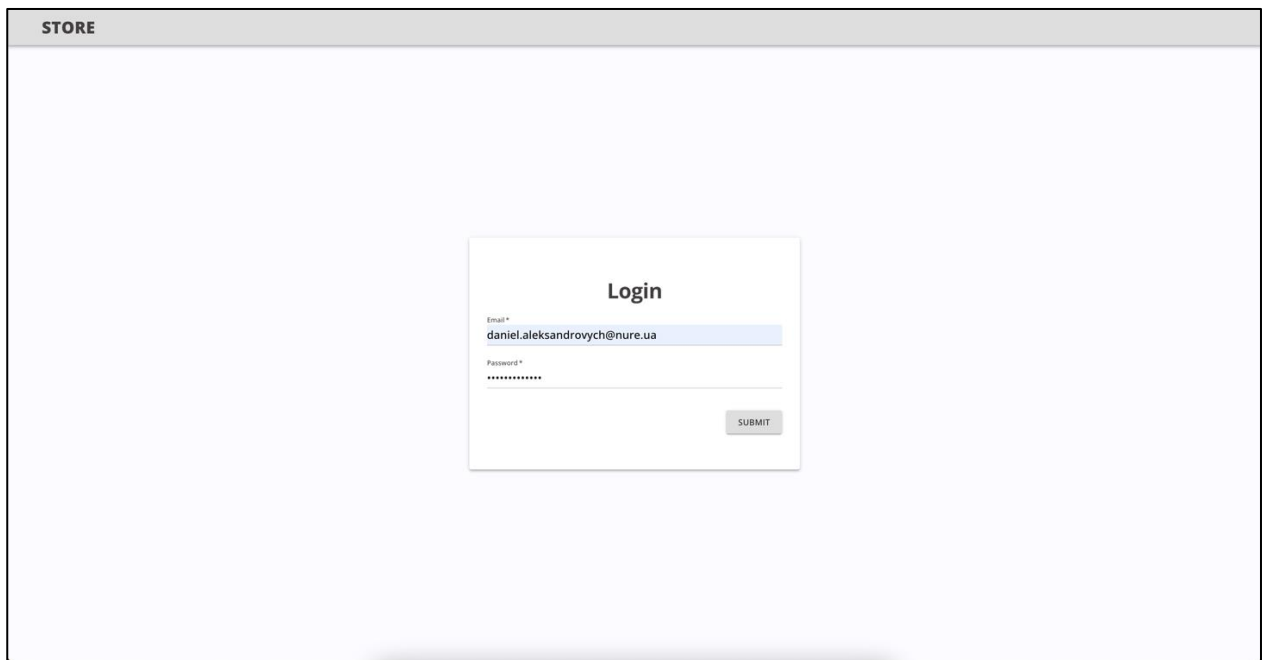
The image shows a web browser window with a header bar labeled 'STORE'. In the center of the page is a white login form titled 'Login'. The form contains two input fields: 'Email*' with the value 'daniel.aleksandrovyich@nure.ua' and 'Password*' with masked characters. A 'SUBMIT' button is located at the bottom right of the form.

Рисунок 3.1 – Сторінка авторизації

Після відправки коректних даних система перенаправляє на сторінку, де знаходяться всі існуючі зони. Сторінка зон відображає всі зони та відсоток їх заповненості візуально, заливаючи зони зеленим кольором. Також є поле пошуку, яке дозволяє знаходити зону за ідентифікатором. Для користувачів з роллю адміністратора є можливість додання нової зони, після натиснення кнопки “Add shelve”. Верхня частина сайту є однаковою для сторінок зон, продуктів та звітності і містить перехід між сторінками, кнопку виходу з системи та кнопку налаштування робота. Зовнішній вигляд сторінки зон приведено на рисунку 3.2.

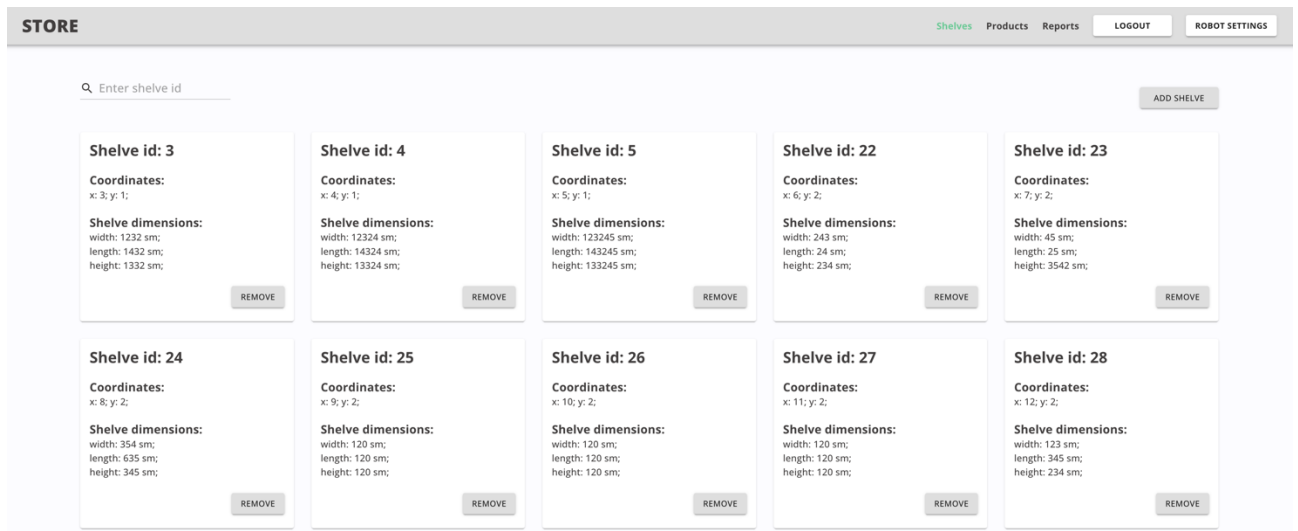


Рисунок 3.2 – Сторінка зон

При додаванні нової зони необхідно ввести її розміри та, за необхідністю, змінити автоматично розраховані параметри: ідентифікатор нової зони та нову загальну кількість зон (рис. 3.3). Після натиснення кнопки “Add” в БД буде додано новий запис.

The screenshot shows a modal form for adding a new shelf. The form is titled 'Add Shelf' and has a 'CLOSE' button in the top right corner. It contains five input fields, each with a label and an asterisk indicating it is a required field:

- Shelve id *:** The value '33' is entered.
- Shelve Width *:** The input field is empty.
- Shelve Height *:** The input field is empty.
- Shelve Length *:** The input field is empty.
- New shelves count *:** The value '18' is entered.

An 'ADD' button is located at the bottom right of the form.

Рисунок 3.3 – Інтерфейс додання нової зони

Інтерфейс налаштування параметрів роботи надає можливість змінити його IP адресу. Це може бути потрібно також при заміні робота. Інтерфейс приведено на рисунку 3.4.

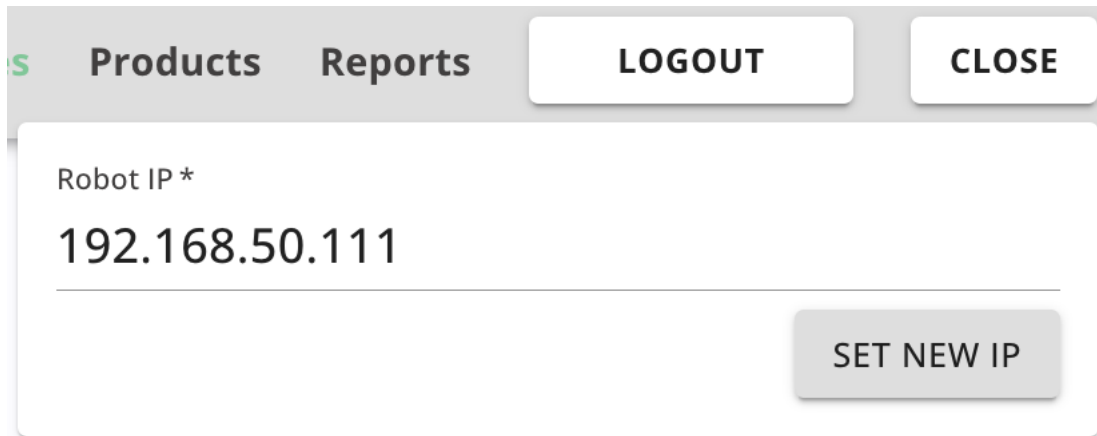


Рисунок 3.4 – Інтерфейс налаштування адреси робота

На сторінці продуктів відображено всі продукти, що знаходяться на складі. Кожен продукт має функціонал для його видалення з бази або відправки запиту на його фізичне отримання. Загальний вигляд інтерфейсу сторінки продуктів приведено на рисунку 3.5.

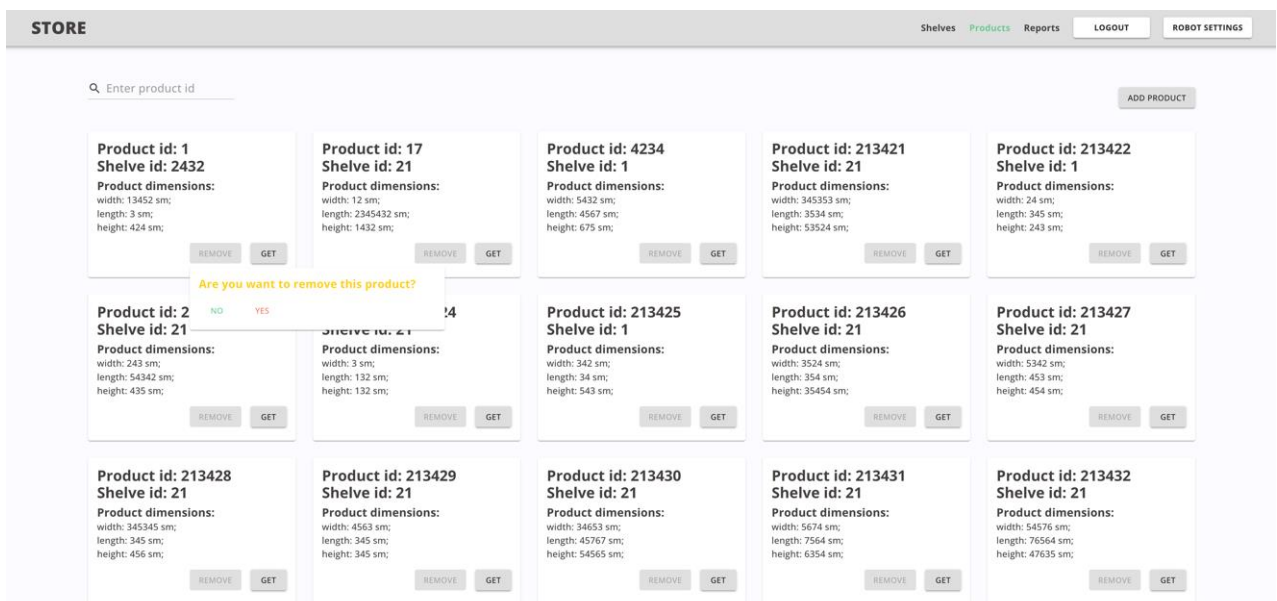
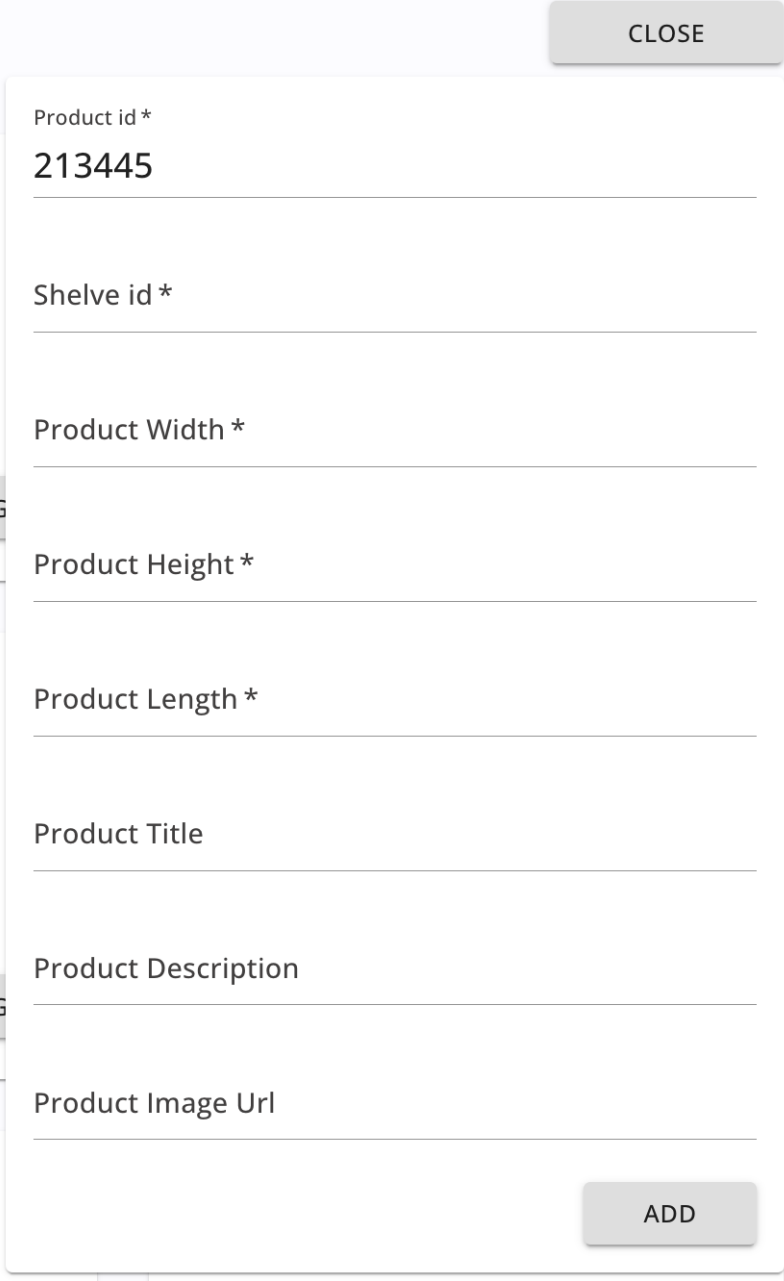


Рисунок 3.5 – Сторінка продуктів

Функціонал додавання продукту надає можливість внести в базу наступні дані нового продукту: ідентифікатор, ідентифікатор зони, до якої він належить, розміри, назву, опис та посилання на зображення (рис. 3.6).



The image shows a web form for adding a new product. It features a 'CLOSE' button at the top right. The form contains several input fields: 'Product id *' with the value '213445', 'Shelve id *', 'Product Width *', 'Product Height *', 'Product Length *', 'Product Title', 'Product Description', and 'Product Image Url'. An 'ADD' button is located at the bottom right of the form.

Рисунок 3.6 – Вікно додавання нового продукту

Сторінка звітності відображає опис операцій, які були здійснені користувачем. Такими операціями можуть бути: створення нової зони, додавання

продукту, зміна налаштування робота тощо. Зовнішній вигляд сторінки звітності приведено на рисунку 3.7.

ID	Event Description	Date And Time
16	Set new robot IP	27.04.2024 17:00:56
17	Set new robot IP	27.04.2024 17:01:02
18	Set new robot IP	27.04.2024 17:01:09
19	Set new robot IP	27.04.2024 17:01:12

Рисунок 3.7 – Сторінка звітності

Тут є можливість сортування даних, видалення подій, приховування непотрібних колонок. Приклад взаємодії з даними звітності приведено на рисунку 3.8.

ID	Date And Time
17	27.04.2024 17:01:02

Рисунок 3.8 – Налаштування таблиці звітності

3.2 Реалізація емулятора робота

В якості макета складського робота буде використано модуль esp32-sam у поєднанні з камерою OV2640 та чотириколісною опорною платформою (рис. 3.9).

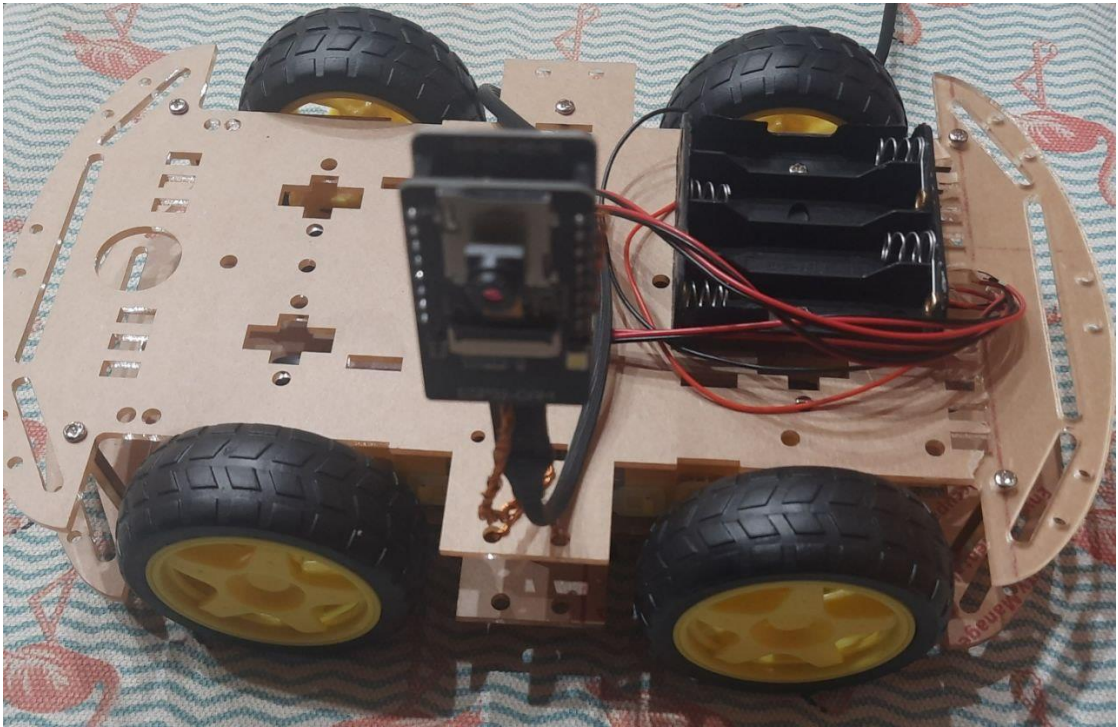


Рисунок 3.9 – Плата esp32-сам з адаптером та опорою

На даній платі необхідно реалізувати веб-сервер для зв'язку з клієнтом, функціонал для зчитування та декодування qr-коду та можливість взаємодії з мережею wifi. Код реалізації функції емулятора отримання продукту приведено на рисунку 3.10.

```

void getProductHandler() {
    isLoadingGoods = true;

    String goodsIdStr = server.arg("id");
    int localGoodsId = goodsIdStr.toInt();

    while(true) {
        if(goodsId == localGoodsId) break;
        delay(500);
    }

    delay(3000);

    DynamicJsonDocument jsonDoc(256);

    jsonDoc["message"] = "Product on the place";
    jsonDoc["productID"] = goodsId;

    String jsonResponse;
    serializeJson(jsonDoc, jsonResponse);

    server.sendHeader("Access-Control-Allow-Origin", "*");
    server.sendHeader("Access-Control-Allow-Methods", "GET, PUT, PATCH, POST, DELETE");
    server.sendHeader("Access-Control-Allow-Headers", "Content-Type, Authorization");
    server.send(200, "application/json", jsonResponse);
    isLoadingGoods = false;

    goodsId = -1;
}

```

Рисунок 3.10 – Код функції отримання продукту

Дана функція реалізує порівняння переданого ідентифікатора продукту з клієнта зі скануємими ідентифікаторами. Після цього формується відповідь до клієнта у форматі json-строки, виконується налаштування заголовків міждомених запитів та відправляється відповідь.

3.3 Реалізація емуляції продукту в складського приміщенні

Для генерації qr-коду буде використано ресурс QR Code Generator. Даний ресурс надає можливість використовувати зображення QR-коду для будь-яких цілей, у тому числі - для комерції [15]. Зовнішній вигляд інтерфейсу сервісу приведено на рисунку 3.11.

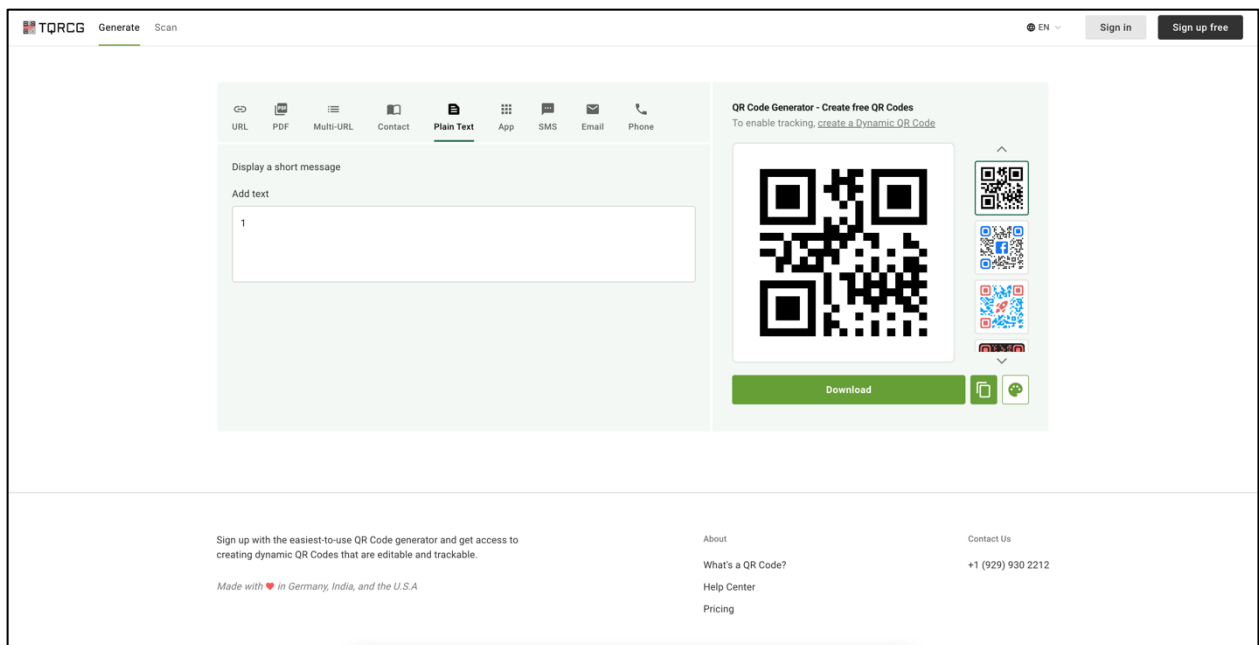


Рисунок 3.11 – Онлайн QR Code Generator

QR Code Generator надає можливість зашифрувати дані різного виду в qr-код: посилання та декілька посилань, вільний текст, номер телефону тощо.

Емуляцію продукту з прикріпленим qr-кодом приведено на рисунку 3.12.

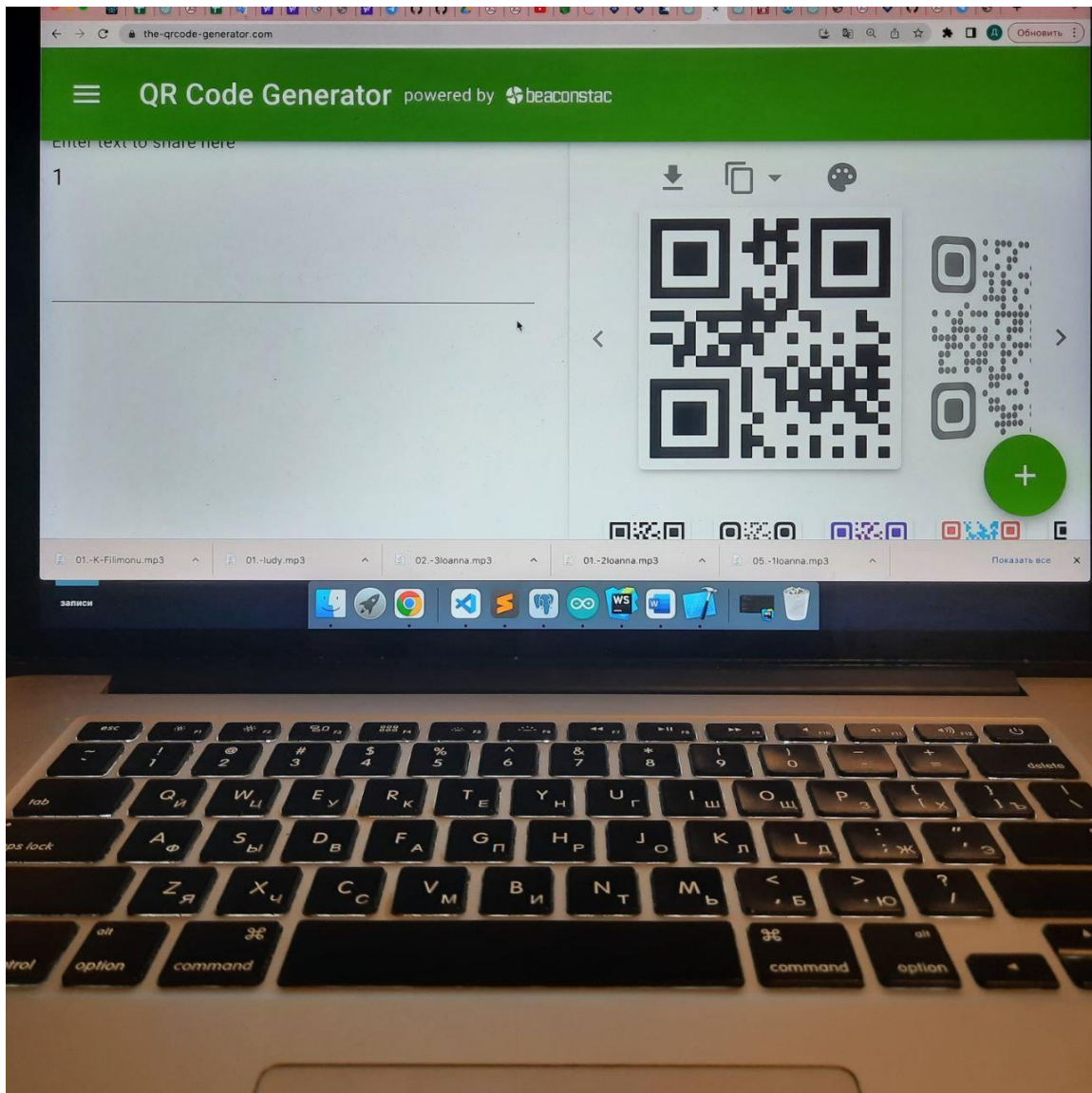


Рисунок 3.12 – Емуляція продукту з qr-кодом

3.4 Реалізація бази даних

БД розгорнуто на віддаленому сервісу MongoDB. Даний сервіс надає можливість безкоштовного розгортання бази за допомогою СКБД MongoDB. Код підключення до БД приведено на рисунку 3.13.

```
await mongoose.connect( uri: `${process.env.DB_URL}` );
// mongodb+srv://danielaleksandrovych:Dan@cluster0.13sazaq.mongodb.net/poshta
```

Рисунок 3.13 – Код підключення до БД

БД містить чотири моделі: користувачів, звітність, зони та продукти. Приклад вмісту бази приведено на рисунку 3.14.

```

_id: ObjectId('662d0328134f54b143a5349d')
reportID : 1
eventDescription : "Set new robot IP"
date : "27.04.2024 16:52:40"
userInitiatorID : ObjectId('6509e26769cdccb3048604a9')
__v : 0

_id: ObjectId('662d033e134f54b143a534ad')
reportID : 2
eventDescription : "Add product with id = 213445"
date : "27.04.2024 16:53:02"
userInitiatorID : ObjectId('6509e26769cdccb3048604a9')
__v : 0

_id: ObjectId('662d035c134f54b143a534ba')
reportID : 3
eventDescription : "Remove product with id = 213421"
date : "27.04.2024 16:53:32"
userInitiatorID : ObjectId('6509e26769cdccb3048604a9')
__v : 0

```

Рисунок 3.14 – Дані звітності

В основному дані в базу додаються під час роботи користувача. Виключенням є лише дані користувачів. Вони вносяться вручну. Доданих користувачів приведено на рисунку 3.15.

```

_id: ObjectId('6509e26769cdccb3048604a9')
email : "daniel.aleksandrovych@nure.ua"
password : "$2y$10$tezZqNKRugu91nIhx002AuuTxd0GitoNKlo2Gto.IZB3jsZQPk2Vy"
role : "admin"

_id: ObjectId('65aa51b8d300bc4eb448c11e')
email : "danik09012003@gmail.com"
password : "$2y$10$tezZqNKRugu91nIhx002AuuTxd0GitoNKlo2Gto.IZB3jsZQPk2Vy"
role : "user"

```

Рисунок 3.15 – Користувачі системи

3.5 Реалізація основних процесів системи

Основними процесами системи є додавання продукту та його отримання.

Процес додавання продукту починається з введення його необхідних даних (рис. 3.16).

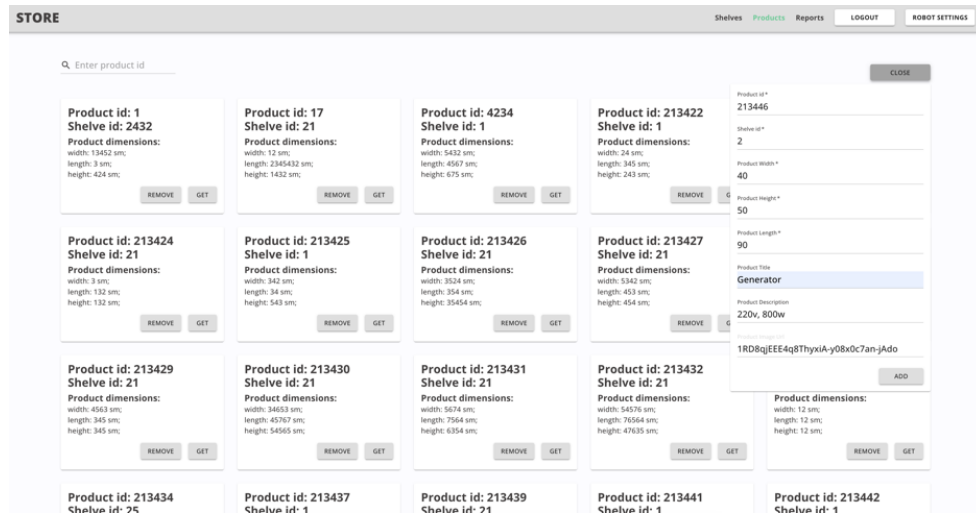


Рисунок 3.16 – Внесення даних нового продукту

Після натиснення кнопки "Add", за умови коректна введених даних, відправляється запит до сервера. При цьому виконується імітація додання продукту до зони, тобто загоряється світлодіод. Приблизно через п'ять секунд світлодіод перестає горіти. Імітацію приведено на рисунку 3.17.

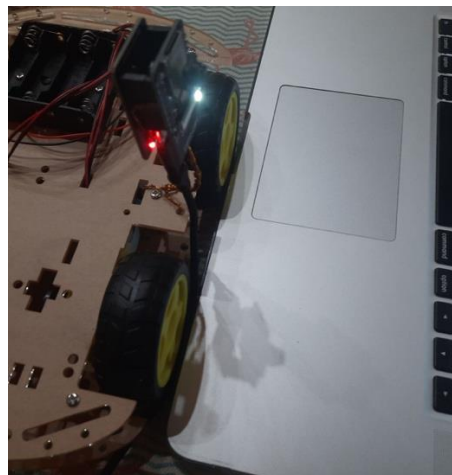


Рисунок 3.17 – Імітація додавання продукту

Після цього продукт додається до БД та виконується оновлення продуктів на сторінці (рис. 3.18).

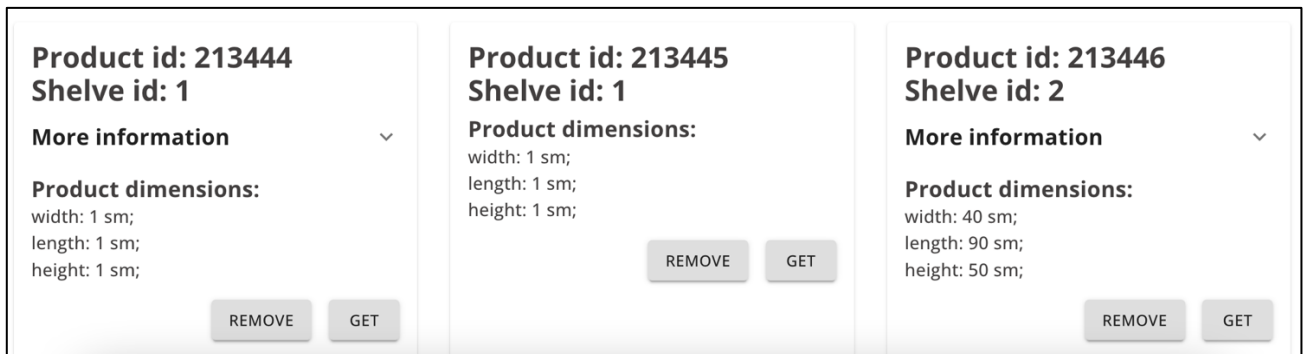


Рисунок 3.18 – Доданий до бази продукт з ідентифікатором 213446

Для отримання продукту необхідно натиснути кнопку “Get” (рис. 3.19).

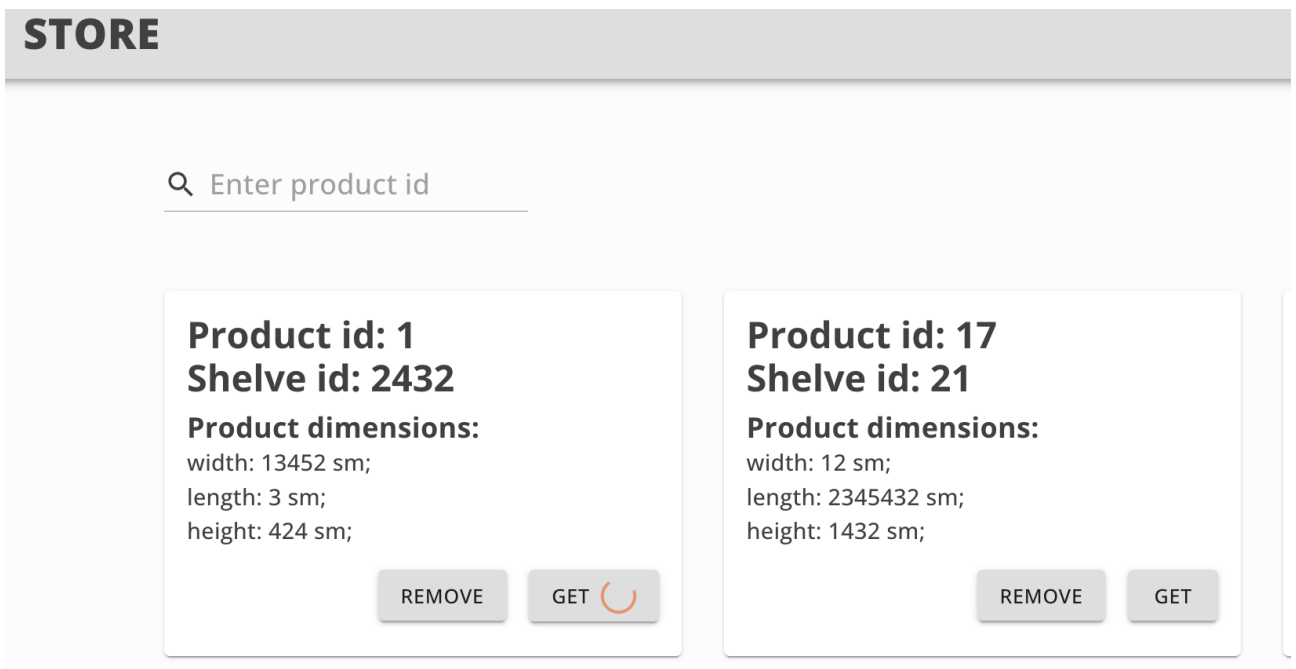


Рисунок 3.19 – Виконання запиту до емулятора робота

Після цього виконується сканування qr-коду. В моніторі порта Arduino IDE видна інформація про стан сканування та опис даних, уразі його успішного виконання. Процес сканування приведено на рисунку 3.20.

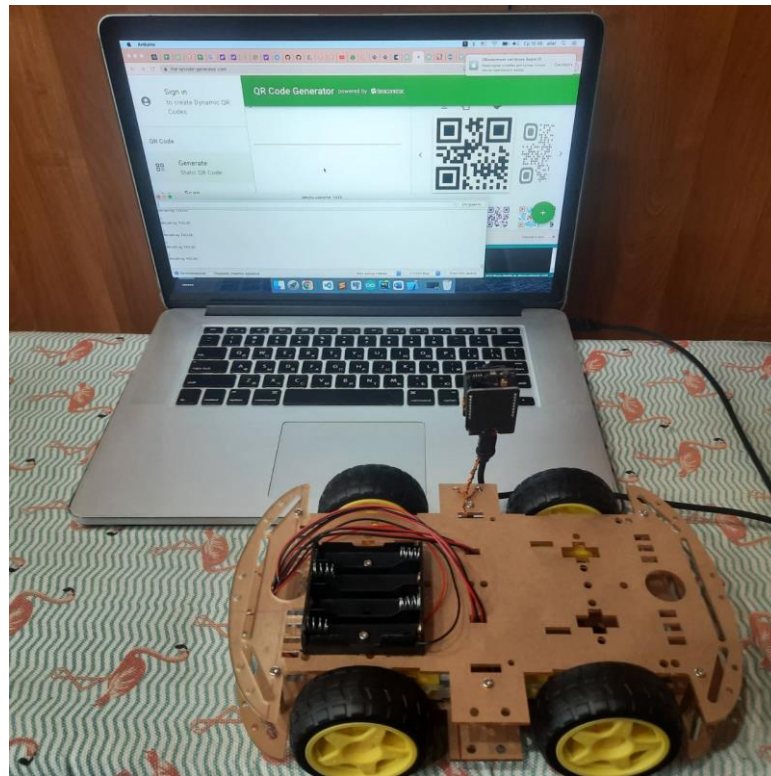


Рисунок 3.20 – Сканування qr-коду макетом робота

Після успішного сканування до браузера повертається повідомлення про успішне сканування (рис. 3.21).

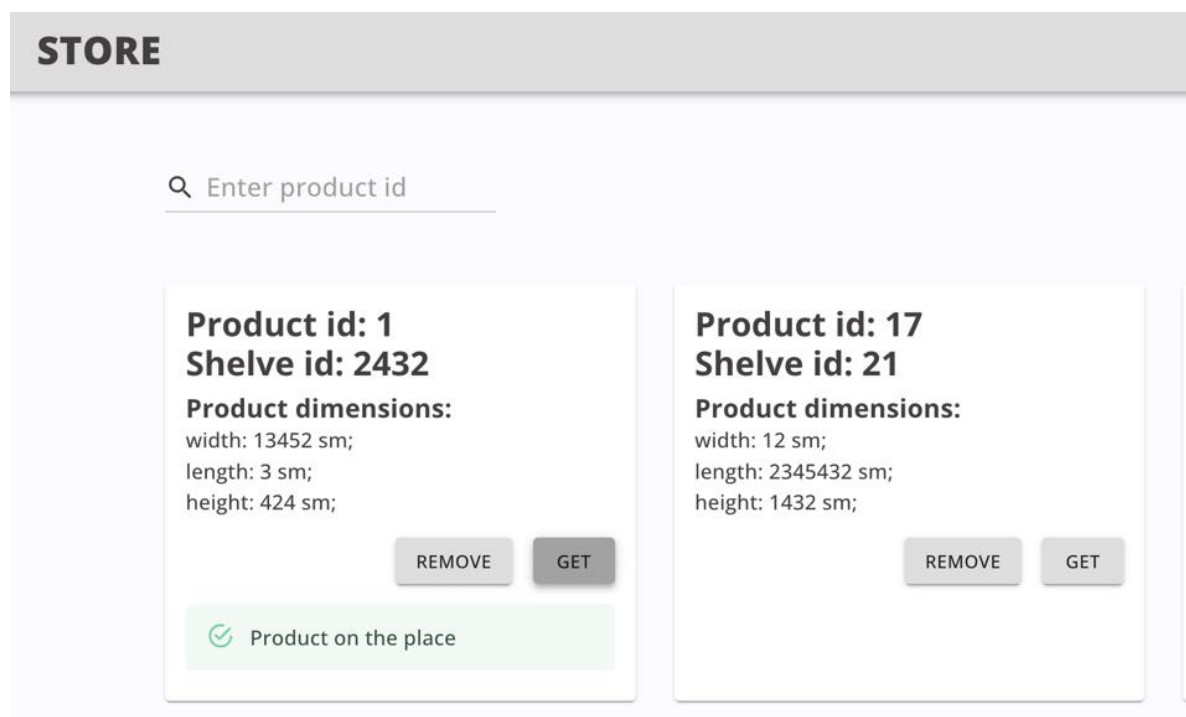


Рисунок 3.21 – Повідомлення про успішне виконання операції

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Охорона праці при розробленні автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві

Охорона праці є комплексом заходів, що спрямовані для уникнення ситуацій, які загрожують безпеці та здоров'ю людей під час виконання робіт. Охорона праці під час розроблення автоматизованої системи віддаленого управління роботизованим сховищем на виробничому підприємстві є набором заходів, що містять організаційні, медичні, технічні та інші заходи, спрямовані на попередження нещасних випадків, травм, небезпечних впливів, захист від шкідливих факторів, уникнення професійних помилок та забезпечення безпеки працівників під час розробки.

Важливим аспектом охорони праці є навчання працівників правилам безпеки, надання спеціального обладнання, надання споряджень індивідуального захисту тощо.

Розробка автоматизованих систем віддаленого управління - важливий етап для багатьох виробничих підприємств. Але, разом із перевагами з'являється і необхідність забезпечення безпеки та охорони праці для працівників, що працюють з даною системою.

Першим кроком для забезпечення безпеки під час розробки є виявлення можливих небезпек, що можуть виникнути під час розробки системи. До таких небезпек можуть відноситися:

– ризик удару током: при неправильному використанні або неправильному заземленні електричних компонентів системи, неправильній поведінці працівників, може виникнути ризик отримання електрошоку;

– загроза травм: робочі зони, де знаходяться продукти, що зберігаються можуть бути небезпечними для працівників;

- втрата даних або недоступність системи: несправність програмного забезпечення або неправильне зберігання даних у базі може призвести до втрати інформації або недоступності системи для користувачів;

- небезпечний вплив на зір під час розробки або рефакторингу додатків: при невиконанні правил безпеки роботи за комп'ютером, розробники можуть пошкодити своєму зору.

Після визначення потенційних загроз важно вжити відповідні заходи безпеки їх запобігання та зменшення кількості ризиків. Деякі з таких заходів можуть включати в себе:

- правильне заземлення електричних пристроїв: для уникнення ризику струмового удару важливо правильно заземлити електричні компоненти системи;

- надання захисних окуляр проти синього кольору;

- проведення навчання та інструктажу персоналу з правил безпеки при роботі з автоматизованою системою, платами та комп'ютерами; персонал повинен бути ознайомлений з потенційними небезпеками, правильною методикою роботи з системою і діями в разі виникнення аварійних ситуацій.

ВИСНОВКИ

Мета бакалаврської роботи є покращення керування логістикою на складах та підвищення рівня автоматизації і безпеки роботи складських приміщень на виробничих підприємствах. Під час виконання бакалаврської роботи, що базується на аналізі та дослідженні аспектів цієї сфери, було поставлено та виконано ряд наступних завдань:

- аналіз сучасного стану автоматизованих систем для віддаленого керування роботизованим сховищем;
- обрано інструментарій та виконано розробку макету системи, тобто макет робота, бази даних тощо;
- виконано реалізацію макету системи та складових.

Під час виконання роботи було виконано аналіз складських робіт та складських приміщень. У рамках аналізу була проведена класифікація складських приміщень та складських робіт.

Проаналізовано існуючі види програмних додатків, технології для розробки та необхідність середовищ розробки. Також було виконано аналіз клієнт-серверної архітектури, як основи багатьох додатків.

Розроблено програмний додаток з інтерфейсом керування та отримання даних звітності. Також розроблено структуру бази даних, яка зберігається у віддаленому сервісі.

Для повноцінного функціонування було використано макет складського робота – модуль esp32-sam з камерою та чотириколісною опорою та використано онлайн-сервіс генерації QR коду.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. К.: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 30 с.

2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 55 с.

3. Невлюдов І. Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов та інші. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017 р. – 444 с.

4. 10 найбільш ефективних програм складського обліку [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://yacurier.com/cases/10-samyh-effektivnyh-programm-skladskogo-ucheta/>. – 01.05.2024.

5. Візок електричний самохідний Staxx RPT254 [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://kozakplus.ua/products/transport-store-equipment/hand-pallet-truck/rpt-254>. – 02.05.2024.

6. Всередині роботизованого сховища Amazon [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://www.drapersonline.com/insight/analysis/inside-amazons-robot-run-warehouse>. – 02.05.2024.

7. Прогнозування заторів у флоті роботів [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://www.amazon.science/blog/predicting-congestion-in-fleets-of-robots>. – 02.05.2024.

8. В Китаї запущено повністю роботизоване сховище [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : https://logist.today/dnevnik_logista/2018-11-02/v-kitae-zapushhen-polnostju-robotizirovannyj-sklad/. – 03.05.2024.

9. Клієнт-серверна архітектура [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://training.qatestlab.com/blog/technical-articles/client-server-architecture/>. – 06.04.2024.

10. Каси складських приміщень: характеристики й відмінності [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://wareteka.com.ua/uk/blog/klassy-skladiv/>. – 17.04.2024.

11. Розробка ПЗ [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://smbsoft.com.ua/software-development/>. – 17.04.2024.

12. Автоматизовані роботи для складських робіт [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://vektor.us.ru/blog/robot-pogruzchik.html> – 05.04.2024.

13. Програмний каркас [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B0%D1%81. – 05.04.2024.

14. Робот-платформа 4х колісна двопалубна повнопривідна [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://arduino.ua/prod1908-robo-platforma-4-h-kolesnaya-dvuhpalubnaya-polnoprivodnaya>. – 06.04.2024.

15. Що таке QR код [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://www.the-qr-code-generator.com/whats-a-qr-code>. – 02.05.2024.