

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та  
мехатроніки  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Розроблення підсистеми обліку комплектуючих у комп'ютерно-інтегрованому  
технологічному процесі  
(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи КІТПВм-21-1

Аргунов М. О.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані  
технологічні процеси і виробництва

( повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Безкоровайний В. В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри КІТАМ

(підпис)

Невлюдов І. Ш.

(прізвище, ініціали)

2022 р.

*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.*

*«19» грудня 2022 р.*

*Аргунов М. О.*

## ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологійКафедра КІТАМРівень вищої освіти другий (магістерський)Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і повна назва)Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУстудентові Аргунову Максиму Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи «Розроблення підсистеми обліку комплектуючих у комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі»

затверджена наказом університету від «07» листопада 2022 р. № 1464 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії «20» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження – система керування запасами у комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі (КІТП). Предмет дослідження – підсистема обліку деталей КІТП. Предмет розробки – засіб обліку деталей. Функція – підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованого технологічного процесу за рахунок багатокритеріального синтезу підсистеми автоматизації обліку комплектуючих.4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Вступ. Огляд сучасного стану проблеми обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесах. Методи обліку деталей. Технології штрих-кодової ідентифікації. Постановка мети та задач кваліфікаційної роботи. Розробка проектних рішень підсистеми обліку деталей в КІТП. Математичні моделі та методи багатокритеріального вибору варіанту побудови підсистеми. Вибір обладнання за множиною показників. Комплектація апаратної частини підсистеми. Розробка програмної частини підсистеми. Розробка алгоритму роботи підсистеми. Вибір мови програмування. Програмна реалізація підсистеми. Розробка бази даних. Охорона праці. Висновки. Перелік джерел посилання. Презентація.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри): демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (\*.ppt) на аркушах формату А4 (14 сторінок).

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, аналіз завдання, уточнення плану роботи	01.09.22	Виконано
2	Аналіз сучасного стану проблеми обліку комплектуючих у технологічних процесах	08.09.22	Виконано
3	Огляд засобів маркування та обліку комплектуючих у технологічних процесах	15.09.22	Виконано
4	Розробка математичного забезпечення задачі	29.09.22	Виконано
5	Розробка програмного забезпечення задачі	13.10.22	Виконано
6	Проведення експериментальних досліджень	27.10.22	Виконано
7	Підготовка публікацій за результатами дослідження	10.11.22	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	30.11.22	Виконано
9	Подання закінченої роботи науковому керівникові	01.12.22	Виконано
10	Усунення зауважень наукового керівника	08.12.22	Виконано
11	Подання роботи на рецензування	12.12.22	Виконано
12	Підготовка презентації	16.12.22	Виконано
13	Попередній захист	17.12.22	Виконано
14	Подання роботи до екзаменаційної комісії	20.12.22	Виконано

Дата видачі завдання «01» вересня 2022 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ проф. Безкоровайний В. В.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 82 с., 4 табл., 23 рис., 2 дод., 37 джерел.

ВИРОБНИЧА СИСТЕМА, КОМПЛЕКТУЮЧІ ДЕТАЛІ,  
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,  
КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ, ПІДСИСТЕМА ОБЛІКУ.

Об'єкт дослідження – система керування запасами у комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі (КІТП).

Предмет дослідження – підсистема обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі.

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованого технологічного процесу за рахунок багатокритеріального синтезу підсистеми автоматизації обліку комплектуючих.

Методи дослідження – системний підхід, теорія прийняття рішень, сучасні інформаційні технології.

Результати роботи – розроблено компоненти технічного, математичного, інформаційного та програмного забезпечення підсистеми обліку комплектуючих у системі керування запасами комп'ютерно-інтегрованого технологічного процесу.

Отримані результати можуть використовуватися на підприємствах і в організаціях, де вирішуються задачі проектування чи реінжинірингу КІТП. Використання результатів дозволить підвищити ефективність комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесів за рахунок зменшення витрат на операції обліку комплектуючих.

Результати кваліфікаційної роботи апробовані на 2-х наукових конференціях.

## ABSTRACT

Explanatory note: 82 pages, 4 tables, 23 figures, 2 appendices, 37 sources.

PRODUCTION SYSTEM, COMPONENT PARTS, COMPUTER INTEGRATED TECHNOLOGICAL PROCESS, INVENTORY MANAGEMENT, ACCOUNTING SUBSYSTEM.

The object of the research is the inventory management system in the computer-integrated technological process (CITP).

The subject of research is the subsystem of accounting for details in a computer-integrated technological process.

The purpose of the qualification work is to increase the efficiency of the computer-integrated technological process due to the multi-criteria synthesis of the automation subsystem of the accounting of components.

Research methods – systematic approach, decision-making theory, modern information technologies.

The results of the work – the technical, mathematical, informational and software components of the component accounting subsystem in the stock management system of the computer-integrated technological process were developed.

The obtained results can be used at enterprises and organizations where the tasks of design or reengineering of the CITP are solved. The use of the results will allow to increase the efficiency of computer-integrated technological processes due to the reduction of costs for accounting operations of components.

The results of the qualification work were tested at 2 scientific conferences.

## ЗМІСТ

Перелік скорочень .....	9
Вступ.....	10
1 Огляд сучасного стану проблеми обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесах.....	12
1.1 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси як об'єкти керування.....	12
1.2 Задачі обліку деталей в системах керування виробничими процесами .....	16
1.3 Огляд методів обліку деталей .....	18
1.4 Технології штрих-кодової ідентифікації.....	25
1.4.1 Світлодіодні сканери .....	26
1.4.2 Лазерні сканери штрих-коду .....	27
1.4.3 Іміджеві сканери штрих-коду .....	29
1.4.4 Класифікація сканерів штрих-коду за типом виконання.....	32
1.5 Опис технології обліку на основі обраного методу .....	38
1.6 Постановка мети та задач кваліфікаційної роботи .....	40
1.7 Висновки до першого розділу .....	41
2 Розробка проектних рішень підсистеми обліку деталей в комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі.....	43
2.1 Математичні моделі та методи багатокритеріального вибору варіанту побудови підсистеми .....	43
2.2 Вибір обладнання за множиною показників.....	48
2.3 Обґрунтування методу обліку деталей.....	50
2.4 Комплектація апаратної частини підсистеми .....	51
2.4.1 Сканер штрих-кодів GM65.....	52
2.4.2 Плата Arduino MKR 1000 WiFi .....	54
2.5 Висновки до другого розділу .....	57

3 Розробка програмної частини підсистеми обліку деталей .....	58
3.1 Розробка алгоритму роботи підсистеми .....	58
3.2 Вибір мови програмування .....	59
3.3 Програмна реалізація підсистеми.....	60
3.3.1 Налаштування параметрів сканера GM-65.....	60
3.3.2 Отримання даних зі сканеру .....	63
3.3.3 Підключення плати до мережі та встановлення зв'язку з сервером.....	65
3.3.4 Розробка бази даних.....	66
3.4 Висновки до третього розділу.....	69
4 Охорона праці .....	70
4.1 Заходи щодо боротьби з шкідливою дією ультразвуку на організм людини.....	70
4.2 Основні вимоги безпеки до виробничих процесів.....	72
4.3 Захист організму людини від перегріву та охолодження .....	73
4.4 Висновки до четвертого розділу .....	75
Висновки .....	76
Перелік джерел посилання .....	78
Додаток А Текст програми.....	83
Додаток Б Демонстраційний матеріал .....	93

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП – автоматизована система керування технологічним процесом.

КІТП – комп’ютерно-інтегрований технологічний процес.

ПЛК – програмований логічний контролер.

РСК – розподілена система керування.

САПР – система автоматизації проектування.

ТП – технологічний процес.

RFID (Radio Frequency Identification) – радіочастотна ідентифікація.

## ВСТУП

Характерною особливістю комп'ютерно-інтегрованих виробництв приладобудування, машинобудування, харчової промисловості тощо є широке використання сучасних індустріальних технологій для підрахунку і відстеження комплектуючих та готової продукції. Актуальна інформація систем обліку є основою для прийняття адекватних управлінських рішень з керування виробництвом.

Своєчасний і достовірний облік деталей у системах керування виробничими технологічними процесами (ТП) дає можливість простежувати та відновлювати інформацію щодо місця й умов виготовлення, використання чи місцезнаходження окремого виробу чи партії продукції. Реалізація такого обліку передбачає збір, зберігання та обробку великих обсягів інформації. Для цього створюються бази (банки) даних та відповідне спеціалізоване програмне забезпечення.

Найбільшого поширення для автоматизації завдань виробничого обліку на рівні технологічних процесів набули технологія штрихового кодування та метод автоматичної ідентифікації на її основі. Це обумовлює актуальність завдань розроблення та впровадження у виробничих ТП засобів обліку комплектуючих на основі технології штрихового кодування.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованого технологічного процесу за рахунок багатокритеріального синтезу засобу автоматизації обліку комплектуючих.

Об'єкт дослідження – система керування запасами у комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі (КІТП).

Предмет дослідження – підсистема обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі.

Досягнення сформульованої мети передбачає розв'язання множини таких завдань:

- виконати огляд і аналіз проблеми обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесах;
- сформулювати постановку мети та задач дослідження;
- сформулювати постановку задачі багатокритеріального синтезу підсистеми обліку комплектуючих у комп'ютерно-інтегрованому ТП;
- обрати базову технологію та засоби обліку комплектуючих для ТП комп'ютерно-інтегрованого виробництва;
- сформулювати постановку та обрати метод задачі розв'язання багатокритеріальної задачі вибору варіанту побудови підсистеми обліку комплектуючих;
- запропонувати метод комплектації технічних засобів підсистеми;
- обрати мову програмування та середовище розробки програми;
- створити програмне забезпечення підсистеми;
- спланувати, провести комп'ютерні експерименти, підтвердити працездатність розробки;
- розглянути питання безпеки життєдіяльності розробників системи;
- оформити пояснювальну записку кваліфікаційної роботи відповідно до рекомендацій [1] та вимог стандарту ДСТУ 3008:2015 [2].

Результати кваліфікаційної роботи оприлюднені на трьох наукових конференціях [3–4].

# 1 ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ОБЛІКУ ДЕТАЛЕЙ У КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

## 1.1 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси як об'єкти керування

У сучасних умовах глобальної автоматизації стало можливим позбавлення працівників від виконання операцій пов'язаних із повторенням однотипних дій, що вимагають від персоналу довготривалої концентрації та уваги. Виконання подібних операцій піддає працівника важким психологічним навантаженням, що надалі призводить до появи помилок у роботі та збільшення браку, а також провокує виникнення конфліктів у робочому колективі.

Основною метою впровадження систем автоматизації є підвищення рівня ефективності, мобільності та полегшення праці співробітників. Завдяки цим змінам зростає рівень конкурентоспроможності над ринком, йде потужне використання ресурсної бази. Автоматизація виробництва здійснюється в різних варіантах:

- часткова (автоматизації піддається лише деяке устаткування, яке виконує низку дій, недоступних чи складних людини);
- комплексна (охоплює виробничий ланцюг окремого цеху або вузла, що виконує ряд дій щодо вирішення певної задачі);
- повна (здійснюється перехід контролю та управління на спеціальне обладнання, що охоплює всі етапи виробництва та відбувається у разі стійкого та практичного режиму, а також коли умови праці вкрай небезпечні чи непосильні для працівника).

Для кращого визначення ступеня автоматизації слід враховувати особливості конкретного типу виробництва.

Автоматизації притаманна низка переважних показників, які повністю виправдовують зацікавленість підприємств у впровадженні автономних технологій у робочий процес [5]:

- зниження кількості працівників, які обслуговують обладнання;
- підвищення обсягу товарних одиниць, що випускаються на виробництві;
- зростання показників ефективності та успішності процесу виготовлення продукції;
- покращення якісних характеристик виробленого товару;
- зниження сировинної витрати;
- стабільне функціонування виробництва;
- забезпечення персоналу безпечних умов праці;
- зменшення кількості відходів;
- зниження витрат ресурсів з виробництва.

Технологічний процес є сукупністю послідовно виконуваних робіт та операцій разом з методами, технікою та умовами їх виконання, які забезпечують безперервність і ритмічність технології основного виробництва (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Класифікація сучасних технологій [5]

Основні функції, виконувані подібними системами: контроль і керування, обмін даними, обробка, нагромадження й зберігання інформації, формування сигналів тривоги, побудова графіків і звітів тощо.

Автоматизована система керування технологічними процесами (АСК ТП) – сукупність апаратно-програмних засобів, що здійснюють контроль і керування виробничими й технологічними процесами; підтримуючи зворотний зв'язок і

активно впливаючи на хід процесу при відхиленні його від заданих параметрів; забезпечуючи регулювання й оптимізацію керованого процесу.

Впровадження АСК ТП широко поширюються в різних секторах сферах виробничої діяльності. Усі АСК ТП діляться на три глобальні класи.

SCADA – диспетчерське управління і збір даних. Основне призначення системи – контроль і моніторинг об'єктів за участю диспетчера. У вузькому сенсі під терміном «SCADA» розуміють програмний пакет візуалізації технологічного процесу. У широкому розумінні – це клас автоматизованих систем керування технологічним процесом.

DCS – розподілена система керування (РСК). Це система керування технологічним процесом, що характеризується побудовою розподіленої системи вводу/виводу та децентралізацією обробки даних. РСК застосовуються переважно для керування неперервними і гібридними технологічними процесами. У першу чергу це стосується процесів, що тривають місяцями і навіть роками, при цьому зупинка процесу, навіть на короткочасний період, може привести до псування продукції, що виготовляється, поломки технологічного устаткування чи нещасних випадків.

PLC – програмований логічний контролер (ПЛК). У вузькому розумінні це – апаратний модуль для реалізації алгоритмів автоматизованого керування з використанням логічних операцій, таймерів, і (в деяких моделях) неперервне регулювання відповідно до заданого закону. У широкому розумінні під ПЛК розуміється клас систем. Хоча ПЛК може управляти компонентами системи, що використовуються в SCADA і DCS систем, вони часто є основним компонентом у структурах невеликих систем керування у багатьох галузях виробництва.

Автоматизація дозволяє вирішити ключові проблеми серійного та масового виробництва. Обладнання працює за заданою програмою, а персонал спостерігає за процесом, що відбувається.

Отже, головні завдання та переваги системи автоматизації:

– мінімізація людської участі у технологічних процесах. Інженер налаштує обладнання так, щоб воно запускалося у потрібний час і зупинялося за заданих

параметрів. У цьому випадку завдання оператора зведеться виключно до контролю та спостереження;

- можливість керування технологічними процесами у дистанційному режимі. Крім дистанційної роботи, це допоможе захистити систему від несанкціонованого доступу сторонніх людей шляхом впровадження персоніфікованих паролів;

- збір та збереження необхідної інформації про хід роботи обладнання. За рахунок спеціальних датчиків оператор не упустить необхідних відомостей про виробничі процеси. Система автоматично розпізнає, зафіксує та передасть усі параметри до баз даних;

- налаштування реакції на зміни чи помилкову роботу обладнання. Нештатні ситуації небажані, але можливі будь-якому виробництві. Коли у виробничому процесі відбудуться збої, відмови або найменші відхилення, система зможе їх розпізнати, сигналізувати оператору про аварійні та передаварійні ситуації, викликати автоматичне призупинення виконуваного завдання. Додатково всі відомості про помилки та несправності будуть внесені до баз даних для подальшого аналізу та попередження повторного виникнення;

- контролює облік споживаної електроенергії. У комерційних масштабах гостро постає питання раціональному витраті ресурсів, зокрема розумної економії. На основі системи автоматизованого управління лічильники даних зможуть зберігати інформацію онлайн та офлайн. У результаті компанія зможе розумно планувати та економно використовувати енергоресурси.

Основною проблемою під час роботи з автоматизації виробництв є проблема впровадження тих чи інших проектів, подальше налагодження процесів, контроль виконання поставлених завдань. Ефективне використання системи потребує відповідної організації, наявності зв'язків між безліччю елементів. Промислове мережеве обладнання є сполучною ланкою між датчиками, контролерами управління та виконавчими механізмами.

Для забезпечення працездатності системи, нормальної взаємодії потрібна

єдність стандартів взаємодії. Недоліками такого виду пристрою є аварійна працездатність мережі в результаті обриву сполучних магістралей. Для запобігання таким ситуаціям застосовують дублюючі канали зв'язку, топологію типу «кільце».

У результаті після впровадження АСУ ТП стане можливим зниження виробничих та трудових витрат, скорочення втрат робочого часу, вдосконалення виробництва та зниження собівартості продукції, що виробляється, продовження експлуатаційного періоду виробничого обладнання.

## 1.2 Задачі обліку деталей в системах керування виробничими процесами

В даний час багато підприємств використовують сучасні індустріальні технології для підрахунку, відстеження, контролю, сортування виробів на підприємствах. У цьому виникає низка завдань, які стосуються оперативного планування виробничого процесу. Для вирішення завдань оперативного планування та диспетчеризації на рівні виробничих цехів та діляниць необхідна наявність достовірної та своєчасної інформації про стан виробничого процесу. Зокрема, потрібна інформація про проходження деталей, що стосуються конкретних замовлень, за різними технологічними маршрутами.

Характерною особливістю комп'ютерно-інтегрованих виробництв є широке використання сучасних індустріальних технологій для підрахунку, відстеження, контролю, сортування комплектуючих і готової продукції. Інформація систем обліку є основою для прийняття управлінських рішень на різних рівнях керування виробництвом (рис. 1.2).

Облік деталей у системах управління виробничими процесами дає можливість простежити та відновити інформацію про умови виготовлення, використання чи місцезнаходження одиниці (партії) продукції у разі необхідності проведення аналізу причин виникнення невідповідностей, а також можливість встановити, у якій стадії виробництва чи експлуатації знаходиться виріб.



Рисунок 1.2 – Місце системи обліку в циклі керування виробництвом [6]

Особливо важливою є система обліку деталей за необхідності доопрацювання продукції у споживача, своєчасне вилучення готової продукції на складі та в пунктах її реалізації, при виявленні прихованих дефектів, які можуть призвести до загрози життю людей або великої матеріальної шкоди. Очевидно, що з огляду на великий обсяг інформації та великої трудомісткості повноцінне ведення такого обліку можливе лише за допомогою формування автоматизованого банку даних та використання для його ведення спеціалізованого програмного забезпечення. Автоматизоване введення даних у базу даних системи простежуваності здійснюється за допомогою спеціалізованих пристроїв для зчитування штрих-коду.

### 1.3 Огляд методів обліку деталей

Серед відомих зараз методів ідентифікації виробничих об'єктів розрізняють такі [7]:

- метод ідентифікації із використанням штрихового кодування;
- метод радіочастотної ідентифікації (RFID);
- метод магнітних міток.

Для цього доцільно використати автоматизовані системи та способи ідентифікації та обліку деталей при їх проходженні за технологічним маршрутом.

Метод ідентифікації з використанням штрихового кодування. Технологія штрихового кодування та метод автоматичної ідентифікації на її основі найбільш поширені завдяки своїй порівняльній простоті, надійності та відносній дешевизні. Відповідно до ГОСТ 30721-2000/ГОСТ Р 5129.3-99 «Автоматична ідентифікація. Кодування штрихове. Терміни та визначення», під штриховим кодуванням слід розуміти технологію автоматичної ідентифікації та збору даних, засновану на поданні інформації за певними правилами у вигляді надрукованих формалізованих комбінацій елементів встановленої форми, розміру, кольору, що відображає здібності та орієнтації для подальшого оптичного зчитування та перетворення на форму, необхідну її автоматичного введення в обчислювальну машину.

Таким чином, штрихове кодування – це спеціальний вид кодування інформації, орієнтований застосування систем автоматичної ідентифікації, використовують метод оптичного зчитування інформації. В основі штрихового кодування лежить принцип двійкової системи числення, що нагадує запам'ятовування інформації у вигляді послідовності двійкових цифр – 0 і 1.

Штрих-код, нанесений на упаковку або на самоклеючу етикетку товару (об'єкта ідентифікації та обліку), може бути рахований за допомогою спеціального пристрою-сканера штрих-коду. Сканеру при зчитуванні штрих-коду не потрібен безпосередній контакт із самим штрих-кодом; у залежності від

моделі сканера максимальна відстань може становити від 20 до 300 мм (промислові сканери можуть здійснювати зчитування штрих коду і з більшої відстані).

Виділяють два типи штрихових кодів – одномірні та двомірні. Одновимірний (лінійний) штрих-код можна зустріти на більшості товарів. Він є рядом прямокутних темних смуг, розділених світлими проміжками. Інформація в ньому міститься тільки в одному вимірі і може бути рахована звичайним однопроменевим сканером.

Найбільш відомими є наступні одновимірні штрих-коди [8]:

- UPC-12 (дванадцятирозрядний код, має наступну структуру: перша цифра коду – знак системи нумерації; п'ять цифр – номер виробника товару; наступні п'ять – код продукту; остання цифра є контрольною);

- EAN-8 (восьмирозрядний код, який використовується для нанесення на малогабаритні упаковки товарів та має таку структуру: перші три цифри – код країни-виробника товару; наступні чотири цифри – код продукту; остання цифра є контрольною);

- EAN-13 (тринадцятирозрядний код, має наступну структуру: перші три цифри – код країни-виробника товару; наступні чотири цифри – код підприємства-виробника; потім п'ять цифр – код продукту; остання цифра є контрольною);

- EAN-14 (чотирнадцятирозрядний код, укладений у прямокутний контур, має таку структуру: перші розряд відбиває специфіку упаковки товару; решта 13 розрядів відповідають коду EAN-13);

- Code 39 (код, що не має фіксованої довжини, в якому використовуються не тільки цифри, але й великі латинські літери, а також наступні сім знаків: "-", ".", "\$", "/", "+", "%", "пробіл");

- UCC/EAN-128 (сучасна версія коду Code 39, що дає найбільш повну інформацію про товар).

Двовимірний штрих-код містить інформацію по всій площині штрихового коду відразу у двох вимірах. У В даний час використовуються наступні двомірні

штрих-коди: Aztec Code, Code One, Data Matrix, Dot Code, MaxiCode, PDF417 та SuperCode. З їх використанням можна закодувати значно більший обсяг інформації, проте через складність роботи з ними і значну вартість обладнання вони поки не набули широкого поширення.

Існує два види двовимірних штрих-кодів: stacked liner (стекові) і matrix (матричні). Стікові штрих-коди є безліч лінійних кодів малої висоти, які розташовані один над одним. Прикладом стекового штрих-коду є код PDF417, який дозволяє зберігати до 2000 символів, а також код MicroPDF, створений на основі PDF417 і має обмежений набір розмірів символів.

Матричні двовимірні штрих-коди засновані на розташуванні темних квадратних елементів усередині матриці. Кожен елемент має певний розмір і його позиція кодує дані. Найбільшого поширення отримали матричні символики Datamatrix, Aztec, QRCode, MaxiCode та Aztec Mesa.

Незважаючи на перспективність двовимірного штрих-кодування, найчастіше на упаковках товарів використовується одновимірний штрих-код. Саме він застосовується для маркування більшості товарів та промислових виробів.

Крім того, що штрихове кодування використовується для ідентифікації готової продукції, його можна використовувати і у виробничих цілях. Зокрема, штрихове кодування знаходить застосування у меблевому виробництві, забезпечуючи можливості для ідентифікації окремих деталей, які стосуються конкретного замовлення. Це дозволяє, по-перше, відстежувати проходження деталей по технологічному маршруту (шляхом зчитування інформації штрих-коду в контрольних точках маршруту та передачі її в автоматизовану інформаційну систему підприємства) і, по-друге, автоматизувати контроль комплектності меблевих наборів, що постачаються споживачам у розібраному вигляді, за їх упаковці та відвантаженні.

З огляду на те, що в даний час проектування виробів здійснюється, як правило, з використанням тієї чи іншої спеціалізованої системи автоматизованого проектування і розрахунку (САПР), підготовка штрих-кодів для деталей виробів у конкретному замовленні може бути виконана за

допомогою спеціалізованого модуля, що входить до складу САПР.

Метод радіочастотної ідентифікації (RFID). Метод RFID є методом автоматичної ідентифікації об'єктів, при якому дані, записані в так звані транспондери, можуть бути зчитані за допомогою радіосигналів. Будь-яка RFID-система складається з пристрою і транспондера, який також називається RFID-міткою або RFID-тегом.

Більшість RFID-міток складається з двох частин. Перша частина являє собою інтегральну схему, призначену для зберігання та обробки інформації, включаючи модулювання та демодулювання радіосигналу, та деяких інших функцій. Друга частина є антеною для прийому та передачі радіосигналу.

Існує кілька способів класифікації RFID-міток та систем: за типом джерела живлення; за типом пам'яті; за робочою частотою; за виконанням.

За типом джерела живлення все RFID-мітки поділяються на пасивні й активні.

Пасивні RFID-мітки не мають вбудованого джерела енергії. Електричний струм, індукований в антені електромагнітним сигналом, що надходить від зчитувача, забезпечує достатню потужність для функціонування мікросхеми, виконаної за технологією CMOS і розміщеної в мітці, і передачі сигналу у відповідь, що містить ідентифікуючу інформацію.

Компактність RFID-міток залежить від зовнішніх антен, розміри яких багаторазово перевищують розміри чіпів і зазвичай визначають габарити міток. Залежно від вибраної частоти та розмірів антени, максимальна відстань для зчитування пасивних міток може становити від 10 см до декількох метрів. Мінімальна вартість пасивних RFID-міток зараз становить близько 5 центів за штуку.

RFID-мітки можуть виготовлятися не тільки з кремнію, але з напівпровідникових полімерних матеріалів; подібними розробками займаються кілька компаній по всьому світу. У промислових умовах полімерні мітки передбачається виготовляти методом прокатного друку подібно до того, як друкуються в даний час журнали та газети. Це дозволить суттєво знизити ціну на

полімерні мітки проти кремнієвими, тобто. зробити її порівнянною з ціною на друк звичайних етикеток зі штрих-кодами.

Пасивні RFID-мітки УВЧ (860-960 МГц) і НВЧ (2,4-2,5 ГГц) діапазонів передають сигнал методом модуляції відбитого сигналу несучої частоти – модуляція зворотного розсію. Антена зчитувача випромінює сигнал несучої частоти і приймає відбитий від мітки модульований сигнал. Пасивні мітки ВЧ діапазону передають сигнал методом модуляції навантаження сигналу несучої частоти.

Кожна позначка має ідентифікаційний номер. Пасивні мітки можуть містити енергонезалежну пам'ять EEPROM-типу, що перезаписується. Дальність дії міток становить 10-200 см (для міток ВЧ-діапазону) і 1-10 м (для міток УВЧ та НВЧ-діапазонів).

Активні RFID-мітки мають власне джерело живлення та незалежні від енергії зчитувача, тому вони можуть зчитуватися на далеких відстанях (до 300 м), мають більший об'єм пам'яті і більш надійні, оскільки можуть генерувати вихідний сигнал вищого рівня. Однак вони мають більші розміри та обмежений час роботи батарей.

За типом використовуваної пам'яті RFID-мітки поділяються на [9]:

– RO (дані записуються один раз при виготовленні RFID-мітки, які можна використовувати лише для ідентифікації);

– WORM (одноразовий запис, багаторазове читання) – крім унікального ідентифікатора подібні RFID-мітки містять блок одноразово записуваної пам'яті, яку надалі можна багаторазово читати);

– RW (подібні RFID-мітки містять ідентифікатор та блок пам'яті для читання/запису інформації. У цей блок дані можуть перезаписуватися багаторазово);

На відміну від технології штрихової кодування RFID-система, завдяки механізму дозволу колізій, може зчитувати кілька міток одночасно.

Для RFID-системи не потрібно прямої видимості, реєстрація міток проводиться автоматично при попаданні мітки в зону дії антени зчитувача RFID-

мітка може бути вбудована в середину кожної товарної одиниці.

На відміну від штрих-коду RFID-мітку важко скопіювати.

Мітки та зчитувачі RFID-системи не мають рухомих частин, тому вона може працювати досить тривалий період часу без технічного обслуговування.

RFID-системи добре підходять для роботи в забрудненому, жирному, сирому та жорсткому середовищі.

RFID-система працює дуже швидко, фактична пропускна здатність системи залежить від швидкості комунікації з комп'ютером. Загальна швидкість гарного прочитання однієї мітки становить від 30 мс до 100 мс.

У той же час технологія RFID має низку серйозних недоліків у порівнянні зі штриховим кодуванням, які роблять її застосування в меблевому виробництві в даний час економічно недоцільним. Зокрема це відносно висока вартість.

Переваги радіочастотної ідентифікації [9]:

– можливість перезапису (дані RFID-мітки можуть перезаписуватися і доповнюватися багато разів, тоді як дані на штрих-код не можуть бути змінені – вони записуються відразу під час друку);

– відсутність потреби у прямій видимості (RFID-зчитувачу не потрібна пряма видимість мітки, щоб рахувати її дані; мітки можуть читатися через упаковку, що уможливорює їх приховане розміщення; для читання даних мітці досить хоча б ненадовго потрапити до зони реєстрації, переміщаючись, зокрема, і досить великої швидкості; пристрою зчитування штрих-коду завжди потрібна пряма видимість штрих-коду для його читання);

– більша відстань читання (RFID-мітка може зчитуватися значно більшою відстанню, ніж штрих-код, та залежно від моделі мітки та зчитувача, радіус зчитування може становити до кількох сотень метрів);

– більший обсяг зберігання даних (RFID-мітка може зберігати значно більше інформації, ніж штрих-код, наприклад, на мікросхемі площею 1 см<sup>2</sup> може зберігатися до 10000 байт інформації, у той час як штрихові коди можуть вмістити 100 байт (знаків) інформації, для відтворення яких знадобиться площа розміром з аркуш формату А4);

– підтримка читання кількох міток (промислові зчитувачі можуть одночасно зчитувати безліч RFID-міток за секунду, використовуючи так звану антиколізійну функцію, при цьому пристрій зчитування штрих-коду може одночасно сканувати лише один штрих-код);

– зчитування даних мітки за будь-якого її розташування (з метою забезпечення автоматичного зчитування штрих-коду, комітети зі стандартів розробили правила розміщення штрих-міток на товарній та транспортній упаковці; до радіочастотних міток ці вимоги не належать; єдиною умовою є знаходження мітки у зоні дії зчитувача);

– стійкість до дії довкілля (існують RFID-мітки, що мають підвищену міцність і опір жорстким умовам робочого середовища, а штрих-код легко ушкоджується; у тих сферах застосування, де той самий об'єкт може використовуватися необмежену кількість разів, таких як ідентифікація контейнерів або зворотної тари, радіочастотна мітка виявляється більш прийнятним засобом ідентифікації, так її не потрібно розміщувати на зовнішній стороні упаковки, також пасивні RFID-мітки мають практично необмежений термін експлуатації;

– інтелектуальна поведінка (RFID-мітка може бути використана для виконання інших завдань, крім функції носія даних; штрих-код не програмуємо і є лише засобом зберігання даних);

– високий рівень безпеки (унікальне незмінне число-ідентифікатор, яке присвоюється мітці під час виробництва, гарантує високий ступінь захисту міток від підробки, також дані на мітці можуть бути зашифровані; радіочастотна мітка має можливість закрити паролем операції запису та зчитування даних, а також зашифрувати їх передачу; в одній мітці можна одночасно зберігати відкриті та закриті дані).

Недоліки радіочастотної ідентифікації [10]:

– вартість системи вища за вартість системи обліку, заснованої на штрих-кодах;

– складність самостійного виготовлення (штрих-код можна надрукувати

на будь-якому принтері);

- схильність до перешкод у вигляді електромагнітних полів;
- недовіра користувачів, можливості використання її збору інформації про людей;
- встановлена технічна база для зчитування штрих-кодів значно перевищує обсягом рішення з урахуванням RFID;
- недостатня відкритість вироблених стандартів.

Метод магнітних міток. Магнітна ідентифікація – це картки з магнітною смугою, на яких закодована необхідна інформація (облік роботи водіїв, відпуск палива, видача матеріальних цінностей).

Магнітна ідентифікація зараз використовується для проїзних квитків у метрополітені. На картці з магнітною смугою закодована інформація про термін придатності квитка, кількість максимально допустимих і поїздок, що залишилися. Зчитувальний пристрій турнікету зніме дані з магнітної смуги і, залежно від їх змісту, почне працювати той чи інший пристрій.

Магнітні картки можуть використовуватись і для інших цілей – обліку роботи водіїв, відпустки палива, видачі матеріальних цінностей тощо.

За кордоном на транспорті досить широко використовуються засоби штрихової ідентифікації в основному для вирішення завдань обліку руху (прихід, догляд) різних об'єктів (товари, послуги, матеріальні цінності).

#### 1.4 Технології штрих-кової ідентифікації

В рамках технології штрихової ідентифікації використовують сканери штрих-кодів – пристрої, які забезпечують сканування штрих-кодів, переведення їх графічних елементів в цифрові послідовності, декодування даних, перевірку якості зчитування та передачу отриманої інформації в комп'ютери, касові термінали тощо.

Лазерна, Linear Image, Area Image – всі ці технології сканування штрих кодів широко представлені на ринку і, безсумнівно, мають свої переваги, так і

недоліки, так як кількість сфер їхнього застосування є досить широкою. І саме знання нюансів технологій і дозволяє фахівцю підібрати оптимальну у кожному випадку модель сканера штрих-коду.

Класифікація сканерів штрих-коду за типом зчитувального елемента. За пристроєм зчитувального елемента сканери поділяють на [11]: світлодіодні (CCD); лазерні; іміджеві.

#### 1.4.1 Світлодіодні сканери

CCD-сканери з'явилися одними з перших. Для підсвічування штрих-коду в них використовуються світлодіоди, які створюють яскраву смугу розсіяного світла. Відбите світло збирається скляним дзеркалом і проектується на ПЗЗ матрицю. Відстань зчитування через значне розсіювання променя і невисоку роздільну здатність матриці не перевищує 15 см.

CCD-сканери – найпростіші сканери, в яких використовуються світлодіоди як джерело випромінювання. У контактних CCD-сканерах робочим елементом служить лінійка світлодіодів випромінювачів-приймачів – сканер просто підноситься до штрих-коду та зчитує код. За допомогою вбудованих світлодіодів, підсвічує штрих-код, відбите від штрих-коду світло потрапляє на дзеркало сканера і проектується на матрицю з ПЗЗ-елементів. Приклад CCD сканерів наведено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – CCD-сканери

Основні переваги CCD сканерів штрих-коду:

- сучасний CCD сканер вважає навіть штрих-код із мінімальною товщиною ліній у коді 0,1 мм (4 mil);
- швидкість сканування можна порівняти з лазерними аналогами;
- повна відсутність рухомих елементів у сканері дорівнює високій надійності;
- невисока вартість чудово вписується в системи з невисокими вимогами до швидкості сканування штрих-кодів.

Основні недоліки CCD сканерів штрих-коду:

- порівняно невелика дальність сканування (до 5-8 см);
- жорстко обмежена ширина сканування (сканер не в змозі вважати штрих-код який фізично ширший за його ПЗС-матрицю 8-10 см);
- високі вимоги до якості штрих-коду (зокрема, для його контрастності);
- складнощі, аж до неможливості сканувати штрих-код з криволінійної поверхні.

Проте, як було зазначено вище, не варто вилучати CCD сканер штрих-коду з розгляду: технологія за роки існування досягла відточеності та досконалості, а вартість пропонованих на ринку моделей недосяжно низька для будь-якої з конкуруючих технологій. Відмінна можливість заощадити, якщо передбачається вирішувати завдання з невеликими обсягами сканування штрих-кодів.

#### 1.4.2 Лазерні сканери штрих-коду

Лазерні сканери використовують технологію лазерного сканування, яка була винайдена на початку 70-х років, і з того часу практично не змінилася. Для підсвічування штрих-коду використовується лазерний діод. Світловий промінь розгортається подібно променю в променевій трубці кінескопа дзеркалом, що гойдається або обертається. Головна перевага лазерної технології – значна свобода дистанції зчитування штрихового коду. Деякі моделі сканерів

дозволяють зчитувати штрих-код з відстані до декількох метрів. Особливістю цієї технології є створення дуже тонкої лінії світла, яка ніби «вирізується» тонким лазерним променем. У зв'язку з цим виникають проблеми при зчитуванні погано продрукованих кодів – зіпсована ділянка коду може потрапити саме на шляху лазерного променя.

У найпоширеніших ручних лазерних сканерах штрих-коду це дзеркало здійснює коливальні рухи під впливом електромагнітного поля. У результаті лазерний промінь від діода потрапляє на дзеркало і, відповідно, відбивається від нього під різними кутами. У сучасних моделях швидкість коливань дзеркала сягає 100 циклів за секунду – тому оператор бачить суцільну яскраву лінію. Насправді, це «пляма» від лазерного променя дуже швидко «бігає» праворуч – ліворуч уздовж штрих-коду.

Той самий принцип відображення лазерного променя під різними кутами застосовується і в сканерах штрих-коду більш продуктивного настільного або класів, що вбудовуються. Але в них, для отримання лазерних скануючих ліній, застосовується дзеркало, що вже не коливається в електромагнітному полі, а ціла система дзеркал, що обертаються окремим двигуном. В результаті складної системи відображень, користувач бачить вже не один лазерний промінь, а сітку з 20 і навіть більше променів, що як би перетинається. Це потрібно для того, щоб оператор на касовому вузлі не витрачав час на орієнтацію штрих-коду товару перед сканером – адже якийсь промінь із створеної сканером «сітки» обов'язково перетне штрих-код.

Приклад лазерного сканеру наведено на рис. 1.4.

Переваги лазерних сканерів штрих-коду:

- вузький лазерний промінь дозволяє зчитувати навіть штрих-коди, які розташовані в щільний стовпчик;
- як правило, лазерні сканери штрих-коду мають велику ширину сканування та використовуються при скануванні широких штрих-кодів;
- велика дальність сканування (від 15-30 см у простих моделях, до 10 і більше метрів у спеціалізованих моделях промислового класу).



Рисунок 1.4 – Лазерний сканер штрих-коду

Основні недоліки лазерних сканерів штрих-коду:

- присутність рухомих елементів в модулі, що сканує (пам'ятаємо про дзеркало або навіть систему дзеркал з дорогих моделях);
- у тій площині, де лазерний промінь перетинає штрих-код, його лінії не повинні бути пошкоджені;
- цілком не придатні для нормальної роботи з двовимірними типами штрих-кодів.

#### 1.4.3 Іміджеві сканери штрих-коду

В окрему групу можна виділити ручні фотосканери на базі технології Image. Вони є різновидом світлодіодних сканерів, і оснащені CCD-матрицею високої роздільної здатності – подібно до відеокамер або цифрових фотоапаратів. Image-сканери (або імідежери або фото-сканери) «фотографують» весь образ коду цілком і можуть читати навіть пошкоджені або потерті штрих-коди. Відмінною особливістю таких сканерів є те, що вони можуть сканувати крім звичайних лінійних кодів і двовимірні, а також зображення та електронний підпис.

Найсучасніша з технологій для зчитування лінійного штрих-коду, в якій

втілені ідеї обробки не безпосередньо штрих-коду, а його цифрового зображення. Цифровий фотографії штрих-коду, по суті.

Тільки на відміну від ще більш потужної AreaImage технології, Linear Image сканер штрих-коду робить не двомірний знімок всього штрих-коду, а лише одномірний знімок тієї його смуги, яка підсвічена світлодіодним підсвічуванням сканера. У цьому вони схожі на лазерні сканери штрих-кодів. Але ось можливостей сканування штрих-кодів поганої якості у Linear Image сканера більше: якщо в площині сканування потрапили неякісні штрихи, він автоматично відновить пошкоджене місце із зони трохи вище або нижче за сканування. Крім цього, в сканери штрих-коду даного класу встановлено спеціальне програмне забезпечення, що дозволяє їм як робити поліпшення якості знімка, так і проводити реконструкцію неякісного знімка самотужки. І все це за частки секунди: 200, 300 і навіть 700 сканувань в секунду вже не межа для Linear Image сканерів штрих-коду (проти 50-100 сканувань у лазерних сканерах штрих-коду).

Приклад іміджевого сканеру Linear Image наведено на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Linear Image сканер

Переваги Linear Image сканерів штрих-коду:

– висока швидкість сканування (до 270 скан/сек, що швидше світлодіодного сканера в 1,5 рази та лазерного сканера в 6 разів);

- поліпшене зчитування неякісних штрих-кодів;
- покращена робота в умовах складного освітлення (від повної темряви до яскравого світла);
- цілком відсутні рухливі механізми в сканері;
- висока надійність та доступні всі сучасні інтерфейси;
- зчитування коду на відстані.

Недоліки Linear Image сканерів штрих-коду:

- не підходять для сканування двовимірних штрих-кодів;
- важкі в роботі, якщо штрих-коди невеликої висоти і розташовані щільним стовпчиком, так як смуга засвітлення товщі, ніж у лазерних сканерів.

Найсучасніша і, одночасно, найпотужніша з технологій зчитування штрих-кодів. Справа в тому, що, купуючи Area Image сканер штрих-коду, ви отримуєте абсолютно універсальний пристрій, який можна використовувати як для зчитування лінійних штрих-кодів, так і для двовимірних (або матричних) типів штрих-кодів, а також розпізнавання OCR шрифтом або використовувати його просто як пристрій захоплення зображення.

Сканер штрих-коду такого типу, по суті, використовує технологію фотоапарата. Тільки дуже високошвидкісного: в режимі зчитування сканер робить цифровий знімок штрих-коду повністю, автоматично розпізнає на отриманому зображенні штрих-код і розшифровує його. І все це швидше, ніж людина встигне моргнути.

Переваги Area Image сканерів штрих-коду:

- неважливий тип штрих-коду (лінійний або двовимірний);
- неважливо, під яким кутом штрих-код піднесений до сканера – на підсумковому «знімку» сканер все одно розпізнає його;
- сучасний Area Image сканер штрих-коду самостійно підвищує різкість отриманих зображень штрих-кодів (за допомогою вбудованого підсвічування компенсує недоліки або надмірність освітлення у приміщенні);
- дуже надійні в експлуатації, оскільки в модулі, що сканує, відсутні рухливі механізми.

#### 1.4.4 Класифікація сканерів штрих-коду за типом виконання

За типом виконання сканери поділяються на такі групи:

- ручні;
- стаціонарні;
- комбіновані.

Ручні сканери штрих-коду. Сама назва «ручні» говорить про те, що для зчитування штрих-коду цим сканером його необхідно взяти в руки і піднести до штрихового коду. Такі сканери зазвичай використовуються там, де не потрібна висока продуктивність сканування, або якщо сканований штрих-код нанесений на великогабаритні предмети (товари).

Приклад ручного сканеру наведено на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Ручний сканер штрих-кодів

Стаціонарні сканери штрих-коду. Стаціонарні сканери на робочому місці встановлюються або вертикально на стійці (вертикальні проекційні сканери), або вбудовуються в стіл (вбудовані сканери). Для сканування таким сканером штрих-код необхідно помістити в область зчитування. Стаціонарні сканери мають кілька площин сканування. Скануюча область багатоплощинних сканерів являє собою сітку з променів, що перетинаються під різним кутом, яка зчитує штрих код незалежно від його орієнтації щодо сканера, що збільшує швидкість

сканування коду.

Існують також біоптичні стаціонарні сканери, які є інтеграцією горизонтального і вертикального сканерів. Перевага даного пристрою в тому, що касиру немає необхідності повертати штрих-код товару «обличчям» щодо сканера, зчитування штрих-коду може здійснюватися з шести сторін.

Приклад стаціонарного сканера наведено на рис. 1.7.

Таким чином, швидкість роботи при використанні біоптичного сканера значно збільшується.

Комбіновані сканери штрих-коду. По суті комбінований сканер – це ручний сканер, який встановлюється на підставці. Як правило, більшу частину часу такий сканер використовується як стаціонарний (тобто до нього підноситься штрих-код). Але якщо необхідно сканувати штрих-код на габаритному товарі (предметі), сканер знімається з підставки і підноситься до штрих-коду. Комбіновані сканери можуть бути лінійними та багатоплощинними.



Рисунок 1.7 – Стаціонарний сканер штрих-коду

За способом підключення сканера до комп'ютера сканери ділять на:

- провідні;
- бездротові;

– дотові сканери підключаються до комп'ютера через стандартні інтерфейси RS232, PS/2, USB, а також може використовуватися власний роз'єм та інтерфейс виробника.

Бездротові сканери найчастіше використовують стандарти бездротової передачі даних Bluetooth або Wi-Fi або власні стандарти виробників. Існують і інші технології бездротової передачі даних, які не набули широкого поширення.

За типом зчитуваного штрих-коду сканери ділять на:

- лінійні;
- двовимірні.

Лінійні сканери штрих-коду зчитують тільки лінійні коди. Двовимірні сканери підтримують як лінійні, так і двовимірні штрихові коди.

Різні види штрих-кодів застосовують підприємства практично у всіх найбільших сферах сучасної економіки – торгівлі, промисловості, логістиці та інших, де потрібна ефективна автоматизація обліку товарів та матеріалів. Застосування штрих-кодів – процедура, яка у ряді випадків не просто виправдана, але й безальтернативна з точки зору організації конкурентоспроможного виробництва. Важливо при цьому вибрати правильний тип штрих-коду та підібрати відповідні технічні засоби для його нанесення та обробки.

Штрих-код – це графічне зображення (як правило, що є поєднанням чорних і білих смуг або схожих на них графічних елементів), в якому відповідно до того чи іншого стандарту кодуються текстові або числові дані. Сам собою код – не «секретний» і може бути будь-якої миті «дешифрований» загальнодоступними методами.

Якщо немає штрих-коду – з якого зашифровані дані зчитуються автоматично, то відповідні дані підлягають обробці людиною вручну. У різних цілях – в рамках товарного, складського, бухгалтерського обліку, при побудові логістичних маршрутів, реалізації маркетингових завдань – може знадобитися обробка даних, що вимірюються в тисячах мегабайт. Людина з такою обробкою просто не впорається (або наробить помилок). Машина – скануючий код і

обробна дані – впорається запросто.

Таким чином, штрих-код – це, перш за все, засіб автоматизації обробки даних. У свою чергу вони можуть бути дуже різними. Для шифрування одних може при цьому найкраще підходити один тип штрих-коду, а для інших зовсім інший.

Загальнопоширена класифікація штрих-кодів на такі основні різновиди:

- одномірні чи лінійні;
- двовимірні.

Одновимірні штрих-коди. Одновимірний або лінійний штрих-код – це той самий відомий всіма поширений код з «смужками». Його призначення – шифрування певної послідовності цифр, іноді – і букв також. У багатьох випадках дана послідовність вказується безпосередньо під самим кодом - і може бути використана при ручному введенні даних (якщо автоматичне розшифрування коду з яких-небудь причин неможливе - наприклад, тому, що сканером не вдалося вважати код).

Приклади лінійних штрих-кодів наведено на рис. 2.8.

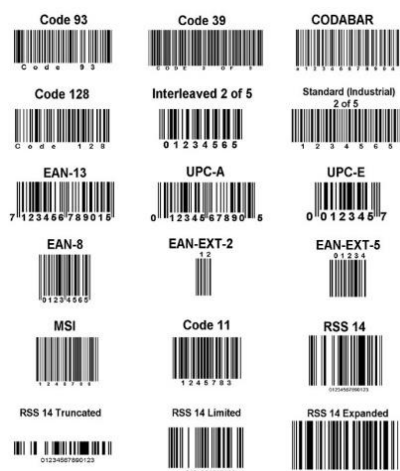


Рисунок 1.8 – Різновид лінійних штрих-кодів

До найпопулярніших стандартів кодування за допомогою одновимірних кодів можна віднести [12]:

- EAN-13 та EAN-8;

- UPC;
- GS1-128;
- Code 128;
- ITF-14;
- Codabar;
- код 39.

У складі коду є спеціальні кутові мітки та прикордонні поля – які «показують» сканеру, що за код він зчитує. У деяких випадках код може доповнюватись додатковим ідентифікатором товару (що складається з 2 або 5 цифр), який також записується в окремий штрих-код. Друкується зазвичай праворуч від основного.

У коді EAN-8 – скороченої версії коду EAN-13, присутні [12]:

- ідентифікатор країни-виробника;
- код виробника;
- контрольне число.

Двовимірні штрих-коди. Двовимірний штрих-код – той, у якому дані можуть бути зашифровані не тільки в «лінію», а й у поперечному напрямку. До складу коду можуть входити різні елементи і фігури. Ця особливість дозволяє зашифрувати в двовимірному штрих-кодi незрівнянно більший обсяг інформації в порівнянні з тим, який може бути закодований в кодi одновимірному.

До найпоширеніших видів двовимірних штрих-кодів відносяться:

- QR-код;
- код DataMatrix;
- код Aztec.

Приклади двовимірних штрих-кодів наведено на рис. 1.9.

QR-код належить до найбільш універсальних. Легко впізнаємо за наявності квадратів на правому та лівому верхніх та лівому нижньому кутах. Найбільш примітна його особливість полягає у пристосованості до сканування за допомогою загальнодоступних мобільних гаджетів. За допомогою коду можуть бути зашифровані практично будь-які текстові чи числові дані, включаючи

рекламні (у тому числі персоніфіковані).

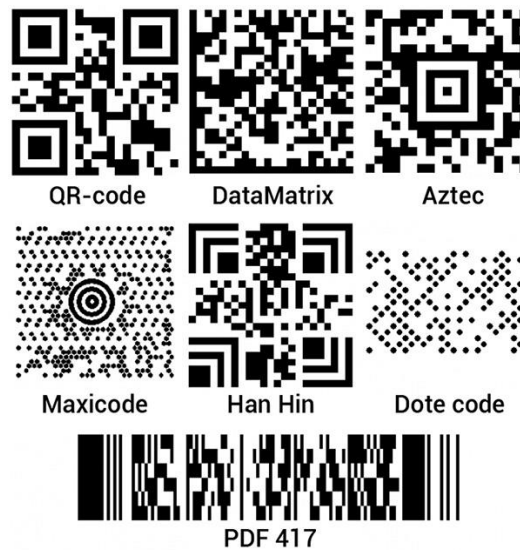


Рисунок 1.9 – Двовимірні штрих-коди

Теоретично в QR-код можна «защити» навіть найпростіші файли, що виконуються. Код містить алгоритми корекції помилок (тобто автоматичного «доведення» спотвореної інформації до потрібних параметрів при пошкодженні коду або складних умовах сканування). Але ці алгоритми тим більше складно застосовувати, чим більший обсяг даних зашифровано за допомогою коду. Оптимальне шифрування до 2-3 КБ даних за достатнього рівня корекції помилок.

Код DataMatrix обраний як основний для ідентифікації товарів у рамках системи маркування. Легко впізнається по двох безперервних перпендикулярних смугах – на нижній та лівій бічній частині. За своїми можливостями, загалом, відповідає QR-коду. Має той самий оптимальний показник для забезпечення гарного рівня захисту від помилок – близько 2-3 КБ.

Код Aztec належить до найефективніших з погляду пристосованості до корекції помилок. Легко впізнається по квадратному «очі» у самому центрі, навколо якого «напиляно» різні графічні елементи із зашифрованими даними.

Код Aztec у багатьох випадках добре сканується навіть під великим кутом: сканер, бачачи квадратне «око», легко орієнтується по ньому. Але крім «очі», код включає багато інших засобів орієнтації. Необов'язково розміщувати код на

значній відстані від краю поверхні (як у більшості інших кодів) — воно може бути мінімальним. Формат Aztec захищений патентом, але код може застосовуватися зацікавленими особами без обмежень.

В цілому, всі три типи двовимірних кодів, розглянуті вище, дуже схожі один на одного. І тому можуть розглядатися як взаємозамінні: за відсутності в тих чи інших випадках можливості застосовувати якийсь із них зацікавлена особа може без проблем перейти на альтернативний код – який за ключовими характеристиками не поступиться першому [13].

### 1.5 Опис технології обліку на основі обраного методу

Розглянемо процес формування штрих-коду з урахуванням особливостей замовного промислового виробництва. Прийом замовлень на виготовлення виробів виконується з використанням спеціальної програми, що автоматизує цю процедуру. Цією програмою формується інформація про замовлення, що включає номер замовлення, номери (коди) виробів, представлених у замовленні, коди матеріалів, використання яких передбачається при виготовленні деталей конкретних виробів.

Для кожної деталі потрібні такі дані:

- номер замовлення;
- код виробу;
- код деталі;
- код матеріалу основи для деталі (для однотипних матеріалів, що мають різні розміри, визначаються різні коди);
- код облицювального матеріалу для лицьової сторони деталі;
- код облицювального матеріалу для зворотної сторони деталі;
- код матеріалу для облицювання краю деталі.

В результаті виконання автоматизованої процедури прийому замовлення формується повна інформація про замовлення, необхідна для його реалізації.

За наявності єдиної автоматизованої системи управління виробничою

інформацією на підприємстві в штрих-кодi деталі достатньо представити дані, однозначно ідентифікують саму деталь, яка відноситься до конкретного замовлення. Інша інформація міститься в базі даних і може бути автоматично отримана при зчитуванні штрих-коду деталі або за запитом оператора на робочому місці.

Наприклад, штрих-код деталі може містити дані про номер замовлення, виріб, розмір, деталь. Восьмирозрядний номер замовлення є складовим, оскільки крім власне номера замовлення він містить також і номер комп'ютера (два або три десяткових розряду). Саме ця особливість дозволяє забезпечити унікальність повного номера замовлення при територіально (географічно) розподіленому прийомі замовлень на виготовлення. На комп'ютерах системи нумерація замовлень починається з 1 і виконується автоматично, при цьому кожен комп'ютер має свій унікальний номер у межах мережі меблевих салонів, що здійснюють прийом індивідуальні замовлення.

Отже, даний спосіб забезпечує унікальність повного номера замовлення та його автоматичне послідовне зростання.

Таким чином, оснастивши найбільш важливі виробничі ділянки сканерами штрих-коду, підключеними до автоматизованої системи ідентифікації та обліку меблевих деталей, можна оперативно отримувати інформацію про проходження деталей, що належать до тих чи інших замовлень, технологічних маршрутів. Це також дозволить знизити витрати, пов'язані з втрат деталей на маршрутах, і перевірити комплектність виробів при їх збиранні або відвантажування замовлень споживачам. В якості виробничих ділянок, для яких потрібне оснащення обладнанням для роботи зі штрих-кодами, можна виділити наступні:

- виробничий відділ (принтер для друку етикеток зі штрих-кодами для деталей замовлень, включених до змінного завдання);
- ділянка розкрою матеріалів (сканер штрих-коду для зчитування інформації про матеріал, що поступив на розкрій);
- багатофункціональні центри (сканери для ідентифікації та обліку заготовок деталей при проходженні технологічним маршрутом);

– ділянка складання виробів та упаковки деталей для виробів, що постачаються в розібраному вигляді (сканер для ідентифікації деталей та перевірки комплектності замовлення).

Таким чином, використання системи штрихового кодування на виробництві дозволяє швидко знаходити неполадки та своєчасно усувати їх, контролювати виконання поточного плану виробництва.

Після зчитування штрих-коду оператором верстата програма обробки деталі автоматично завантажується в верстат з бази даних, що значно скорочує час підготовки до початку роботи.

Безумовно, величезною перевагою використання такої системи є вирішення проблеми контролю коректності відвантаження готової продукції клієнту. Вироби сканують при упаковці, що дозволяє усунути помилку влучення деталей. Пакет з інших замовлень, а також виключити можливість відправки неповної комплектації клієнту.

## 1.6 Постановка мети та задач кваліфікаційної роботи

Проведені огляд та аналіз сучасного стану проблеми обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесах показав, що найбільшого поширення для автоматизації набули технологія штрихового кодування та метод автоматичної ідентифікації на її основі. Це обумовлює актуальність завдань розроблення та впровадження у виробничих ТП систем обліку комплектуючих на основі технології штрихового кодування. При цьому такі системи можуть мати різні варіанти структур і параметрів їх елементів, а вибір найкращого серед них здійснюється за множиною функціональних і вартісних показників.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованого технологічного процесу за рахунок багатокритеріального синтезу засобу автоматизації обліку комплектуючих.

Об'єкт дослідження – система керування запасами у комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі (КІТП).

Предмет дослідження – підсистема обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі.

Досягнення сформульованої мети передбачає розв'язання множини таких завдань:

- виконати огляд і аналіз проблеми обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесах;
- сформулювати постановку мети та задач дослідження;
- сформулювати постановку задачі багатокритеріального синтезу підсистеми обліку комплектуючих у комп'ютерно-інтегрованому ТП;
- обрати базову технологію та засоби обліку комплектуючих для ТП комп'ютерно-інтегрованого виробництва;
- сформулювати постановку та обрати метод задачі розв'язання багатокритеріальної задачі вибору варіанту побудови підсистеми обліку комплектуючих;
- запропонувати метод комплектації технічних засобів підсистеми;
- обрати мову програмування та середовище розробки програми;
- створити програмне забезпечення підсистеми;
- спланувати, провести комп'ютерні експерименти, підтвердити працездатність розробки;
- розглянути питання безпеки життєдіяльності розробників системи.

## 1.7 Висновки до першого розділу

За результатами огляду й аналізу сучасного стану проблеми обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесах для реалізації системи перевага була віддана технології штрихового кодування. Визначальними факторами при виборі цієї технології визнано її достатньо високу надійність та відносну дешевизну.

Використання системи штрихового кодування у промисловому комп'ютерно-інтегрованому виробництві дозволить забезпечити ідентифікацію

та облік предметів праці на всьому протязі технологічного маршруту. Можливість простеження руху предметів праці за технологічним маршрутом дозволить відшукувати в ньому «вузькі місця», своєчасно вживати заходів щодо їх усунення, контролювати виконання поточного плану виробництва, що, зрештою, сприятиме більш ритмічному виконанню виробничого процесу.

## 2 РОЗРОБКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ПІДСИСТЕМИ ОБЛІКУ ДЕТАЛЕЙ В КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОМУ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

### 2.1 Математичні моделі та методи багатокритеріального вибору варіанту побудови підсистеми

При виборі та комплексуванні засобів штрихового кодування й ідентифікації враховується множина різнорідних показників: наведені витрати на придбання, монтаж та експлуатацію; точність ідентифікації деталей; надійність та живучість обладнання тощо. Кожен з показників може бути частковим критерієм оптимальності вибору  $k_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$  комплекту обладнання з множини допустимих  $x \in X$ .

Процес прийняття рішення щодо вибору найкращого варіанту комплектації обладнання системи обліку передбачає розв'язання множини задач [3–4]: формалізації мети; визначення універсальної множини варіантів побудови  $X^U$ ; визначення множини допустимих варіантів  $X \subseteq X^U$ ; визначення підмножини ефективних (недомінованих) варіантів  $X^K \subseteq X$ ; ранжирування варіантів  $x \in X^K$ ; вибору найкращого варіанту комплектації засобів кодування та ідентифікації  $x^o \in X^K$ .

Математичні моделі та методи розв'язання подібних задач багатокритеріальної оптимізації, включаючи ситуації неповної та інтервальної визначеності вхідних даних, детально розглянуті в роботах [14–28].

З використанням моделей кількісного оцінювання задача вибору найкращого варіанту побудови системи може бути зведена до задачі екстремізації функції узагальненої корисності (ФУК):

$$x^0 = \arg \text{extr}_{x \in X^K} P(x), \quad (2.1)$$

де  $P(x)$  – функція загальної корисності альтернативи  $x$ .

Моделі багатокритеріального оцінювання і вибору можна побудувати на основі таких основних ФУК [14]:

– адитивної:

$$P(x) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \bar{K}_i(x), \quad (2.2)$$

– мультиплікативної:

$$P(x) = \prod_{i=1}^m [\bar{k}_i(x)]^{\lambda_i}, \quad (2.3)$$

– адитивно-мультиплікативної:

$$P(x) = \gamma \sum_{i=1}^m \lambda_i \bar{k}_i(x) + (1 - \gamma) \prod_{i=1}^m [\bar{k}_i(x)]^{\lambda_i}, \quad (2.4)$$

де  $\gamma$  – адаптаційний параметр, що визначає вид схеми компромісу,  $0 \leq \gamma \leq 1$ .

При  $\gamma = 1$  реалізується адитивна схема (2.2), при  $\gamma = 0$  – мультиплікативна – (2.3);

$m$  – кількість часткових критеріїв;

$\lambda_i$  – коефіцієнти, що характеризують ступінь важливості часткового критерію  $k_i$ ,  $i = 1, m$ ;

$\bar{k}_i(x)$  – нормоване значення часткового критерію  $k_i(x)$  або значення його функції корисності:

$$\bar{k}_i(x) = \frac{k_i(x) - k_i^-}{k_i^+ - k_i^-}, \quad (2.5)$$

де  $k_i(x)$  – значення  $i$ -го часткового критерію для варіанта побудови системи  $x$ ;  
 $k_i^-$ ,  $k_i^+$  – найгірше й найкраще серед всіх варіантів побудови системи  
 значення часткового критерію  $k_i$ .

Як найбільш ефективну за показником «Точність-складність» для оцінювання варіантів побудови підсистеми обліку деталей обрано адитивну модель (2.2).

Відомо, що при великій кількості варіантів побудови підсистеми переважна більшість з них є неефективними [14, 22, 28–29]. Для звуження множини пошуку найкращого варіанту  $X$  визначимо підмножину ефективних (таких, що не поліпшуються, Парето-оптимальних) варіантів. Таку множину (підмножину) називають множиною компромісів (МК). Виходячи з цього, множину допустимих варіантів  $X$  можна подати об'єднанням підмножин

$$X = X^S \cup X^K, \quad (2.6)$$

де  $X^S$  – множина неефективних варіантів або згоди, будь-який варіант з якої може бути покращений хоча б за одним із показників (часткових критеріїв) без погіршення якості за іншими показниками;

$X^K$  – множина компромісів (Парето-оптимальних) варіантів, жоден з яких не може бути покращений одночасно за всіма показниками.

Виділення МК  $X^K$  є доцільним, оскільки дозволяє істотно скоротити час пошуку оптимального варіанту  $x^0$ . Крім того, після визначення варіанту  $x^0$  відпаде необхідність його перевірки на оптимальність як отриманого розв'язку задачі.

Точне визначення  $X^K$  є досить складною задачею, що розв'язується методами Карліна (для множин) і Гермейєра (для неопуклих множин) [28]. Для її спрощення можна використати попереднє визначення наближеної множини компромісів (НМК)  $X^P$ . Умовами коректності визначення НМК є вимога, щоб

НМК містила в собі множину компромісних варіантів:  $X^K \subseteq X^P$ , та простота її визначення [14, 28].

Виходячи з відносно незначної кількості можливих варіантів комплексування засобів розроблюваної підсистеми для визначення МК пропонується здійснюватися методом парних порівнянь. Нехай допустимі варіанти побудови підсистеми  $x_1, x_2, \dots, x_n$  складають  $X$  (або  $X^P$ ). Множина компромісів  $X^K$  складається тільки з варіантів, які не можуть бути покращені одночасно за всіма частковими критеріями.

Алгоритм формування МК полягає в порівнянні всіх можливих пар варіантів побудови підсистеми обліку  $x_i, x_j \in X^P$ , тобто  $x_1$  та  $x_2$ ,  $x_1$  та  $x_3, \dots, x_2$  та  $x_3$ ,  $x_2$  та  $x_4, \dots$ . За результатами порівнянь з подальшого розгляду видаляємо варіанти, які за всіма частковими показниками якості гірші за інші.

Обрані часткові критерії є суперечливими, мають різний фізичний сенс, різні розмірність та інтервали зміни. За наявності додаткової інформації щодо цінності кількісних значень показників варіантів побудови підсистеми  $x \in X$  в моделі (2.2) замість нормованих значень часткових критеріїв  $\bar{k}_i(x)$  (2.5) пропонується використовувати функції корисності часткових критеріїв (ФКЧК)  $\xi_i(k_i(x))$ .

ФКЧК мають бути монотонними і безрозмірними, мати інтервал зміни від 0 до 1, реалізувати як лінійні, так і нелінійні залежності від значень часткового критерію, їх найкращому значенню має відповідати 1, а найгіршому – 0 [14, 22, 25].

Виходячи з особливостей задачі оцінювання варіантів побудови підсистем обліку встановлено що, перерахованим вимогам найкраще відповідає ФКЧК виду [14, 22]:

$$\xi(k_i(x)) = \xi_i(x) = \left( \frac{k_i(x) - k_i^-}{k_i^+ - k_i^-} \right)^{\alpha_i}, \quad (2.7)$$

де  $\alpha_i$  – параметр, що визначає вид залежності для кожного з показників залежно від значення часткового критерію  $k_i(x)$  (при  $\alpha_i = 1$  – лінійна; при  $0 < \alpha_i < 1$  – опукла; при  $\alpha_i > 1$  – увігнута) (рис. 2.1).

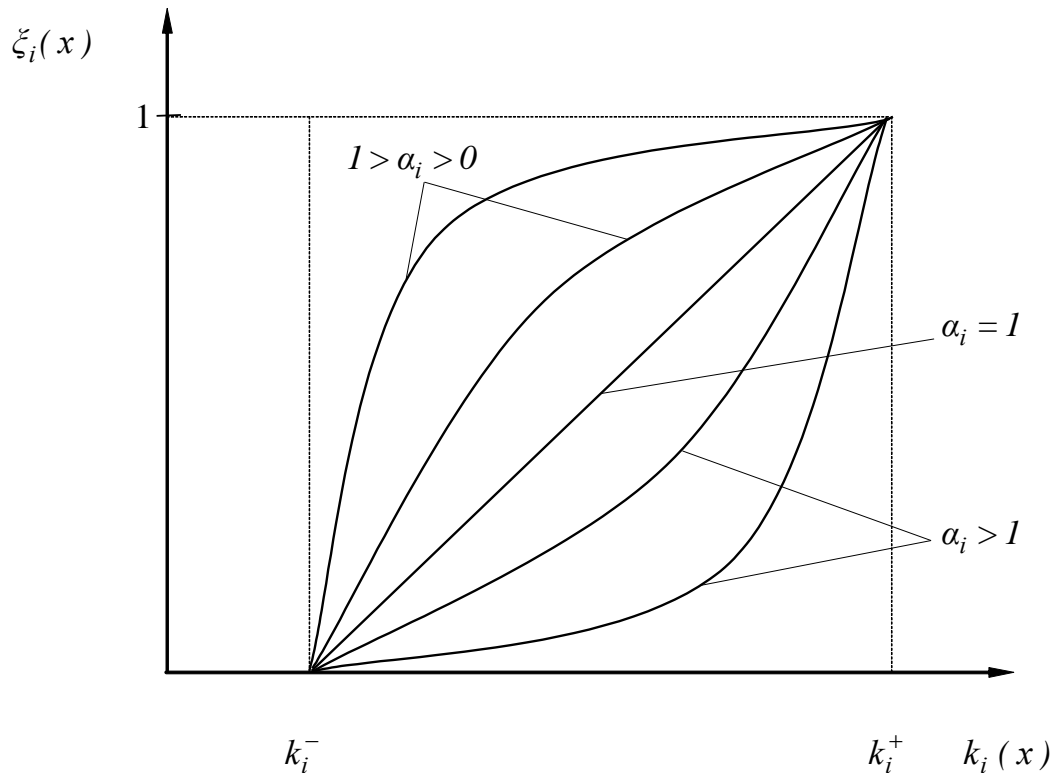


Рисунок 2.1 – Графіки ФКЧК (2.7) для часткових критеріїв  $k_i(x) \rightarrow \max$  [14]

Функція нормування значень часткових критеріїв  $\bar{k}_i(x)$  (2.5) є частковим випадком функції (2.7) при  $\alpha_i = 1$ .

Модель багатокритеріального оцінювання (2.2) і ФКЧК виду (2.7) змістовно є функціями належності розв'язків розмитій (нечіткій) множині «найкращий варіант побудови підсистеми».

Інформація, що описує ситуацію багатокритеріального вибору варіанту побудови підсистеми  $x^o \in X^K$ , на практиці може подаватися з неповною визначеністю. Наприклад особа, що приймає рішення, не може чітко визначити переваги між показниками точності, надійності та вартості підсистеми. У таких

ситуаціях пропонується використовувати моделі та методи вибору в умовах невизначеності [14, 22].

## 2.2 Вибір обладнання за множиною показників

Розглянемо приклад задачі вибору найкращого сканера з множини допустимих за множиною часткових критеріїв: швидкість сканування, скан/сек  $k_1(x) \rightarrow \max$ ; кут сканування, °  $k_2(x) \rightarrow \max$ ; ціна, грн.  $k_3(x) \rightarrow \max$  (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Вихідні характеристики сканерів

$x_j$	Назва	$k_1(x) \rightarrow \max$	$k_2(x) \rightarrow \max$	$k_3(x) \rightarrow \max$
$x_1$	Datalogic QuickScan I Lite QW2100	400	45	2200
$x_2$	IKC-5208	300	34	3600
$x_3$	IKC-3209	300	35	1672
$x_4$	Datalogic QBT2131 Quickscan Bluetooth	400	56	6500
$x_5$	Zebra LI2208	547	35	2370
$x_6$	Datalogic QuickScan Lite QW2420/QW2400	250	65	3050
$x_7$	Zebra LI4278	547	35	8190
$x_8$	Zebra LS1203 USB	100	30	2000
$x_9$	Generalscan GS R5000BT 1D	50	45	7199
$x_{10}$	DKT-7208 USB	100	30	1599

Для спрощення задачі вибору пронормуємо значення часткових критеріїв шляхом обчислення функцій їх корисності (2.7)  $\xi_i(x)$  при  $\alpha_i = 1$ ,  $i = \overline{1,3}$ . Попередньо обчислимо граничні значення часткових критеріїв  $\langle k_i^-, k_i^+ \rangle$ :

$$k_1^- = 50, k_1^+ = 547, k_2^- = 30, k_2^+ = 30, k_3^- = 8190, k_3^+ = 1599.$$

Обчислені значення ФКЧК  $\xi_i(x)$  при  $\alpha_i = 1, i = \overline{1,3}$  наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення функцій корисності варіантів за частковими критеріями

$x_j$	Назва	$\xi_1(x)$	$\xi_2(x)$	$\xi_3(x)$	$P(x)$
$x_1$	Datalogic QuickScan I Lite QW2100	0,7042	0,4286	0,9088	0,7345
$x_2$	IKC-5208	0,5030	0,1143	0,6964	0,5124
$x_3$	IKC-3209	0,5030	0,1429	0,9889	0,6191
$x_4$	Datalogic QBT2131 Quickscan Bluetooth	0,7042	0,7429	0,2564	0,5533
$x_5$	Zebra LI2208	1,0000	0,1429	0,8830	<b>0,8305</b>
$x_6$	Datalogic QuickScan Lite QW2420/QW2400	0,4024	1,0000	0,7799	0,6242
$x_7$	Zebra LI4278	1,0000	0,1429	0,0000	0,5214
$x_8$	Zebra LS1203 USB	0,1006	0,0000	0,9392	0,3790
$x_9$	Generalscan GS R5000BT 1D	0,0000	0,4286	0,1504	0,1169
$x_{10}$	DKT-7208 USB	0,1006	0,0000	1,0000	0,4003

Нехай особою, що приймає рішення, встановлені такі значення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв:

$$\lambda_1 = 0,5; \lambda_2 = 0,15; \lambda_3 = 0,35.$$

Обчислені значення узагальненої функції корисності  $P(x)$  (2.2) для всіх розглянутих моделей сканера  $x_j$ ,  $j = \overline{1,10}$  занесені в табл. 2.2.

Відмітимо, що варіанти  $x_2$ ,  $x_8$  та  $x_9$  належать до підмножини згоди та не можуть бути найкращими ні за яких умов.

Найкращим варіантом сканера для підсистеми обліку для визначених вимог є  $x^o = x_5$  Zebra LI2208.

Подібним способом обирається інше обладнання підсистеми і визначається її найкраща комплектація.

### 2.3 Обґрунтування методу обліку деталей

У промисловості поширені два способи оперативного обліку руху на виробництві:

- подетальний;
- подетально-поопераційний.

Вибір способу обліку залежить від низки факторів:

- типу виробництва;
- складності та номенклатури продукції, що виготовляється;
- порядку зберігання міжопераційних заділів;
- інших особливостей технології та організації виробництва.

На підприємствах з одиничним (індивідуальним) і серійним характером виробництва організовують подетально-поопераційний облік. Тут міжопераційний рух деталей контролюється за допомогою маршрутних листів, які відображають наявність і ступінь готовності окремих деталей і вузлів у межах кожного виробничого підрозділу.

По закінченні місяця кожен цех складає звіт про рух деталей у виробництві (баланс деталей), який містить дані про їх запуск у виробництво, надходження з інших цехів, центрального складу, передання на склад та до інших цехів, браку деталей під час обробки та залишки на початок і кінець місяця.

Найбільш значущими задачі автоматичної ідентифікації та обліку деталей є для систем оперативного планування виробничого процесу. Своєчасний і точний облік деталей у системах керування виробничими процесами дає можливість простежити та відновити інформацію про умови виготовлення, використання чи місцезнаходження одиниці (партії) продукції у разі необхідності проведення аналізу причин виникнення невідповідностей, а також можливість встановити, у якій стадії виробництва чи експлуатації знаходиться виріб.

З огляду на великий обсяг інформації та значної трудомісткості повноцінне ведення такого обліку можливе лише за допомогою формування автоматизованого банку даних та використання для його ведення спеціалізованого програмного забезпечення. Найбільшого поширення для завдань виробничого обліку завдяки своїй простоті, надійності та відносній дешевизні набули технологія штрихового кодування та метод автоматичної ідентифікації на її основі. За наявності єдиної автоматизованої системи управління виробничою інформацією на підприємстві в штрих-коді деталі достатньо представити дані, однозначно ідентифікують саму деталь, яка відноситься до конкретного замовлення. Інша інформація міститься в базі даних і може бути автоматично отримана при зчитуванні штрих-коду деталі або за запитом оператора на робочому місці.

#### 2.4 Комплектація апаратної частини підсистеми

Популярність штрих-кодів постійно зростає. Обсяги інформації, яку вони кодують, теж збільшуються. Тому двомірні штрих-коди все більше застосовуються в різних галузях. Відповідно майбутнє за двомірними сканерами штрих-кодів. Сканер одновимірні та двовимірні штрих-коди, у тому числі з екранів комп'ютерів та мобільних телефонів.

### 2.4.1 Сканер штрих-кодів GM65

Розглянемо сканер штрих-кодів, який дозволить проводити сканування товарів із відправкою результатів на сервер у мережі Інтернет та збереженням у базі даних. Він був обраний для інших вхідних умов по методиці, описаній в підрозділі 2.3.

Сканер штрих-коду GM65 ідентифікує продукт за його штрих-кодом. Потім ми відправляємо його через Wi-Fi на сервер, де вводимо його до бази даних. Цей пристрій дозволяє автоматизувати процес ідентифікації та інвентаризації деталей, виробів, товарів тощо.

Сканер штрих-кодів GM65 – це цифрова камера і модуль обробки зображень (рис. 2.2, табл. 2.3). Він має алгоритм, який розпізнає штрих-коди та QR-коди в полі зору камери, і якщо йому не вистачає зовнішнього освітлення, включається вбудоване світлодіодне підсвічування.



Рисунок 2.2 – Сканер штрих-кодів GM65

Таблиця 2.3 – Характеристики сканера штрих-кодів GM65

№ п/п	Назва параметра	Значення
1	Технологія	CMOS
2	Довжина хвилі променя	617nm LED
3	Джерело освітлення	6500K LED
4	Кут сканування	34° (по горизонталі), 26° (по вертикалі)
5	Мінімальний контраст	30%
6	Роздільна здатність	648x488
7	Напруга	5 В постійного струму
8	Навколишнє світло	0 ~ 86000 люкс
9	Інтерфейс	USB, UART
10	Підтримувані 1D-коди	Codebar, Code 11, Code 39 / Code 93, UPC / EAN, Code 128 / EAN128, Interleaved 2 of 5, Matrix 2 of 5, MSI Code, Industrial 2 of 5, GS1 Databar (RSS)
11	Підтримувані 2D-коди	QR-код, матриця даних, PDF417
12	Робоча температура	0 °C ~ 50 °C
13	Температура зберігання	-40 °C ~ 70 °C
14	Робоча вологість	10% ~ 80%
15	Струм	120 мА (сканування), 30 мА (режим очікування)

Для точного наведення на штрих-код сканера передбачено світловий маркер у вигляді червоної смуги.

Завдяки вбудованим інтерфейсам micro USB та UART MG65 можна підключити безпосередньо до комп'ютера або інтегрувати в різні пристрої. Є можливість налаштувати механізм за допомогою сканування «режим конфігурації», щоб забезпечити відповідність строгим вимогам сканування.

Для зчитування штрих-коду необхідно піднести його до об'єктиву модуля GM65 на відстань близько 20 см, при зчитуванні лунає характерний сигнал зумера, як на касі супермаркету. Для прискорення процесу необхідно вирівняти площину штрих-коду перпендикулярно сканеру. Максимальний кут відхилення складає 65 градусів.

У режимі за замовчуванням сканер штрих-коду підключається до комп'ютера USB, працює як HID-клавіатура і виводить дані у вигляді рядка тексту.

Сканер можна налаштувати за допомогою команд UART, але набагато простіше використовувати сервіс QR-кодів: перемикає режими читання, керувати світлодіодом та зумером, зберігати та скидати налаштування, просто орієнтуючись на відповідний QR-код в інструкції пристрою. Це дозволяє змінювати конфігурацію на льоту.

Кнопка плати використовується за замовчуванням для активації процесу сканування. Вбудований зумер сигналізує про успішне зчитування коду та зміни в роботі пристрою.

#### 2.4.2 Плата Arduino MKR 1000 WiFi

Як контролер використовуватимемо плату Arduino MKR 1000 WiFi. Для підключення по UART. Плата Genuino MKR1000 обладнана Wi-Fi модулем, це є її основною перевагою перед іншими Genuino. Ця складова надає можливість швидко, легко та дешево включити Wi-Fi до власних проектів. Конструкція містить схему зарядки Li-Po, що дозволяє Genuino MKR1000 працювати від батареї або зовнішнього живлення 5 В, під час зарядки акумуляторів Li-Po, в

процесі роботи від зовнішнього джерела живлення. Зважте, що перемикання з одного джерела на інший відбувається автоматично.

Наявний функціонал сприяє широкому використанню даної плати у сучасних проектах, які вимагають незалежного живлення і володіють компактним форм-фактором. Порт інтерфейсу USB може застосовуватись як джерело живлення.

На рис. 2.3 показано який вигляд має Arduino MKR1000 WiFi, а її характеристики наведено в табл. 2.4.

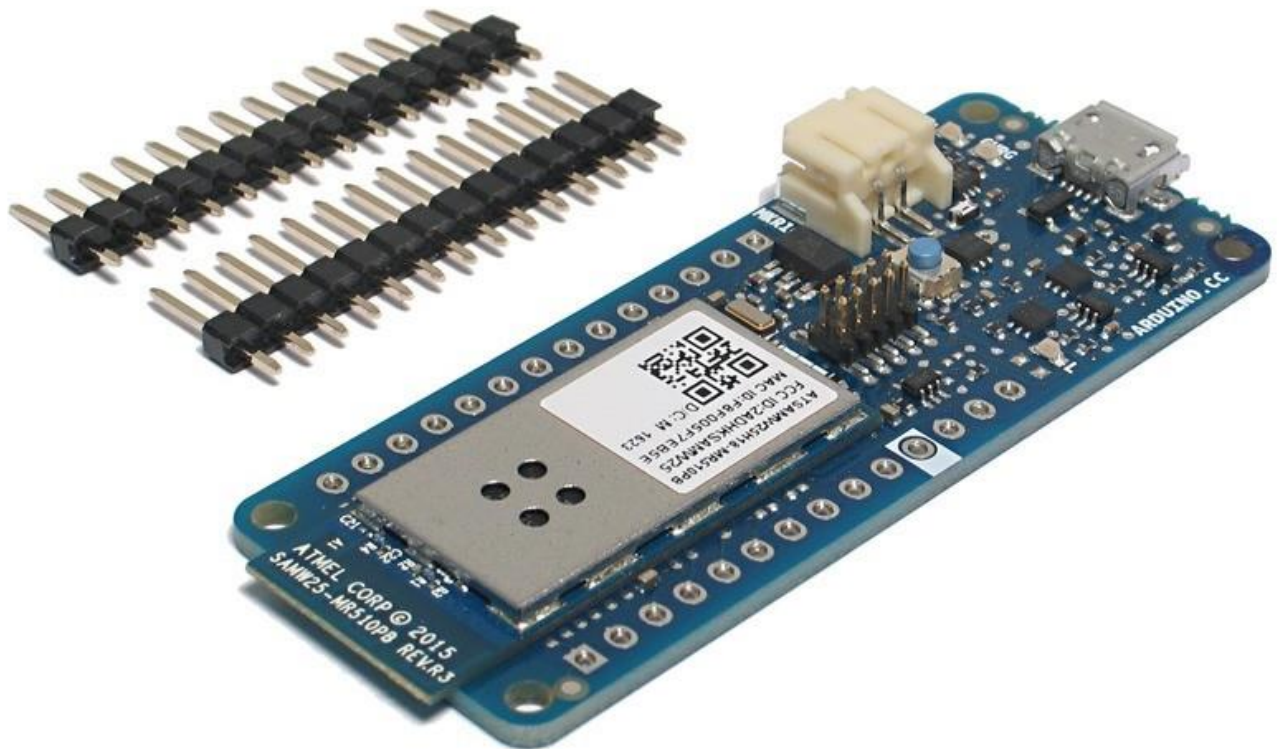


Рисунок 2.3 – Arduino MKR 1000 WiFi

MKR1000 має 32 біти обчислювальної потужності, стандартний набір інтерфейсів входів / виходів, економний WiFi з Cryptochip для безпечного зв'язку, а також простоту програмного забезпечення (IDE) для розробки коду і програмування.

Таблиця 2.4 – Характеристики Arduino MKR 1000 WiFi

№ п/п	Назва параметра	Значення
1	Тип мікроконтролера	SAMD21 Cortex-M0+ 32 біт низької потужності ARM MCU
2	Тип живлення (USB/VIN)	5 В
3	Підтримка акумуляторної батареї	Li-Po single cell, 3.7V, 700mAh minimum
4	Живлення схеми	3,3 В
5	Цифрові виводи	8
6	ШІМ виводи	12 (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, А3 - або 18 -, А4 -або 19)
7	Аналогові входи	6
8	UART	1
9	SPI	1
10	I2C	1
11	Аналогові входи	7 (ADC 8/10/12 біт)
12	Аналогові виводи	1 (DAC 10 біт)
13	Виводи зовнішніх пристроїв	10 (0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 16 / A1, 17 / A2)
14	Flash-пам'ять	256 KB
15	SRAM	32 KB
16	LED_BUILTIN	6
17	Clock Speed	32,768 кГц, 48 МГц
18	Довжина	61,5 мм
19	Ширина	25 мм
20	Вага	32 г.

## 2.5 Висновки до другого розділу

За результатами огляду й аналізу сучасного стану проблеми у цьому розділі запропоновані проектні рішення щодо підсистеми обліку деталей в комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі. Виходячи з того, що при виборі та комплексуванні засобів штрихового кодування й ідентифікації враховується множина різнорідних показників, для розв'язання задачі запропоновано використати математичні моделі та методи теорії прийняття рішень на основі кількісної теорії корисності. Як найбільш ефективну за показником «точність-складність» для оцінювання варіантів побудови підсистеми обрано класичну адитивну модель з класичною показниковою функцією корисності часткових критеріїв.

На цій основі виконано розробку алгоритму роботи підсистеми та комплектацію її апаратної частини з використанням сканера штрих-кодів GM652.4.2 і плати Arduino MKR 1000 WiFi.

## 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ ПІДСИСТЕМИ ОБЛІКУ ДЕТАЛЕЙ

### 3.1 Розробка алгоритму роботи підсистеми

Принцип роботи розроблюваної підсистеми представлено нижче (рис. 3.1):

- закріплення сканера поряд зі стрічкою проходження деталей;
- зчитування пристроєм штрих-коду на деталі;
- обробка отриманих даних;
- запис отриманих даних у базу даних (БД);
- перегляд даних у БД.

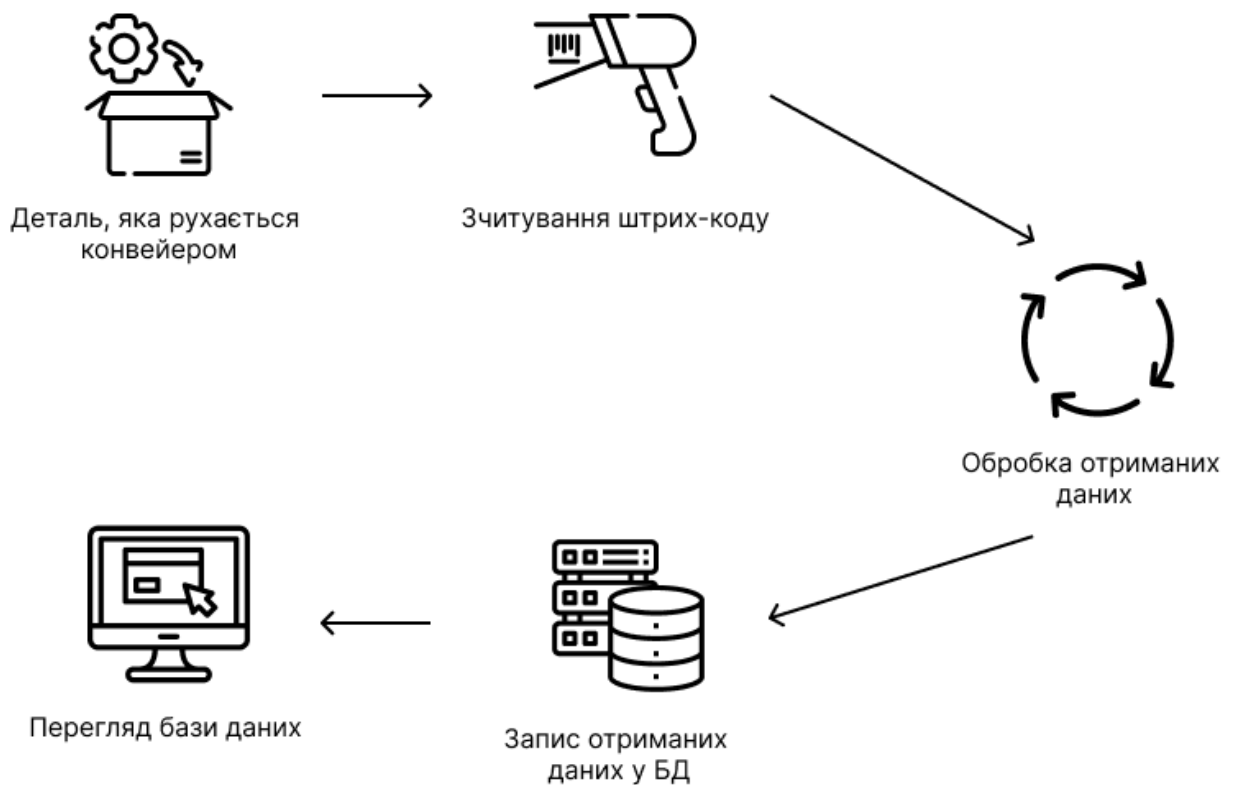


Рисунок 3.1 – Схема етапів роботи підсистеми

### 3.2 Вибір мови програмування

Програмування мікроконтролера (МК) Arduino здійснюється на мові програмування C++. Ця мова є низькорівневою, тому вважається складною і має високий поріг входження. Але для програмування Arduino використовується спрощена версія цієї мови програмування. Так само для спрощення розробки прошивок існує безліч функцій, класів, методів і бібліотек. Завдяки цьому працювати з цими МК стає легше та зручніше. Як і в інших подібних мовах програмування є ряд правил написання коду. Нижче наведено самі базові з них:

- після кожної інструкції необхідно ставити знак крапки з комою;
- перед оголошенням функції необхідно вказати тип даних, що повертається функцією або void якщо функція не повертає значення;
- необхідно вказувати тип даних перед оголошенням змінної;
- коментарі позначаються: // Рядковий і /\* блоковий \*/.

Середовище розробки Arduino IDE складається з:

- вбудованого текстового редактора програмного коду;
- області повідомлень;
- вікна виведення тексту (консолі);
- панелі інструментів з кнопками часто використовуваних команд;
- декількох меню.

Для завантаження програм і зв'язку середовище розробки підключається до апаратної частини Arduino через USB-порт.

Програма, що розроблюється в середовищі Arduino, називається скетч. Скетч пишеться в текстовому редакторі, що має інструменти вирізки, вставки, пошуку та заміни тексту. Під час збереження і експорту проекту в області повідомлень з'являються пояснення, також можуть відображатися виникаючі помилки. Вікно виведення тексту (консоль) показує повідомлення Arduino, що включають повні звіти про помилки та іншу інформацію.

Кнопки панелі інструментів дозволяють:

- перевірити і записати програму;
- створити, відкрити і зберегти скетч.

Також Arduino IDE дозволяє виконувати моніторинг порта, що є дуже зручною функцією, наприклад, при перевірці написаного скетчу, так як в процесі моніторингу надається інформація з даних, які надходять на порт.

Перед завантаженням скетчу необхідні обрати потрібний COM-порт, вказати відповідну плату та процесор. В ОС Windows порти можуть позначатися як COM1 або COM2 (для плати послідовної шини) або COM4, COM5, COM7 і вище (для плати USB).

Після вибору порту і платформи необхідно натиснути кнопку завантаження на панелі інструментів. Сучасні платформи Arduino перезавантажуються автоматично перед завантаженням скетчу. На старих платформах необхідно виконати цю дію самостійно. На більшості плат під час процесу будуть мигати світлодіоди RX і TX. Середовище розробки Arduino виведе повідомлення про закінчення завантаження або про помилки.

При завантаженні скетчу використовується завантажувач (Bootloader) платформи Arduino, невелика програма, що завантажується в МК на платі. Вона дозволяє завантажувати програмний код без використання додаткових апаратних засобів. Bootloader активний протягом декількох секунд при перезавантаженні платформи і при завантаженні будь-якого з скетчів в МК.

### 3.3 Програмна реалізація підсистеми

#### 3.3.1 Налаштування параметрів сканера GM-65

Для початку роботи зі сканером його необхідно підключити до комп'ютера та виконати початкове налаштування. Підключення відбувається за допомогою USB-порту. Після цього необхідно послідовно зчитати QR-коди, що відповідають за наступні дії:

- обмін через UART порт;

- режим безперебійного зчитування;
- скидання до початкових конфігурацій;
- інтервал між зчитуваннями 2000 мс;
- режим роботи сканера без підсвічування.

Для цього було використано штрих-коди, що представлені у вигляді QR-кодів «Restore Factory Settings», «UART Output», «Continues mode», «2000 ms» та «No Light» наведені на рис. 3.2-3.6.



Restore Factory Setting

Рисунок 3.2 – QR-код «Restore Factory Settings»



UART Output

Рисунок 3.3 – QR-код «UART Output»



Continuous Mode

Рисунок 3.4 – QR-код «Continues mode»



2000ms

Рисунок 3.5 – QR-код «2000 ms»



No light

Рисунок 3.6 – QR-код «No Light»

### 3.3.2 Отримання даних зі сканера

Після проведених налаштувань можна перейти до отримання даних зі сканера, для чого треба розробити скрипт, що дозволить програмно зчитувати дані з відсканованого штрих-ходу.

Так як програмування здійснюється мовою Arduino, то будемо використовувати середовище розробки Arduino IDE.

Спочатку оголосимо усі необхідні змінні:

```
String inputString = ""; // одержані з послідовного порту дані
boolean stringComplete = false; // прапорець , що свідчить про одержання всіх даних
int countstr=0;
unsigned long millisendstr=0; // змінна пошуку закінчення
```

Далі виконаємо запуск послідовних портів та зарезервуємо 50 байтів для inputString у функції ініціалізації setup:

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(9600);
  inputString.reserve(50);
}
```

Для отримання даних зі сканера скористаємося функцією serialScannerEven, що побайтово отримує дані через порт Serial1 та записує їх у строку:

```
void serialScannerEvent() {
  if (Serial1.available()>0) {
    char inChar = (char)Serial1.read();
    inputString += inChar;
    countstr++;
    millisendstr=millis();
  }
  else { // окончание передачи
    if(millis()-millisendstr>1000 && countstr>0) {
      stringComplete=true;
    }
  }
}
```

```
}

```

Ця функція викликається безпосередньо у тілі головного циклу loop:

```
void loop() {
  serialScannerEvent();
  if (stringComplete) {
    Serial.println(inputString);
    inputString = "";
    stringComplete = false;
    countstr=0;
  }
}
```

Після написання скрипту, необхідно виконати його завантаження. У разі успіху отримана інформація передається через послідовний порт, що можна побачити на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 – Результат виконання скрипту

### 3.3.3 Підключення плати до мережі та встановлення зв'язку з сервером

Наступним кроком необхідно здійснити підключення Arduino MKR1000 до мережі Wi-Fi, для цього використаємо бібліотеку WiFi10.

Спочатку її треба встановити, після цього завантажити патерну підключення плати Wi-Fi Arduino MKR 1000 до доступної WiFi точки доступу.

Для цього було завантажено приклад з connectWithWPA та використано дані для авторизації:

```
#define SECRET_SID "*****"
#define SECRET_PASS "*****"
```

Після завантаження патерну у монітор послідовного порту можна спостерігати за процесом підключення плати Wi-Fi Arduino MKR1000 до точки доступу (рис. 3.8).

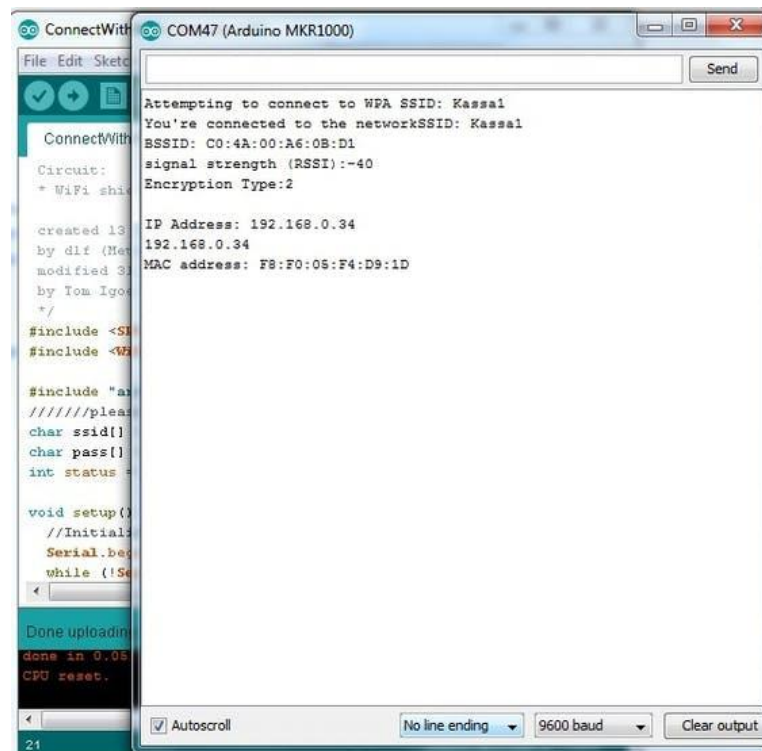


Рисунок 3.8 – Процес підключення плати до WiFi

Останнім кроком у реалізації програмної прошивки сканера було написання функції для відправки даних на сервер:

```
void send_temp_to_server() {
    client.stop();
    if (client.connect(server, 80)) {
        String str="/firm/get_barcode.php?barcode=";
        str+=String(cardUID[i],HEX);
        str+="&count="+String(temp);
        Serial.print("str=");Serial.println(str);
        client.println("GET "+str+" HTTP/1.1");
        client.println("Host: *****.ru");
        client.println("User-Agent: ArduinoWiFi/1.1");
        client.println("Connection: close");
        client.println();
        Serial.println(response);
        delay(10); }
    else {
        Serial.println("connection failed");
    }
}
```

Далі необхідно забезпечити запис даних у систему керування базами даних, що розгорнута на хості в мережі Інтернет.

### 3.3.4 Розробка бази даних

В основі програмної частини підсистеми знаходиться база даних, що зберігає відомості про продукцію та її штрих-коди, а також про результати інвентаризації. Збереження інформації таким способом дозволяє забезпечити її структурованість та підвищити оперативність обробки даних [33–35].

Виходячи з того, що важливим фактором для розроблюваної БД є оперативність оновлення даних, то вона повинна бути доступна з мережі Інтернет. Саме тому в якості сервера БД було обрано MySQL. Стандартним інтерфейсом, що співпрацює із даним сервером є вбудований засіб управління MySQL-базами phpMyAdmin.

Для початку було створено БД та додано дві таблиці:

– tovar (містить інформацію про назву товарів та їхніми штрих-кодами);

– count (зберігає дані про поточний стан та наявність товарів на складі).

При створенні таблиць було використано наступні типи даних:

– varchar (текстові рядки змінної довжини, яка може бути задана в діапазоні від 0 до 255 символів та при зберіганні величин використовується тільки та кількість символів, яка необхідна плюс 1 байт для запису довжини);

– int (зберігає цілі числа зі знаком чи без знаку в діапазоні від 2147483648 до 2147483647. Займає 4 байти);

– datetime (містить значення року, місяця і дня дати, а також значення годин, хвилин і секунд часу);

– text (зберігає текст довжиною до 65 КБ).

Будь-які дані, що поміщаються в стовпець, повинні відповідати заданому типу даних. Структуру таблиць *tovar* та *count* наведено на рис. 3.9 та рис. 3.10 відповідно.

#	Имя	Тип	Сравнение	Атрибуты	Null	По умолчанию	Комментарии	Дополнительно	Действие
1	id	int(9)			Нет	Нет		AUTO_INCREMENT	Изменить Удалить Ещё
2	name	text	latin1_swedish_ci		Нет				Изменить Удалить Ещё
3	barcode	text	latin1_swedish_ci		Нет				Изменить Удалить Ещё

Рисунок 3.9 – Структура таблиці *tovar*

#	Имя	Тип	Сравнение	Атрибуты	Null	По умолчанию	Комментарии	Дополнительно	Действие
1	id	int(9)			Нет	Нет		AUTO_INCREMENT	Изменить Удалить Ещё
2	date	datetime			Нет	Нет			Изменить Удалить Ещё
3	barcode	varchar(15)	latin1_swedish_ci		Нет	Нет			Изменить Удалить Ещё
4	count	int(5)			Нет	Нет			Изменить Удалить Ещё

Рисунок 3.10 – Структура таблиці *count*

Таблиці містять наступні рядки:

- id (унікальний ідентифікатор для кожного товару, що виступає в якості первинного ключа і встановлений на автоінкремент);
- name (містить у собі назву товару);
- barcode (містить штрих-код товару);
- date (фіксує час додання запису до БД).

Після створення таблиць було реалізовано скрипт мовою PHP, що дозволяє одержувати дані зі сканера і виконувати запис їх у базу даних:

```
?php
$location="localhost";
$user="*****";
$pass="*****";
$db_name="*****";
// connect db
if(! $db=mysqli_connect($location,$user,$pass,$db_name))
{echo "connect error";}
else
{;}
$query1=" INSERT INTO count SET
barcode='".$_GET['barcode']."',
count='".$_GET['count']."',
date='".date('Y-m-d H:i:s')."' ";
if(mysqli_query($db,$query1)){
echo "#yes";
}
else {
echo "#no";
}
?>
```

Успішне отримання та запис даних продемонстровано на рис. 3.11.

Отображение строк 0 - 1 (2 всего, Запрос занял 0.0003 сек.)

SELECT \* FROM `count`

Показать все | Количество строк: 25 | Фильтровать строки: Поиск в таблице

Параметры

	id	date	barcode	count
<input type="checkbox"/> Изменить <input type="checkbox"/> Копировать <input type="checkbox"/> Удалить	1	2022-07-30 14:04:22	4600682024248	10
<input type="checkbox"/> Изменить <input type="checkbox"/> Копировать <input type="checkbox"/> Удалить	2	2022-07-30 14:17:59	2010002535972	42

Отметить все | С отмеченными:  Изменить  Копировать  Удалить  Экспорт

Рисунок 3.11 – Результат збереження даних

### 3.4 Висновки до третього розділу

На основі результатів комплексування засобів підсистеми, що було виконане у другому розділі роботи, була здійснена розробка програмної частини підсистеми обліку деталей. В її основу покладено розроблений алгоритм роботи підсистеми, що передбачає реалізацію етапів зчитування пристроєм штрих-коду на деталі, обробку отриманих даних, запис і перегляд даних у базі даних.

Для програмування мікроконтролера (МК) Arduino обрано універсальну та потужну мову програмування C ++. В основі програмної частини підсистеми знаходиться база даних, що зберігає відомості про продукцію та її штрих-коди, а також про результати інвентаризації. Збереження інформації таким способом дозволяє забезпечити її структурованість та підвищити оперативність обробки даних.

Виходячи з того, що важливим фактором для БД розроблюваної підсистеми є оперативність оновлення даних, то вона зроблена доступною з мережі Інтернет. Це визначило вибір в якості сервера БД MySQL.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи щодо боротьби з шкідливою дією ультразвуку на організм людини

Ультразвук – це пружні хвилі з частотами від 20 кГц до 1 ГГц, що не чуто для людського вуха. Усі типи ультразвукового технологічного обладнання визнаються джерелами ультразвуку. Промислові, медичні та побутові ультразвукові прилади та обладнання, що виробляють ультразвукові коливання в діапазоні від 18 кГц до 100 МГц та вище.

Розрізняють такі види ультразвуку [36–37]:

– низькочастотні (до 100 кГц) ультра звукові коливання, що поширюються через контакт та повітря;

– високочастотні (від 100 кГц до 100 МГц і вище) ультразвукові коливання, що розповсюджуються виключно контактним шляхом.

Поглинання ультразвуку супроводжує нагрівання доквілля, а тепловий ефект зростає із збільшенням частоти вібрації. Також при проходженні ультразвукових хвиль через рідину виникає ефект кавітації (пароутворення та подальша реакція бульбашок на пари та конденсація пари в потоці рідини одночасно, шум і гідроудар, заповнені рідиною супроводжується утворенням порожнин у рідині (пар самої рідини). З цим явищем пов'язано механічну дію ультразвуку. Утворення кавітаційних порожнин супроводжується появою зарядів, що лежать на поверхні. Це викликає свічення, іонізацію молекул води. З такими явищами пов'язані хімічні ефекти, такі як окислювальна дія ультразвуку, прискорення хімічних реакцій, руйнування органічних сполук.

До шкідливих впливів УЗ належать дефектоскопісти, оператори зачисних, зварювальних та різучих агрегатів, медичний персонал фізіотерапевтичних кабінетів та відділень, працівники медичних установ, які виконують ультразвукові дослідження. Встановлено, що особи, які працюють із технічними

та медичними джерелами ультразвуку, піддаються впливу ультразвуку з частотою коливань від 18 кГц до 20 МГц та інтенсивністю від 50 дБ до 160 дБ.

Ультразвукові хвилі здатні викликати різноспрямовані біологічні ефекти, характер яких визначається інтенсивністю ультразвукових коливань, частотою, часовими параметрами коливань (постійний, імпульсний), тривалістю дії, чутливістю тканин.

Систематичний вплив високоінтенсивного низькочастотного ультразвуку, якщо його рівень перевищує гранично допустимий рівень, викликає у працюючих центральну та периферичну нервову систему, серцево-судинну та ендокринну системи, слуховий та вестибулярний аналізатори, гуморальні порушення, можливі функціональні зміни. Дані про вплив високочастотного ультразвуку на організм людини свідчать про поліморфні зміни практично у всіх тканинах, органах та системах. Зміни, що виникають під дією ультразвуку (повітряного та контактного), наслідують загальну закономірність. Невелика інтенсивність стимулює та активує. Середній та великий – можуть придушувати, уповільнювати та повністю відключати функціональність. З 1989 р. вегетативно-сенсорна полінейропатія кистей (ангіонейропатія), що розвивається у робітників під впливом контактного ультразвуку, визнана професійним захворюванням та включена до переліку професійних захворювань.

Ультразвук та інфразвук непомітні для слухової системи людини, але можуть викликати головний біль, загальну втому, розлади серцево-судинної та нервової систем. Синдром астенії може бути виявлений під час лабораторних досліджень. Діенцефалопатію іноді спостерігають у осіб, які займаються тривалою лабораторною роботою на апаратах УЗД (зниження маси тіла, швидке підвищення цукру в крові та повільне падіння до вихідного рівня, втрата механічного збудження м'язів, підвищення та ін.).

Можливі розлади периферичної нервової системи (оніміння, зниження чутливості, гіпергідроз), порушення вестибулярного апарату. Периферичні збурення насамперед викликаються контактною дією ультразвукових коливань.

Заходи щодо зниження шкідливого впливу ультразвуку повинні бути спрямовані на обмеження впливу повітряного шуму та ультразвуку, а не лише контакту.

Захист працівників від несприятливого впливу ультразвуку досягається шляхом:

- проведення попередніх та періодичних медоглядів;
- фізіопрофілактичних процедур (теплові повітряні з мікромасажем та теплові гідропроцедури для рук, масаж верхніх кінцівок та ін.);
- рефлексопрофілактики;
- гімнастичних вправ;
- психофізичного розвантаження;
- вітамінізації, збалансованого харчування;
- організації раціонального режиму праці та відпочинку та ін.

#### 4.2 Основні вимоги безпеки до виробничих процесів

Виробничий процес – складна соціально-технічна система. Під час виконання різних виробничих операцій людина може мати справу з виробничою небезпекою (ДСТУ 2293-93). Виробнича небезпека – можливість на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Безпека праці – стан умов праці, у якому виключається вплив працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Техніка безпеки – система організаційних заходів та технічних засобів, що запобігають впливу працюючих небезпечних виробничих факторів. Небезпека обладнання та виробничих процесів, що проявляється під час експлуатації, закладається ще у процесі проектування та конструювання. Тому дуже велике значення має дотримання вимог безпеки вже під час їхньої розробки. Безпека виробничого процесу – властивість виробничого процесу зберігати відповідність вимогам безпеки праці в умовах, встановлених нормативно-технічною документацією. Це досягається комплексом конструкторських, проектних та організаційних рішень. Велике значення має

правильний розподіл функцій між людиною та складовими частинами виробничого процесу (ДСТУ 2293-93) [[36–37].

#### 4.3 Захист організму людини від перегріву та охолодження

Для запобігання перегріву організму у виробничих приміщеннях мають бути створені такі метеорологічні умови, які здатні забезпечити нормальний виробничий процес та самопочуття працівників. Метеорологічні умови виробничих приміщень регламентуються СН 245-71 залежно від тепловиділень, характеру виконуваних робіт, пори року, вологості та швидкості руху повітря.

Рациональне розміщення устаткування. Важливий чинник умов праці цехах (гарячі – вбирається у 20 ккал/м<sup>3</sup>) з тепловиділеннями – розміщення виробничого обладнання та організація робочих місць відповідно до чинних стандартів. Враховуючи вимоги цих стандартів, слід розміщувати обладнання, що виділяє тепло безпосередньо під аераційними ліхтарями, а також доцільно передбачати окремі приміщення.

Механізація та автоматизація виробництва забезпечує високу безпеку праці. Перехід від механізації до автоматизації ще більше віддаляє робітника від шкідливих та небезпечних зон. Її роль зводиться до управління та контролю за роботою машин та перебігом технологічних процесів.

Рациональна теплова ізоляція обладнання. Нині є багато видів теплоізоляційних матеріалів. До неорганічних матеріалів можна віднести: діатоміт, азбест, азбоцемент, радить, слюду, азбозурит, мінеральну вату, скловату, піноскло, пінобетон, керамзит, пемзу тощо.

Екранування. Ефективним засобом захисту людини від тепловиділень є екранування. Екрани застосовуються для екранування джерел випромінювання та робочих місць. Захисні екрани бувають прозорі та непрозорі, подвійні та заповнені водою або повітрям, сітчасті, скляні та ін. За принципом дії загороджувальні засоби здатні поглинати та відображати тепловиділення. Екрани, що відбивають тепловиділення, виготовляють із листових матеріалів

світлик кольорів (алюміній листовий, біле листове залізо, алюмінієва фарба, фольга на азбесті тощо). Ефективність таких теплозахисних екранів сягає 80-90%.

Теплопоглинаючі екрани в основному використовують як стіни, спеціальні огорожі, щити або подвійні щити, виготовлені з різних матеріалів (цегла, вогнетривке скло, металізований азбест тощо) Ефективність теплозахисту склом від випромінювання при температурі 100 °С сягає 86%. Влаштування вентиляції-аерації, метою якої є забезпечення виходу назовні нагрітого повітря через шахти та вікна у верхній зоні нагрітого приміщення.

Організація повітряного душення. Застосування спеціального захисного одягу. Розробка раціональних режимів праці та відпочинку (кімнат відпочинку зі спеціальним мікрокліматом). Застосування підсоленої (0,5% NaCl) газованої води для пиття. Організація заходів та періодичних медичних оглядів (1 раз на рік).

Захист від охолодження. Для захисту організму людини від охолодження у виробничих та інших приміщеннях доцільно передбачати такі метеорологічні умови, за яких забезпечується нормальний теплообмін між організмом та довкіллям.

У холодний період передбачають засоби, які запобігають проникненню великої кількості холодного повітря через технологічні отвори, ворота, двері, шлюзи внаслідок частого або тривалого їх відкриття. Засобами захисту можуть бути тамбури чи повітряно-теплові завіси. Повітряно-теплові завіси доцільно влаштовувати біля воріт, що відкриваються частіше, ніж 5 разів або не менше ніж на 40 хв за зміну в районах з температурою повітря для холодного та перехідного періоду року  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  та нижче.

При роботі в холодну та перехідну пору року на відкритому повітрі або в приміщеннях, які не опалюються, необхідно мати приміщення з температурою повітря  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найбільш ефективно обладнати такі приміщення променевим опаленням. Робітники, які працюють за умов переохолодження, обов'язково забезпечуються індивідуальними засобами захисту [37].

#### 4.4 Висновки до четвертого розділу

З урахуванням небезпечних факторів, які можуть бути створені неправильною організацією робочих місць, технічними, іншими засобами або шкідливими факторами технологічних процесів сформовано вимоги до безпечних умов праці.

Для забезпечення комфортних і безпечних умов праці в лабораторії та виробничих приміщеннях розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності, зокрема:

- заходи щодо боротьби з шкідливою дією ультразвуку на організм людини;
- основні вимоги безпеки до виробничих процесів;
- захист організму людини від перегріву та охолодження.

Заходи щодо зниження шкідливого впливу ультразвуку повинні бути спрямовані на обмеження впливу повітряного шуму та ультразвуку, а не лише контакту.

Безпека виробничого процесу досягається комплексом конструкторських, проектних та організаційних рішень. Велике значення при цьому має правильний розподіл функцій між людиною та складовими частинами виробничого процесу.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання завдання кваліфікаційної роботи магістра було отримано рішення актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованого технологічного процесу за рахунок розробки засобів підсистеми автоматизації обліку комплектуючих.

За результатами огляду й аналізу сучасного стану проблеми обліку деталей у комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесах для реалізації засобів підсистеми автоматизації обліку перевага була віддана технології штрихового кодування. Визначальними факторами при виборі цієї технології визнано її достатньо високу надійність та відносну дешевизну.

За результатами огляду й аналізу сучасного стану проблеми у роботі запропоновані проєктні рішення щодо підсистеми обліку деталей в комп'ютерно-інтегрованому технологічному процесі. Виходячи з того, що при виборі та комплексуванні засобів штрихового кодування й ідентифікації враховується множина різномірних показників, для розв'язання задачі запропоновано використати математичні моделі та методи теорії прийняття рішень на основі кількісної теорії корисності. Як найбільш ефективну за показником «точність-складність» для оцінювання варіантів побудови підсистеми обрано класичну адитивну модель з класичною показниковою функцією корисності часткових критеріїв.

На цій основі виконано розробку алгоритму роботи підсистеми та комплектацію її апаратної частини з використанням сканера штрих-кодів GM652.4.2 і плати Arduino MKR 1000 WiFi.

На основі результатів комплексування засобів підсистеми була здійснена розробка програмної частини підсистеми обліку деталей. В її основу покладено розроблений алгоритм роботи підсистеми, що передбачає реалізацію етапів зчитування пристроєм штрих-коду на деталі, обробку отриманих даних, запис і перегляд даних у базі даних.

Для програмування мікроконтролера (МК) Arduino обрано універсальну та потужну мову програмування C ++. В основі програмної частини підсистеми знаходиться база даних, що зберігає відомості про продукцію та її штрих-коди, а також про результати інвентаризації. Збереження інформації таким способом дозволяє забезпечити її структурованість та підвищити оперативність обробки даних. Виходячи з того, що важливим фактором для БД розроблюваної підсистеми є оперативність оновлення даних, то вона зроблена доступною з мережі Інтернет. Це визначило вибір в якості сервера БД MySQL.

Результати, отримані у роботі, можуть бути використані на підприємствах і в організаціях, в яких вирішуються задачі проектування чи керування комп'ютерно-інтегрованими виробничими, іншими технологічними процесами, а також у закладах торгівлі, обслуговування тощо.

Практичне використання результатів дозволить за рахунок автоматизації обліку комплектуючих на виробництві підвищувати ефективність комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесів.

За результатами досліджень виконаної кваліфікаційної роботи було підготовлено доповіді з публікацією тез на: 11-ту Міжнародну науково-технічну конференцію «Інформаційні системи та технології» (м. Харків.) [3]; Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві» (м. Харків) [4].

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017. 29 с.

2. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, В. В. Безкоровайний, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. Харків: ХНУРЕ, 2021. 55 с.

3. Аргунов М., Безкоровайний В. Синтез виробничої системи ідентифікації та обліку деталей на основі технології штрихового кодування // Інформаційні системи та технології: матеріали 11-ї Міжнародної наук.-техн. конф. Ч. 2 (м. Харків, 22-25 листоп. 2022 р.), Х.: ХНУРЕ, 2022. С. 17–18. URL: [https://istconf.sedep.online/archive/ist\\_2022\\_part\\_2.pdf](https://istconf.sedep.online/archive/ist_2022_part_2.pdf) (дата звернення 03.12.2022).

4. Аргунов М. О., Безкоровайний В. В. Використання методу штрихового кодування в підсистемі ідентифікації та обліку деталей на виробництві // Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві. Матеріали всеукраїнської наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти і молод. учених (м. Харків, 23 листоп. 2022 р.), Харків: ХНАДУ. 2022. С. 151–154. URL: [https://mf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/user\\_upload/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8\\_%D0%9A%D0%86%D0%A2-2022.pdf](https://mf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/user_upload/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8_%D0%9A%D0%86%D0%A2-2022.pdf) (дата звернення 10.12.2022).

5. Керування технологічним процесом URL: <https://kaf-av.tntu.edu.ua/index.php/mn-abiturient/mn-articles/677-art-tp-management> (дата

звернення: 19.09.2022).

6. Пушкар М. С., Семанюк В. З. Розробка систем обліку. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 208 с. URL: [http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/37235/1/rozrobka%20system%20obliku\\_Semaniuk\\_Pushkar.pdf](http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/37235/1/rozrobka%20system%20obliku_Semaniuk_Pushkar.pdf) (дата звернення 10.11.2022).

7. Автоматизація, ідентифікація підрахунку деталей на підприємстві з використанням системи штрихового кодування / А. В. Стариков, Т. Н. Стородубцева, К. В. Батурын, С. Ю. Поляков // Лісотехнічний журнал. 2018. №2. С. 138–149.

8. Гнатенко В. Д. Комп'ютерна система автоматичної ідентифікації з використанням штрихових кодів. MS thesis. КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021 URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45917> (дата звернення: 22.09.2022).

9. Дроздовський Л. І. Безконтактні інформаційні системи на основі RFID-технології. MS thesis. Сумський державний університет. 2022 URL: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/89292/1/Drozдовskiy\\_mag\\_rob.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/89292/1/Drozдовskiy_mag_rob.pdf) (дата звернення: 28.09.2022).

10. Федорчук А. О. Комп'ютеризована система організації доступу в приміщення на основі RFID-технології. BS thesis. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. 2021. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35562/1/Fedorchuk.pdf> (дата звернення: 02.10.2022).

11. Грам'як М. Ю. Комп'ютеризована система зчитування штрих-кодів. BS thesis. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. 2021. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35564> (дата звернення: 02.10.2022).

12. Болотов І. О., Галич І. В. Використання технології штрих-кодів для контролю якості. (2021) URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35564> (дата звернення: 09.10.2022).

13. Сокол Я. В. Метод розпізнавання двовимірних кодів на зображеннях. MS thesis. КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021 URL:

[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45939/1/Sokol\\_magistr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45939/1/Sokol_magistr.pdf) (дата звернення: 18.10.2022).

14. Нефьодов Л. І., Невлюдов І.Ш., Безкоровайний В.В. CALS-технології і системи: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2021. 272 с.

15. Beskorovainyi V., Kolesnyk L. Interval model of multi-criterion task of reengineering physical structures of distributed databases // Intelligent information systems for decision support in project and program management: Collective monograph edited by I. Linde. Riga: ISMA, 2021. P. 7–14.

16. Morozov, A. "Методика формування ієрархічної системи складів для обслуговування територіально розосереджених споживачів." Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць 5.51 (2018): 98-101.

17. Безкоровайний, В. В., and Л. В. Колесник. Математична модель багатокритеріальної задачі реінжинірингу фізичних структур розподілених баз даних. Diss. 2021.

18. Масляк, Ю. Б. "Метод моделювання розподілу концентрацій шкідливих викидів автотранспорту з використанням кластерного та інтервального аналізів." Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка 1 (2018): 34-40.

19. Мельник, АМ. "Архітектура програмного забезпечення для математичного моделювання на основі інтервального та онтологічного підходу." Хмельницького національного університету (2022): 141.

20. Терещенко, Тетяна Олександрівна, and Юлія Сергіївна Ямненко. "Сучасні напрямки комп'ютерної та мікропроцесорної техніки. Конспект лекцій." (2020).

21. Сокирко, Назар Олегович. Управління ланцюгами поставок з використанням методів підтримки прийняття рішень. MS thesis. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.

22. Овезгельдієв А.О., Петров Е.Г., Петров К.Е. Синтез та ідентифікація моделей багатofакторного оцінювання та оптимізації: монографія. Наукова

думка, 2019. 161 с.

23. Джеджула, В. В., and I. Ю. Єпіфанова. "Методичні підходи до побудови функцій належності нечітких математичних моделей." *Modeling the development of the economic systems*, 1: 42-46. (2021).

24. Вероніка, Януш, and Володимир Безкоровайний. "Параметричний Синтез Моделі Багатокритеріального Оцінювання на Основі Нейронних Мереж." *Зміст* 3: 106.

25. Beskorovainyi V., Berezovskyi H. Identification of preferences in decision support systems // *Econtechmod. An International Quarterly Journal*. 2017. Vol. 06, No. 4, P. 15–20.

26. 26. Інтроективний аналіз. Методи та засоби експертного оцінювання / В.В. Крючковський, Е.Г. Петров, Н.А. Соколова, В.Є. Ходаків. Херсон: Гринь ДС, 2018. 284 с.

27. Петров, К. Э., et al. "Компараторна ідентифікація моделі багатофакторного оцінювання альтернатив з використанням методу беггінга." *Біоніка інтелекту* 2.93 (2019): 21-27.

28. Beskorovainyi V., Petryshyn L., Shevchenko O. Specific subset effective option in technology design decisions // *Applied Aspects of Information Technology*. 2020. Vol. 3. No.1. P. 443–455. URL: <https://aait.op.edu.ua/?fetch=articles&with=info&id=40>. (дата звернення: 10.12.2022).

29. Beskorovainyi V. Combined method of ranking options in project decision support systems // *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. 2020. No 4 (14). P. 13–20. URL: <http://journals.uran.ua/itssi/article/view/ITSSI.2020.14.013> (дата звернення 10.12.2022).

30. Руководство по языку программирования C++ URL: <https://metanit.com/cpp/tutorial/> (дата звернення 10.12.2022).

31. Прата С. Мова програмування C++. Лекції та вправи / Пер. з англ. М.: 000 "И.Д. Вильямс", 2018. 1184 с. URL:

[https://dut.edu.ua/uploads/1\\_1061\\_596828968.pdf](https://dut.edu.ua/uploads/1_1061_596828968.pdf) (дата звернення 10.12.2022).

32. Мейерс С. Эффективный та сучасний C++. Київ, 2017. 304 с.

33. Что такое XAMP URL: <https://www.apachefriends.org/index.html> (дата звернення 05.12.2022).

34. 2. Офіційний сайт phpMyAdmin URL: <https://www.phpmyadm> (дата звернення 26.11.2022).

35. 3. Драч В. Е., Родионов А. В., Чухраева А. И. Выбор системы управления базами данных для информационной системы промышленного предприятия // Электромагнитные волны и электронные системы. 2018. № 3. С. 71–80.

36. Охорона праці. Учебный курс по охране труда URL: <https://www.protrud.com> (дата звернення 07.12.2022).

37. Гигиеническая характеристика вредных и опасных факторов производственной среды их влияние на организм URL: <https://ecology.pdmu.edu.ua/storage/common/docs/OPpkyUZpTLxu6UefTITW8xOe16PBMjFptY0W48WS.pdf> (дата звернення 17.12.2022.).