

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет інформаційної безпеки та електронних комунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ
КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТУВАЛЬНОЮ ЛІНІЄЮ

Виконав: студент 2 курсу, групи БК-512м
Спеціальності 172 «Телекомунікації та
радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) _____
«Інтелектуальні технології
мікросистемної радіоелектронної
техніки»

Дмитро ШАПОВАЛ

(прізвище та ініціали)

Керівник Наталія ФУРМАНОВА

(прізвище та ініціали)

Рецензент Андрій КОРОТУН

(прізвище та ініціали)

2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра Інформаційні технології електронних засобів
Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри ІТЕЗ Малий

О.Ю.

канд. техн. наук, доцент
“ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Шаповала Дмитра Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка програмно-апаратного комплексу керування транспортувальною лінією

керівник проєкту (роботи) Фурманова Наталя Іванівна, к. т. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “21” листопада 2023 р. №448

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 26 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Необхідно розробити систему керування, придатну до керування рухом транспортувальної лінії та підрахунку об'єктів на ній

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Огляд літератури та постановка задачі;

2) Розробка апаратної складової системи керування транспортувальною лінією;

3) Розробка програмної складової системи керування та її оптимізація

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація – 17 слайдів

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	Фурманова Н.І., к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Поспеева І.Є., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 04.09.2023 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз основних видів транспортувальних ліній	21.09.2023 р.	
2	Постановка задачі дипломної роботи магістра	05.10.2023 р.	
3	Розробка вимог до системи керування	07.10.2023 р.	
4	Розробка загальної архітектури	12.10.2023 р.	
5	Вибір комплектуючих для апаратної частини системи	17.11.2023 р.	
6	Розробка структурної схеми системи	22.11.2023 р.	
7	Розробка загального алгоритму функціонування системи	26.11.2023 р.	
8	Розробка програмної складової	29.11.2023 р.	
9	Розробка шляхів оптимізації системи	30.11.2023 р.	
10	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2023 р.	
11	Проходження нормоконтролю	07.12.2023 р.	
12	Отримання відгуку керівника	14.12.2023 р.	
13	Рецензування	20.12.2023 р.	
13	Захист дипломної роботи магістра	26.12.2023 р.	

Студент Дмитро ШАПОВАЛ
(підпис) (ініціали та прізвище)Керівник проєкту (роботи) Наталія ФУРМАНОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 66 с., 16 рис., 3 табл., 21 джерел, 2 додатка.

ТРАНСПОРТУВАЛЬНА ЛІНІЯ, СТРІЧКОВИЙ КОНВЕЄР,
ПРОЄКТУВАННЯ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, АЛГОРИТМ,
МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРОГРАМУВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ

Об'єкт розробки – програмно-апаратний комплекс транспортувальної лінії.

Мета роботи – розробити систему керування, придатну до керування рухом транспортувальної лінії та підрахунку об'єктів на ній.

Для досягнення мети необхідно реалізувати наступні задачі:

- провести аналіз транспортувальних ліній;
- здійснити вибір типу транспортувальної лінії;
- розробити загальну архітектуру системи;
- обрати комплектуючі;
- провести моделювання схеми;
- розробити програмну складову;
- запропонувати шляхи оптимізації системи керування.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	10
1.1 Історичний екскурс	10
1.2 Класифікація транспортувальних ліній.....	11
1.3 Переваги використання транспортувальних ліній	15
1.4 Критерії вибору типу транспортувальної лінії.....	16
1.5 Загальний принцип роботи стрічкового конвеєра.....	21
1.6 Області застосування стрічкових конвеєрів	24
1.7 Етапи розробки системи автоматизованого стрічкового конвеєра.....	25
1.8 Постановка задачі дипломної роботи магістра	26
2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТУВАЛЬНОЮ ЛІНІЄЮ	28
2.1 Вимоги до системи керування конвеєром.....	28
2.2 Розробка загальної архітектури.....	30
2.3 Вибір комплектуючих.....	35
2.4 Принцип функціонування системи.....	44
2.5 Моделювання електричної схеми.....	46
2.6 Перевірка функціональності системи	48
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ЇЇ ОПТИМІЗАЦІЯ	51
3.1 Автоматизація керування стрічковим конвеєром.....	51
3.2 Програмування мікроконтролера	52

3.3 Шляхи оптимізації системи керування транспортувальною лінією.....	53
3.4 Оптимізація системи керування конвеєром за допомогою машинного навчання.....	58
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	66
Додаток А.....	69
Додаток Б.....	71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

3D	3 dimensional
ІЧ	інфрачервоний
КМОН	Компліментарний метал-оксид-напівпровідниковий
ПЛК	програмований логічний контролер
РК	рідкокристалічний
РЧ	радіочастотний
ТТЛ	транзисторно-транзисторна логіка

ВСТУП

Для транспортування матеріалів або виробів від одного місця до іншого в автоматизований спосіб в агропромисловому виробництві, лісовому господарстві, будівництві, переробній галузі та природоохоронній сфері застосовуються транспортувальні лінії, або машини безперервного транспорту [1]. Вони можуть бути реалізовані у вигляді різних конструкцій. Так, використовуються стрічкові, ланцюгові конвеєри; ковшові конвеєри з люльковими або полицевими елеваторами; гвинтові конвеєри; транспортувальні труби; інерційні, вібраційні, роликові, пруткові, пневматичні конвеєри, інші конструкції.

Механізми безперервного транспорту є фундаментом для автоматизації та механізації значної частини сучасних виробництв [2]. Ці машини забезпечують переміщення вантажу вздовж заданих траєкторій у безперервному потоці, без перерв на завантаження та розвантаження, при здійсненні рухів у напрямку робочого та зворотного ходу вантажовмісного елемента. Цей підхід сприяє вищій продуктивності машин безперервного транспорту порівняно з підйимально-транспортними машинами періодичної дії та іншими сучасними видами транспортних засобів.

Застосування цих машин розповсюджене на заводах, виробництві, гірничо-видобувній промисловості, будівництві, сільському господарстві та інших секторах для переміщення різноманітних насипних (вугілля, цемент, тріска, ґрунт, зерно) та штучних (цегла, пиломатеріали, труби, балки) вантажів.

Глибока взаємодія конвеєрів із загальним технологічним процесом виробництва призводить до високої відповідальності цих машин. Порушення роботи хоча б одного конвеєра може призвести до дисфункцій всього комплексу машин на підприємстві. Оскільки конвеєри переважно не мають ефективних аналогів за їх транспортно-технологічним призначенням,

їх важко замінити. Таким чином, можна висновувати, що транспортуючі машини безперервної дії є невід'ємною та відповідальною частиною обладнання сучасного підприємства. Конвеєри відіграють важливу роль у підвищенні ефективності, автоматизації та загальної продуктивності в промисловому виробництві.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У першому розділі наведено класифікацію, опис основних типів та переваги використання транспортувальних ліній. Описано критерії вибору типу транспортувальних ліній та виконано порівняльний аналіз п'яти типів конвеєрів: стрічкового, ланцюгового, роликового, пластинчастого та підвісного. Наведено загальний принцип роботи стрічкового конвеєра, описано області його застосування. Виконано постановку задачі дипломної роботи магістра.

1.1 Історичний екскурс

У сучасних умовах масового виробництва конвеєр став необхідним обладнанням, без якого важко уявити функціонування великих виробничих систем. Передусім, його використання є невід'ємною складовою виробничих процесів у галузях, де необхідно транспортувати різноманітні види вантажів, такі як сипучі, кускові чи штучні матеріали. Конвеєри широко застосовуються в промисловості, на складах та в інших виробничих областях, сприяючи ефективнішому та швидшому переміщенню матеріалів на будь-якому підприємстві [3].

Вважається, що сучасна концепція конвеєра знаходить свої корені в Давньому Єгипті, де подібні структури використовувались для переміщення рідини у вигляді гвинтових підйомників, що є прародичами сучасних конвеєрів.

Класичні гвинтові механізми з'явилися приблизно у XVI столітті в борошномельних виробництвах. З кінця XIX століття вони стали використовуватися для транспортування важких вантажів. З 1869 по 1914 роки сплеск конструкторських рішень призвів не тільки до удосконалення

існуючих конвеєрів, але й до виникнення нових видів, які залишаються актуальними й до сьогодні.

Авторство сучасної концепції конвеєра часто приписують Генрі Форду, який використовував ідеї оптимізації виробництва, запозичені у Фредеріка Тейлора. Враховуючи значний час, витрачений робітниками на переміщення по цеху, що було неефективно, була розроблена система збору продукції, яка дозволяла кожному працівникові витратити мінімум часу лише на свою основну роботу, зменшуючи зайві рухи.

1.2 Класифікація транспортувальних ліній

Існує багато різних видів транспортувальних ліній, які використовуються у різних галузях промисловості та транспорту. Класифікація конвеєрів включає в себе різні параметри, такі як вектор переміщення, тип та розміри вантажу, а також функціональне призначення, такі як транспортні, сортувальні та інші. Представлена на рис. 1.1 класифікація базується на поділі за типом приводу:

- в механізмах з тяговим органом вантаж передається за допомогою елементів, що тягнуть або несуть вантаж; вантаж рухається разом з тяговим органом на його робочій гілці;
- в механізмах без тягового опору вантаж переміщається з використанням сили тяжіння, поступальний рух вантажу здійснюється при коливному або обертовому русі робочих елементів.

За способом використання транспортувальних ліній можуть поділятися на:

- стаціонарні, що встановлюються і закріплюються в конкретній точці;
- напівстаціонарні;
- пересувні.

Залежно від напрямку переміщення об'єктів транспортувальні лінії поділяють на:

- горизонтальні;
- вертикальні;
- похилі.

Залежно від типу вантажу:

- насипні;
- штучні.

Залежно від виконуваних функцій транспортувальні лінії поділяють на:

- транспортувальні;
- складальні;
- сортувальні.

Залежно від розміщення самого конвеєра чи його деталей:

- підлогові;
- підвісні.

Використання підвісних транспортувальних ліній може дозволити підвищити продуктивність службового простору підприємства, наприклад, використовувати його як буфер або банк зберігання [4].

Основні принципові типи транспортувальних ліній включають:

- стрічкові конвеєри (Belt Conveyors), які використовуються для переміщення товарів або матеріалів за допомогою рухомої стрічки, яка розташована на поверхні конвеєра;
- пластинчасті конвеєри (Slider Bed Conveyors), які мають пласку поверхню (наприклад, металевий плитняк), по якій переміщуються предмети;
- роликові конвеєри (Roller Conveyors), які базуються на роликах, що використовуються для підтримки та переміщення предметів;
- ланцюгові конвеєри (Chain Conveyors), які використовують ланцюги для перенесення вантажу, що може бути корисно для тяжких або негабаритних предметів;

- повітряні транспортні системи (Pneumatic Conveyors), які використовують струмінь повітря для переміщення порошкових або зернистих матеріалів;
- трубні конвеєри (Tube Conveyors, які використовуються для переміщення матеріалів в закритих трубах, що може бути корисно для захисту від небажаних умов навколишнього середовища.
- підвісні конвеєри (Overhead Conveyors), які розташовані над робочим простором та використовуються для переміщення вантажів з одного місця на інше.
- ескалаторні конвеєри (Escalator Conveyors), які використовуються для переміщення людей або вантажів вгору або вниз.

Класична класифікація транспортувальних наведена на рис. 1.1 [2].

На рис. 1.2 представлені найбільш розповсюджені типи конвеєрів.

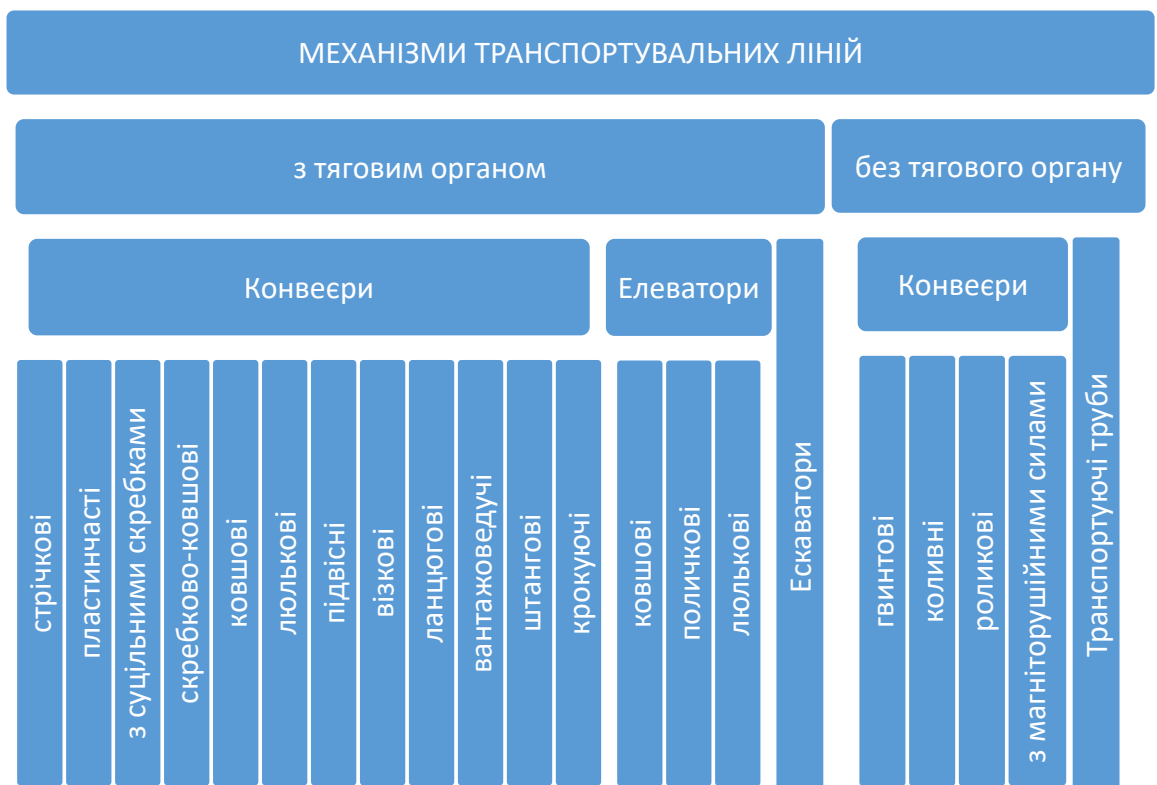


Рисунок 1.1 – Класифікація механізмів транспортувальних ліній



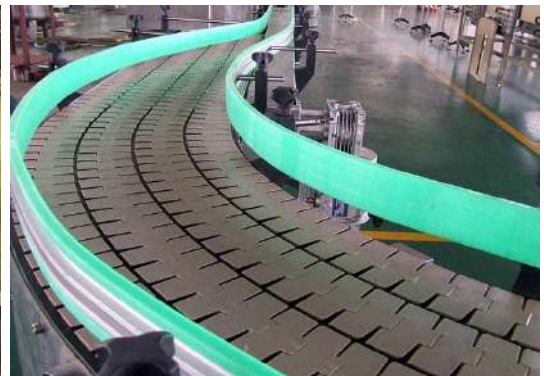
а



б



в



г



д



е

Рисунок 1.2 – Типи конвеєрів:

а – стрічковий; б – ковшовий; в – шнековий;
 г – пластинчастий; д – роликовий; е – підвісний
 (зображення з джерела [5])

Специфічні етапи технологічних процесів у виробництві потребують відповідного типу транспортних машин. Основні вибіркові критерії включають в себе забезпечення заданих технічних вимог і техніко-

економічну ефективність їх використання, а також надійність в умовах, що відповідають стандартам безпеки праці. Забезпечення вказаних вимог може бути досягнуто через удосконалення функціоналу конвеєрів.

1.3 Переваги використання транспортувальних ліній

Використання різноманітних транспортувальних ліній у процесі обробки вантажів та товарів є важливою складовою технологічного прогресу, сприяючи покращенню ефективності та підвищенню продуктивності у сфері складської логістики. Цей підхід не тільки оптимізує простір на складі, але і розкриває багато переваг, описаних нижче.

1.3.1 Ефективне використання складської площі

Використання різних видів транспортувальних ліній сприяє раціональному використанню простору на складі, що є ключовим аспектом оптимізації та раціоналізації логістичних процесів.

1.3.2 Скорочення часових витрат на обробку вантажу

Впровадження транспортувальних ліній дозволяє значно зменшити час, необхідний для обробки та переміщення вантажів, що в свою чергу сприяє підвищенню ефективності логістичних операцій.

1.3.3 Можливість швидкої комплектації товару

Використання контейнерів у поєднанні з конвеєрами забезпечує можливість швидкої та точної комплектації товарів, що важливо в умовах ринку, що швидко змінюється.

1.3.4 Мінімізація вартості операцій

Впровадження сучасних систем транспортувальних ліній дозволяє ефективно мінімізувати витрати на операції з обробки та переміщення вантажів.

1.3.5 Контроль вантажу в процесі переміщення

Використання конвеєрів дозволяє забезпечити надійний контроль за рухом вантажів, що сприяє високому рівню безпеки та надійності логістичних процесів.

1.3.6 Мінімізація пошкоджень вантажу під час транспортування

Сучасні системи контейнерного транспорту та конвеєрів дозволяють мінімізувати пошкодження вантажів під час їхнього переміщення, що має важливе значення для збереження якості товарів.

Ці фактори вказують на важливість використання контейнерів та конвеєрів у сучасній логістиці, яка визначається стрімкими змінами та високими вимогами до продуктивності та якості обробки вантажів.

1.4 Критерії вибору типу транспортувальної лінії

Вибір типу транспортувальної лінії здійснюється на основі ряду критеріїв, які включають в себе технічні, техніко-економічні та функціональні аспекти [6]. Нижче наведені основні критерії, за якими здійснюється вибір типу конвеєра

1.4.1 Технічні характеристики

– тип вантажу: різні конвеєри підходять для різних типів матеріалів, таких як сипучі, кускові, рідини чи великі вантажі;

- вага та розміри вантажу: конвеєри мають обмеження щодо ваги та габаритів переносимого вантажу;
- відстань та напрямок переміщення: вибір залежить від довжини, конфігурації та шляху руху конвеєра;
- швидкість та продуктивність: технічні параметри повинні відповідати вимогам продуктивності виробництва.

1.4.2 Техніко-економічні показники

- вартість конвеєра: включає в себе вартість покупки, встановлення та обслуговування конвеєра;
- енергоефективність: оцінюється витратами електроенергії на одиницю вантажу, а також можливістю економії енергії;
- можливість модернізації та розширення: розглядається можливість апгрейду та збільшення пропускної здатності конвеєра з плином часу.

1.4.3 Функціональні особливості

- функціональне призначення: розрізняються конвеєри для транспортування, сортування, накопичення тощо;
- гнучкість та адаптивність: здатність конвеєра пристосовуватися до змін виробничого процесу та умов використання;
- безпека: розглядається врахування вимог безпеки для операторів та оточуючого середовища.

1.4.4 Специфічні вимоги галузі

- індустриальні особливості: різні галузі можуть мати унікальні вимоги до конвеєрів, наприклад, харчова, фармацевтична, гірничо-промисловість тощо;

– стандарти та регулювання: деякі галузі можуть вимагати відповідності конвеєра певним нормам та стандартам.

Здійснення вибору типу транспортувальних ліній ґрунтується на балансуванні цих різноманітних критеріїв для досягнення оптимальної продуктивності, вартості та відповідності специфічним потребам конкретної системи.

1.4.5 Порівняльний аналіз транспортувальних ліній

Було проведено огляд найпоширеніших конвеєрних систем на ринку – стрічкових конвеєрів, роликівих конвеєрів і приводних роликівих конвеєрів, які є підлоговими конвеєрами, а також були розглянуті підвісні конвеєри [7].

Стрічкова конвеєрна система – це один з найдешевших конвеєрів, простий і зручний у використанні, може мати зміни у висоті, вантаж може подаватися з будь-якого місця вздовж стрічки. В той же час, стрічкові конвеєри мають обмежену вантажопідйомність порівняно з іншими типами конвеєрів, стрічки швидко зношуються та піддаються пошкодженням при роботі з важкими чи гострими матеріалами. Такі конвеєри можуть бути обмежені у плануванні та маневруванні виробничим простором.

Ланцюгова транспортувальна лінія має ряд переваг. Так, ланцюгові конвеєри здатні перевозити важкі та великі вантажі; володіють високою стійкістю до великих навантажень та володіють довгим терміном служби, зручні для підйому матеріалів на висоту завдяки своїй конструкції. Серед недоліків можна відзначити, що ланцюгові конвеєри можуть бути витратними в установці та обслуговуванні, вимагають регулярного обслуговування та усунення поломок, мають обмежені можливості в плануванні та маневруванні на виробничому просторі.

Роликів конвеєрна система може використовувати силу тяжіння для переміщення продукту під кутом нахилу, має низькі витрати на обслуговування, може мати модульну структуру, що дозволяє використовувати різними способами; такі конвеєри прості у використанні та

встановленні. З іншого боку, роликові конвеєрні системи мають обмежену здатність перевозити важкі або великі вантажі, ролики можуть легко піддаватися пошкодженням при роботі з важкими чи гострими матеріалами, а вантажі можуть пошкодитися під дією сили тяжіння. На великі відстані може знадобитися більше складна конструкція системи.

Пластинчасті конвеєрні системи підходять для роботи на схилах або нерівних поверхнях, дозволяють змінювати кут нахилу залежно від потреб, добре транспортують агресивні матеріали та вантажі із гострими кутами. Але пластинчасті конвеєри можуть бути дорогими в установці та обслуговуванні, мають обмежену здатність перевозити великі або важкі вантажі, а зносостійкість пластинчастих конвеєрів може бути меншою порівняно з іншими типами.

Підвісна конвеєрна система може використовувати простір над головою, максимізуючи повну місткість закладу, буферні накопичувачі серійно вироблених компонентів можуть зберігатися та послідовно доставлятися до пункту підбору, коли це необхідно. Повноцінні виробничі системи можуть бути створені на підвісному конвеєрі з фрикційним приводом за допомогою багатоприводної технології, що забезпечує диференціал швидкості. Мають нижчі експлуатаційні витрати. В той же час, підвісна конвеєрна система, як правило, дорожча, ніж підлогова конвеєрна система, у разі виходу із ладу її може бути складніше відремонтувати, якщо не передбачити на етапі планування та встановлення для технічного обслуговування.

Основні переваги та недоліки розглянутих типів конвеєрів наведені в табл. 1.1.

Враховуючи те, що метою є розробка транспортувальної лінії, що призначена для використання у складських приміщеннях, для подальшої розробки було обрано стрічковий тип конвеєра.

Таблиця 1.1 – Основні переваги та недоліки різних конвеєрних систем

Тип конвеєра	Переваги	Недоліки
Стрічковий конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – ефективність та простота; – низька вартість; – гнучкість в застосуванні 	<ul style="list-style-type: none"> – обмеженість вантажопідйому; – вразливість до пошкоджень; – обмежена гнучкість в трасуванні
Ланцюговий конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – висока вантажопідйомність; – міцність та надійність; – можливість підйому на висоту 	<ul style="list-style-type: none"> – висока вартість; – складність в обслуговуванні; – обмежена гнучкість трасування
Роликовий конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – легкість та простота використання; – гнучкість в застосуванні; – ефективність для легких вантажів 	<ul style="list-style-type: none"> – обмежена вантажопідйомність; – вразливість до пошкоджень; – обмежена довжина траси
Пластинчастий конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – здатність до пересування на схилі; – можливість зміни кута нахилу; – стійкість до агресивних матеріалів 	<ul style="list-style-type: none"> – високі витрати на встановлення; – обмежена вантажопідйомність; – підвищена зносостійкість
Підвісний конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – збереження простору; – ефективність в пересуванні в вертикальному напрямку; – гнучкість в застосуванні 	<ul style="list-style-type: none"> – високі витрати на встановлення; – складність в обслуговуванні; – обмежена вантажопідйомність

1.5 Загальний принцип роботи стрічкового конвеєра

Стрічковий конвеєр є важливим компонентом різних галузей промисловості, і їх принцип роботи заснований на русі безперервної стрічки навколо двох або більше шківів. По довжині стрічка підтримується натяжними роликками, які дозволяють їй рухатися вздовж роликків і забезпечують підтримку матеріалу, що транспортується (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Загальна конструкція стрічкового конвеєра

(зображення з джерела [8])

Основний принцип стрічкового конвеєра полягає в переміщенні матеріалів уздовж стрічки з одного місця в інше. У багатьох випадках цей рух забезпечується електродвигуном, який приводить в рух ремінь за допомогою системи шківів. Сам ремінь зазвичай виготовляється з гуми, ПВХ або інших матеріалів, які є міцними та мають хороші властивості зчеплення, щоб запобігти зісковзуванню матеріалу з пасу.

Стрічковий конвеєр призначений для транспортування матеріалів горизонтально або під нахилом, і його можна використовувати для транспортування різноманітних продуктів, таких як вугілля, зерно, руда, пісок і навіть дрібні деталі. Стрічку можна налаштувати для транспортування матеріалів із постійною швидкістю або її можна відрегулювати відповідно до потреб застосування.

Принцип роботи стрічкового конвеєра простий: стрічка обертається навколо ряду шківів, які приводяться в дію від електродвигуна. Двигун приводить в рух шківви, які, у свою чергу, рухають ремінь. По довжині стрічка підтримується опорними роликами, які дозволяють їй рухатися вздовж роликів, забезпечуючи підтримку матеріалу, що транспортується.

Коли ремінь рухається по своєму шляху, він проходить через серію напрямних або натяжних роликів, які забезпечують підтримку для ременя та дозволяють йому рухатися плавно. Напрямні ролики, як правило, виготовлені зі сталі або інших міцних матеріалів, і вони рознесені по довжині конвеєра, щоб забезпечити послідовну підтримку.

Для завантаження або вивантаження матеріалів на стрічковий конвеєр зазвичай використовується завантажувальний або розвантажувальний жолоб. Ці жолоби призначені для спрямування матеріалу на конвеєрну стрічку та запобігання його висипанню на землю. Наприклад, у кар'єрі можна використовувати фронтальний навантажувач для завантаження матеріалу на стрічковий конвеєр, яка потім транспортує матеріал за місцем призначення.

1.5.1 Конвеєрна стрічка

Існує безліч типів, розмірів, форм, кутів і матеріалів для конвеєрних стрічок. У транспортній системі конструкція та тип конвеєрної стрічки визначають, як вона функціонує [9].

Незалежно від матеріалу, з якого виготовлена конвеєрна стрічка, всі типи конвеєрів призначені для ефективного та плавного переміщення продуктів, матеріалів та компонентів з однієї точки до іншої. Хоча існує

довгий список матеріалів, з яких виготовляються конвеєрні стрічки, всі різновиди діляться на п'ять категорій: метал, пластик, гума, тканина та шкіра.

Пластикові конвеєрні стрічки – це легкі та термостійкі стрічки, виготовлені з термопластів, таких як поліуретан, поліестер, полівінілхлорид, силікон та поліетилен. Для забезпечення можливості вигину, нахилу або відхилення пластикові конвеєрні стрічки мають блокуючі сегменти, які дають можливість рухатися в будь-якому напрямку. Пластикові конвеєрні стрічки з блокуванням є альтернативою металевим та тканинним ременям.

Плетені металеві або пластинчасті конвеєрні стрічки надзвичайно міцні та жорсткі. Вони не змінюють форму, не розтягуються та не деформуються з часом. Металеві конвеєрні стрічки рухаються по прямій лінії без вигинів, поворотів та варіацій свого шляху. Вони виготовлені з нержавіючої сталі, алюмінію або вуглецевої сталі і мають виняткову довговічність.

Гумова конвеєрна стрічка має каучукову основу. Каучук вже багато років використовується як матеріал для конвеєрних стрічок і є одним з найбільш міцних матеріалів завдяки своїй стійкості до стирання. Типи гуми, що використовуються для конвеєрних стрічок, включають неопрен, нітрил і бутадієн-стирол, всі з яких армовані тканиною. Довговічність гуми робить її ідеальною для важких умов, коли необхідні стійкість до стирання та амортизація. Армована тканина запобігає розтягуванню та деформації гуми.

Тканинні конвеєрні стрічки – це економічний вибір для коротких конвеєрних систем із меншою продуктивністю. Ремінь виготовлений з кількох шарів синтетичної тканини, спеціально обробленої для запобігання розтягуванню, та має поздовжні поліефірні нитки з поперечними поліамідними нитками. У тканинні конвеєрні стрічки додаються гумові покриття, які роблять стрічки стійкими до вогню, нагрівання та зношування.

Завдяки своїй універсальності та надійності стрічкові конвеєри стали важливим компонентом багатьох галузей промисловості, від гірничої промисловості та розробки кар'єрів до виробництва та логістики [10].

1.6 Области застосування стрічкових конвеєрів

Стрічкові конвеєри широко використовуються в різних галузях промисловості та застосуваннях, зокрема, в наступних.

1.6.1 Виробництво

Стрічкові конвеєри зазвичай використовуються на виробничих підприємствах для транспортування сировини, готової продукції та матеріалів [11]. Вони також використовуються на складальних лініях для переміщення продукції з однієї станції на іншу.

1.6.2 Гірничодобувна промисловість

У гірничодобувній промисловості стрічкові конвеєри використовуються для транспортування мінералів і руд від шахти до переробного заводу чи сховища.

1.6.3 Сільське господарство

Стрічкові конвеєри використовуються в сільському господарстві для транспортування таких продуктів, як зерно, фрукти та овочі, з одного місця в інше.

1.6.4 Логістика та розподіл

Стрічкові конвеєри зазвичай використовуються на складах і розподільчих центрах для транспортування пакетів, коробок і піддонів.

1.6.5 Харчова промисловість

Стрічкові конвеєри використовуються в харчовій промисловості для переміщення продуктів через різні етапи виробництва, включаючи миття, сортування, класифікацію та пакування.

1.6.6 Обробка багажу в аеропорту

Стрічкові конвеєри зазвичай використовуються в аеропортах для транспортування багажу від стійки реєстрації до літака.

1.6.7 Логістика

Стрічкові конвеєри використовуються в поштових відділеннях і сортувальних установах для переміщення пошти та пакетів з одного місця в інше, а також в системах сортування та розподілу товарів.

1.7 Етапи розробки системи автоматизованого стрічкового конвеєра

Розробка автоматизованого стрічкового конвеєра є складним і багатоетапним процесом, який включає в себе кілька ключових підходів. Нижче наведено загальні етапи та підходи до розробки такого обладнання.

На першому етапі виконується аналіз технічних вимог, тобто визначення технічних характеристик, таких як максимальне навантаження, швидкість конвеєра, розміри та інші параметри), а також функціональних вимог, тобто визначення функціональних можливостей, які має виконувати конвеєр (наприклад, сортування, відсіювання, транспортування).

На другому етапі виконується проєктування, що включає:

- механічне проєктування – розробка конструкції стрічкового конвеєра, включаючи вибір матеріалів, розміщення роликів, систему приводу тощо;

- електричне проєктування – розробка системи керування, вибір сенсорів, моторів, пультів управління та іншого обладнання;

- проєктування системи керування – розробка програмного забезпечення для автоматизації роботи конвеєра, включаючи програмування логічних контролерів та інших елементів управління.

Третій етап представляє собою виробництво та виконання складальних операцій, для чого за розробленими кресленнями виконується виробництво оригінальних деталей. Складання передбачає виконання ряду операцій електричного та механічного монтажу елементів конструкції, метою якої є з'єднання всіх компонентів в єдину функціональну систему.

Четвертий етап пов'язаний із тестуванням розробленого та виготовленого комплексу стрічкового конвеєра. Функціональне тестування передбачає перевірку відповідності конвеєра технічним та функціональним вимогам. Навантажувальне тестування означає тестування роботи конвеєра під навантаженням для перевірки стійкості та продуктивності.

П'ятий етап – впровадження. Він представляє собою встановлення конвеєра на виробничому об'єкті та його інтеграція в загальний виробничий процес. Він пов'язаний із налагодженням, тобто вирішенням можливих проблем та налагодження роботи системи.

Шостий етап – обслуговування та підтримка системи. Він передбачає розробку плану та процедур регулярного технічного обслуговування, також надання технічної підтримки та можливість модернізації конвеєрної системи згідно з новими вимогами.

Ці підходи допомагають забезпечити ефективний та надійний розвиток автоматизованого стрічкового конвеєра, відповідно до конкретних потреб та вимог клієнта чи виробничого процесу.

1.8 Постановка задачі дипломної роботи магістра

Метою даної дипломної роботи магістра є розробка програмно-апаратного комплексу керування транспортувальною лінією.

Основні вимоги до розроблюваної системи пов'язані із ефективністю, надійністю, автоматизацією, безпекою та гнучкістю:

- висока швидкість переміщення вантажу для ефективності виробничих операцій;

- достатня пропускна здатність;
- стабільність роботи і мінімальний час непрацездатності;
- можливість швидкого виявлення та усунення несправностей;
- система керування має бути ефективною та гнучкою, здатною взаємодіяти з іншими елементами автоматизованої системи;
- використання сенсорів для виявлення вантажу, контролю швидкості та інших параметрів;
- вбудовані системи безпеки, які запобігають аваріям та захищають операторів;
- можливість екстреного зупинення конвеєра в разі виявлення небезпечних ситуацій;
- конвеєр повинен бути гнучким та легко адаптовуватися до змін у виробничих умовах; повинен бути готовий до інтеграції з новими технологіями та змінами виробничого процесу;
- система повинна бути розроблена для ефективного використання електроенергії та можливості енергозбереження;
- для запобігання пошкодженням вантажу важливо мати системи амортизації або інші заходи безпеки.

Ці вимоги визначають стандарти для автоматизованих стрічкових конвеєрів, які мають забезпечувати оптимальну ефективність та безпеку виробничих процесів.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТУВАЛЬНОЮ ЛІНІЄЮ

У другому розділі описуються вимоги, які висуваються до системи керування транспортувальною лінією у вигляді стрічкового конвеєра, виконується розробка загальної архітектури, здійснюється вибір комплектуючих, виконано розрахунок електроприводу. Наведено опис функціонування системи керування, здійснено моделювання електричної схеми.

2.1 Вимоги до системи керування конвеєром

Система керування стрічковим конвеєром повинна відповідати ряду вимог для забезпечення ефективності, надійності та безпеки в її функціонуванні [14]. Ось деякі з основних вимог до систем керування стрічковим конвеєром.

2.1.1 Автоматизація та ефективність

Система повинна забезпечувати автоматизований рух стрічкового конвеєра з можливістю налаштування швидкості та напрямку руху продуктів.

2.1.2 Надійність та доступність

Система повинна бути стійкою до перебоїв та відновлювати свою роботу після можливих збоїв або відключень.

2.1.3 Синхронізація з промисловим процесом

Керування конвеєром повинно бути синхронізоване з іншими елементами промислового процесу, щоб уникнути заторів або нерегулярностей в русі продукції.

2.1.4 Система детектування та сигналізації

Бажаним є використання сенсорів для виявлення продуктів на стрічці, а також системи сигналізації в разі виникнення проблем або аварій.

2.1.5 Інтеграція з іншими системами

Можливість інтеграції з іншими системами керування та моніторингу для взаємодії з іншими частинами виробничого процесу підвищує ефективність виробництва.

2.1.6 Енергоефективність

Система повинна бути оптимізована для ефективного використання енергії та мінімізації витрат.

2.1.7 Безпека

Забезпечення безпеки для персоналу та виробничого середовища може включати автоматичне вимкнення конвеєра при виявленні небезпечних ситуацій.

2.1.8 Легкість обслуговування та діагностика

Простота в обслуговуванні та можливість швидкої діагностики помилок забезпечують мінімальних перерв у виробничому процесі.

2.1.9 Масштабованість

Можливість розширення або змінення системи в майбутньому для відповіді на змінні потреби виробництва є опціональним.

Забезпечення виконання цих вимог допомагає підтримувати ефективну та надійну роботу стрічкового конвеєра в промисловому середовищі.

2.2 Розробка загальної архітектури

Система складається з багатьох функціональних блоків, які включають: AT89C52, інфрачервоні (ІЧ) сенсори, інтерфейсний пристрій MAX232, радіочастотна ідентифікаційна (RFID) мітка (кодер) і зчитувач RFID (декодер), та ПЛК, що відіграє критично важливу роль, тобто це головне серце цієї системи. У ПЛК є програма, необхідна для керування сенсорами та підключеними до нього реле. Інтерфейсні блоки управляються ПЛК ефективним і швидшим чином, таким чином, це забезпечує більш надійне та ефективне функціонування системи [13].

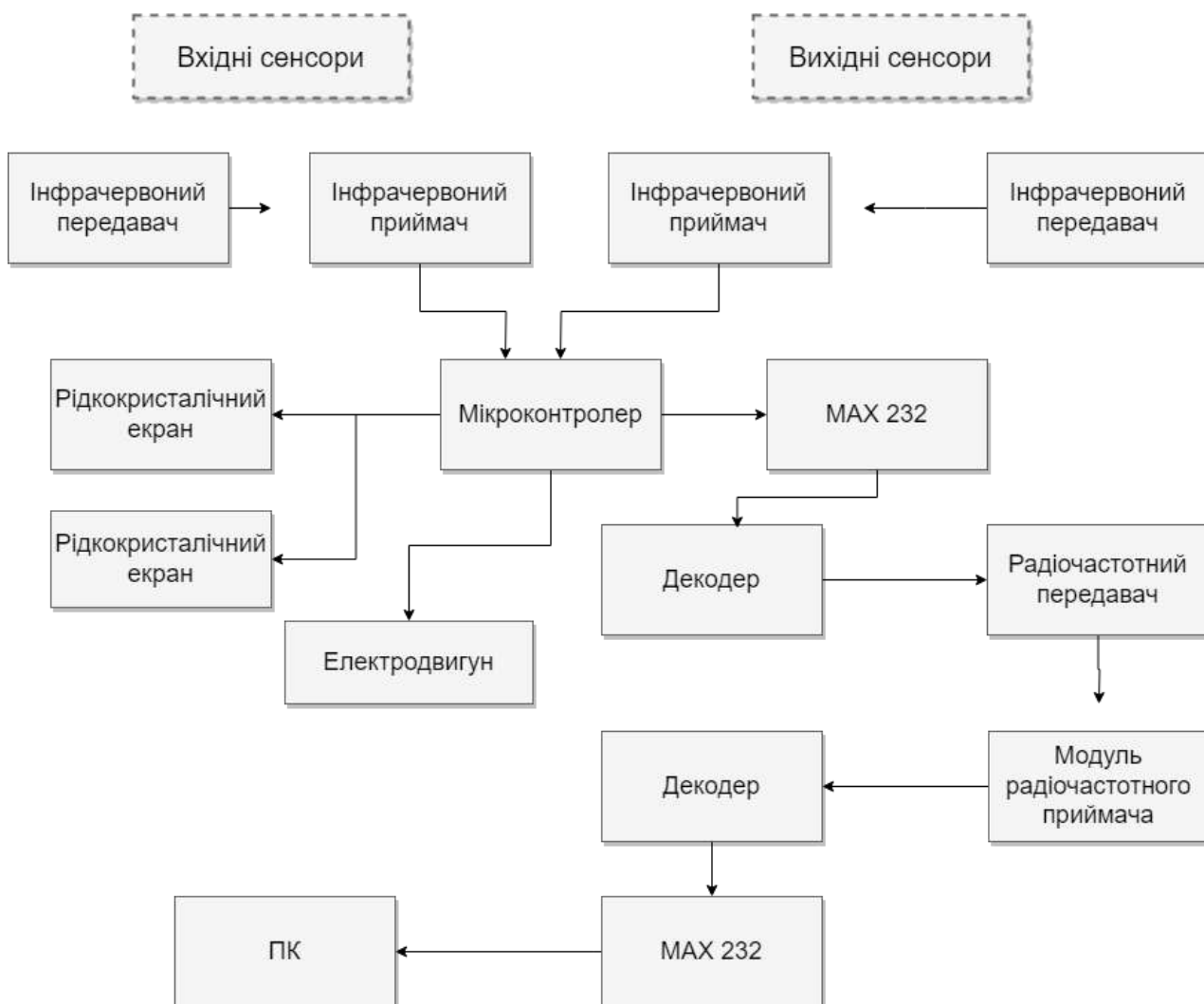


Рисунок 2.1 – Загальна архітектура системи управління транспортувальною лінією

Функції основних електронних компонентів, що використовуються в автоматизованій системі обліку та сигналізації на конвеєрі, включають наступні елементи [14] (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Функції основних елементів системи

Елемент системи	Функція	Роль
1	2	3
Мікро-контролер AT89C52	діє як програмований логічний контролер (PLC) або штучний мозок системи.	зчитує дані з датчиків і надсилає інформацію на комп'ютер через радіомодуль.
MAX232	пристрій інтерфейсу, що підключає мікроконтролер до комп'ютерної системи і забезпечує як прийом, так і передачу даних між мікроконтролером і комп'ютером.	Сприяє обміну даними між мікроконтролером і комп'ютером.
РЧ кодер	бездротова передача повідомлень або сигналів від мікроконтролера до комп'ютера	передає дані, згенеровані мікроконтролером, на радіочастотний декодер для подальшої обробки
РЧ декодер	Приймає та декодує бездротові сигнали, що передаються радіочастотним модулем передавача	обробляє вхідні дані та робить їх доступними для інтерпретації мікроконтролером і комп'ютером.

Продовження табл. 2.1

1	2	3
ІЧ сенсори	Виявляє наявність продуктів або матеріалів на конвеєрній стрічці.	надсилає сигнали на радіомодуль, коли проходять продукти або матеріали, ініціюючи подальші дії в системі
Електричний двигун	Керує рухом конвеєрної стрічки над шківом або роликком.	Виконання фізичного переміщення продуктів уздовж конвеєрної стрічки на основі команд, отриманих від мікроконтролера.
РК екран	відображає дані та інформацію про роботу системи	забезпечує зворотний зв'язок у режимі реального часу щодо вхідних і вихідних функцій системи, представляючи інформацію, що виконується мікроконтролером і комп'ютером

Загальна робота системи включає в себе інфрачервоні сенсори, які виявляють об'єкти на конвеєрі, мікроконтролер, який обробляє цю інформацію, і комп'ютер, який отримує та інтерпретує дані через бездротовий зв'язок. Потім двигун керується для відповідного переміщення конвеєрної стрічки, а на РК-екрані (РКЕ) відображається відповідна інформація про стан і роботу системи. Такий комплексний підхід забезпечує ефективний і автоматизований моніторинг продукту на конвеєрній системі.

Схематичне зображення розробленої транспортувальної лінії наведено на рис. 2.2, а 3D-модель – на рис. 2.3.

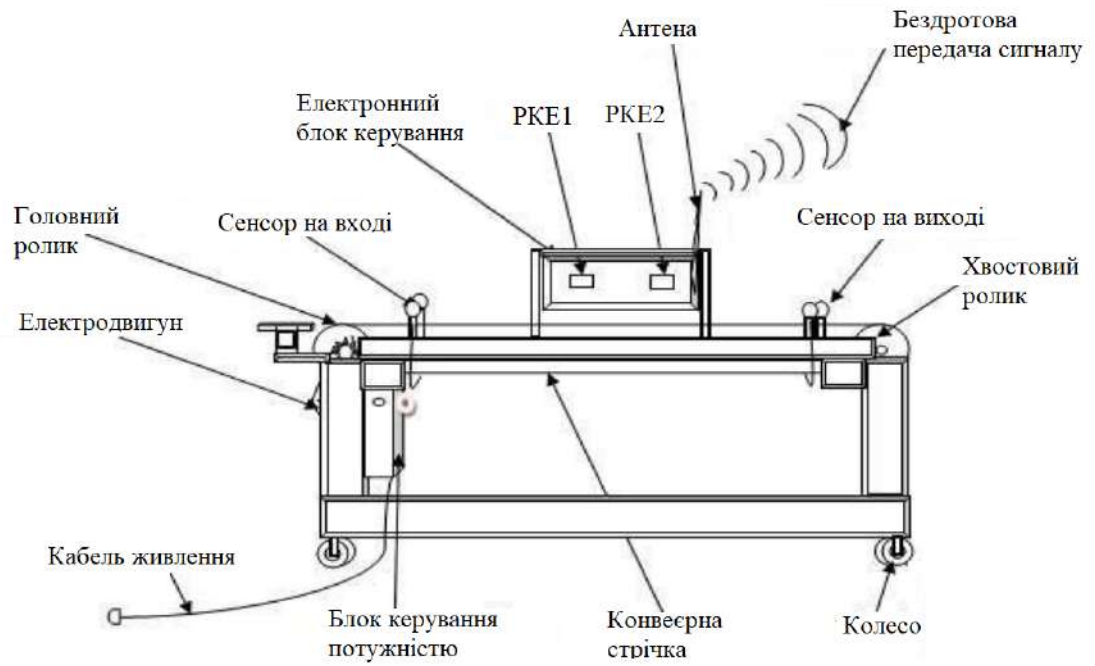


Рисунок 2.2 – Схематичне зображення розробленої транспортувальної лінії



Рисунок 2.3 – 3D-модель розробленої транспортувальної лінії

2.3 Вибір комплектуючих

Вибір компонентів для системи управління транспортувальною лінією передбачає розгляд різних факторів для забезпечення надійності, ефективності та функціональності системи. Ось кілька основних вимог щодо вибору компонентів.

Обрані сенсори повинні бути надійними в різних умовах навколишнього середовища та здатними забезпечувати точні показання.

Мікроконтролер повинен мати достатню обчислювальну потужність та об'єм пам'яті для виконання необхідних завдань, таких як обробка даних, зв'язок із радіочастотними модулями та керування електродвигуном.

Радіочастотні модулі повинні бути сумісними та надійними для забезпечення бездротового зв'язку між мікроконтролером і комп'ютером. Вибір модулів здійснюється відповідно до необхідних діапазону та швидкості передачі даних для конкретного застосування. Також враховуються дальність передачі та стійкість до перешкод.

Інтерфейсні пристрої, які забезпечують безперебійний зв'язок між мікроконтролером і комп'ютером, повинні бути сумісні з вибраним мікроконтролером і комп'ютерними системами.

Електродвигун повинен мати відповідну потужність та крутний момент, щоб ефективно контролювати рух конвеєрної стрічки. Також треба звернути увагу на здатність двигуна контролювати швидкість, і довговічність для безперервної роботи.

Рідкокристалічний екран повинен відповідати вимогам системи щодо відображення інформації в реальному часі. Потрібно врахувати такі фактори, як розмір, читабельність і сумісність із вихідним сигналом мікроконтролера.

Що стосується живлення, необхідно переконатися, що всі компоненти працюють у межах обмежень потужності системи. Треба обирати компоненти, які є енергоефективними та сумісними з доступним джерелом живлення.

Довговічність і надійність є важливими для всіх компонентів та елементів конструкції. Компоненти повинні витримувати вібрацію, перепади температури та інші фактори навколишнього середовища.

Вартість і бажана продуктивність та характеристики мають бути збалансованими, щоб отримати оптимальне рішення.

Вибрані компоненти повинні бути такими, щоб їх можна було легко інтегрувати в загальну архітектуру системи. Компоненти повинні мати чітку документацію та сумісність один з одним.

Опціональним критерієм є масштабованість системи – здатність для потенційних майбутніх розширень або модифікацій. Компоненти, які дозволяють легко інтегрувати додаткові датчики або функції.

Ретельно оцінюючи та враховуючи ці критерії, можна вибрати компоненти, які разом сприятимуть ефективності та надійності програмно-апаратного комплексу управління транспортувальною лінією.

2.3.1 Мікроконтролер AT89C52

Це мікросхема програмованого логічного контролера (ПЛК), програма якої призначена для керування системою. Мікросхема зчитує повідомлення, яке надходить від сенсора, і у відповідь передає дані на комп'ютер через радіомодуль. Отримані дані інтерпретуються та виконуються.

Мікросхема має 40 контактів, які виконують різні функції; він має сховище даних до 130 Кб. Зовнішній вигляд мікросхеми наведено на рис. 2.4.

Основні характеристики мікроконтролера AT89C52-24PI DIP40:

- корпус – DIP40;
- ширина шини даних – 8 Біт;
- максимальна тактова частота – 24 МГц;
- розмір програмної пам'яті – 8 кБайт;
- розмір ОЗУ даних – 256 Байт;
- напруга живлення – 5 В;

- робоча температура – від -40 до 85°C;
- розміри (ВхДхШ) –3,94 x 52,6 x 14,4 мм;
- маса – 6 г.



Рисунок 2.4 – Мікроконтролер АТ89С52 (зображення з джерела [15])

2.3.2 Мікросхема MAX232

MAX232 належить до мікросхем інтерфейсу RS232. В розроблюваній системі мікросхема MAX232 допомагає виконувати обмін даними між комп'ютером і мікроконтролером, оскільки має елементи прийому та передачі даних. Типову структуру MAX232 показано на рис. 2.5.

Основні технічні характеристики MAX232:

- напруга живлення – 5 В \pm 5%;
- струм споживання – 5 мА;
- вхідний опір RS232 – 5 кОм;
- вихідний опір RS232 – 300 Ом;
- вхідна напруга лог. "0" <0,8 В;
- вхідна напруга лог. "1" >2 В;
- Вихідні рівні RS232 – \pm 5 В (мін.); \pm 7,3 В (тип.)
- Вихідний струм короткого замикання RS232 – \pm 10мА.

MAX232 – інтегральна схема, що перетворює сигнали послідовного порту RS-232 на сигнали, придатні для використання в цифрових схемах на базі ТТЛ або КМОН технологій. MAX232 працює приймачем і перетворює сигнали RX, TX, CTS і RTS. Коли мікросхема MAX232 отримує на вхід логічний "0" від ТТЛ, вона перетворює його на напругу від +5 до +15В, а

коли отримує логічну "1" - перетворює її на напругу від -5 до -15В, і за тим самим принципом виконує зворотні перетворення від RS-232 до ТТЛ. Це обумовлено стандартом RS-232.

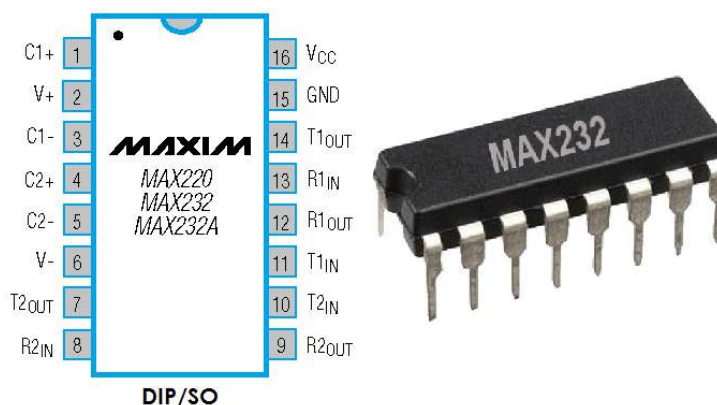


Рисунок 2.5 – Мікросхема MAX232 (зображення з джерела [16])

2.3.3 Кодер HT12E і декодер HT12D

В розроблюваній системі мікросхема HT12E використовується для передачі, а мікросхема HT12D – для приймання повідомлень, переданих по радіочастотному сигналу.

HT12E — інтегральна схема кодера 212 серії. Вони поєднані з декодерами серії 212 для використання в системах дистанційного керування. Він в основному використовується для сполучення радіочастотних та інфрачервоних схем. Обрана пара кодера/декодера повинна мати однакову кількість адрес і формат даних. Декодер отримує послідовну адресу та дані від відповідного кодера, передані за допомогою радіочастотного середовища передачі, і видає вихідні дані на вихідні контакти після обробки даних.

Основні технічні характеристики:

- робоча напруга 2,4-12 В;
- низьке енергоспоживання і висока завадостійкість;
- низький струм очікування: 0,1 А (тип.);
- у декодера – здатність декодувати 12 біт інформації, 8-12 контактів адреси та 0-4 контактів даних.

Зовнішній вигляд кодера та декодера наведені на рис. 2.6.

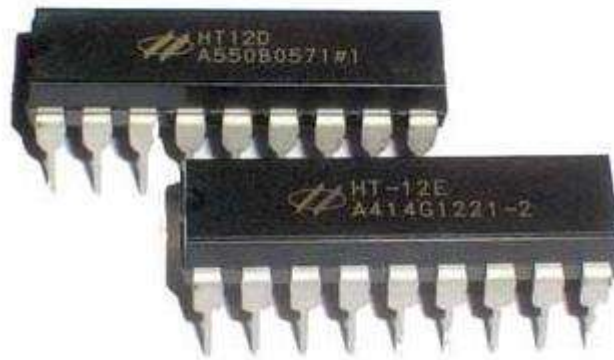


Рисунок 2.6 – Кодер HT12E і декодер HT12D
(зображення з джерела [17])

2.3.4 Сенсори

В системі керування транспортувальною лінією дані із сенсора присутності використовуються для того, щоб прийняти рішення про управління електродвигуном (зупинка, зміна швидкості, відсутність змін) та для підрахунку об'єктів на конвеєрній стрічці.

Для визначення присутності об'єкта, тобто детектування, можуть використовуватись сенсори різних типів, зокрема:

- ІЧ-сенсори перешкоди;
- ультразвукові далекоміри;
- ІЧ далекоміри.

В даному випадку немає необхідності точного визначення відстані до перешкоди, а основним критерієм є простота даних, що приймаються. Для ІЧ-сенсорів перешкоди потрібен один дискретний висновок на мікроконтролері і найпростіший алгоритм роботи, на відміну від ультразвукового далекоміра, для якого потрібна розробка складного протоколу спілкування. Діапазони вимірюваних відстаней влаштовують як у ІЧ-сенсора перешкоди, так і ультразвукового далекоміра.

Проаналізувавши основні характеристики кожного сенсора, вибір упав на дискретний ІЧ сенсор присутності перешкоди, представлений на рис. 2.7.

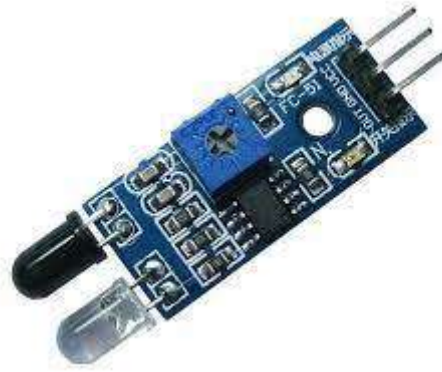


Рисунок 2.7 – ІЧ сенсор LM393 (зображення з джерела [18])

На інформаційному виводі сенсора зчитується бінарний код. За відсутності перешкоди сенсор видає логічну одиницю, за наявності перешкоди – логічний нуль.

ІЧ сенсори використовуються як детектор продукту/матеріалу та сигнальний пристрій. Ці сенсори сприймають будь-який продукт або матеріал, що проходить по конвеєру, і надсилають сигнал до радіомодуля, який через MAX232 надсилає дані до ПК. ПК приймає сигнал і, у свою чергу, керує двигуном і рухом конвеєра залежно від отриманих даних.

ІЧ сенсор представляє собою систему із ІЧ-випромінювача та фотодіода, що є приймачем сигналу. Якщо на конвеєрній стрічці наявний об'єкт, він перериває світловий потік, що надходить на фотодіод, напруга приймача падає, і запускається функція перемикачання.

Деякі технічні характеристики сенсора:

- кут виявлення об'єктів: 35°;
- потенціометр для зміни чутливості;
- світлова індикація;
- довжина шлейфа: 25 см;
- розміри (Д x Ш x В): 43 x 16 x 7 мм [19].

2.3.5 Електричний двигун

Попередній вибір електродвигуна полягає у встановленні типу та серії двигуна. При виборі серії електродвигуна насамперед слід встановити, з якою метою призначений двигун. Серія електродвигуна залежатиме від того, в якому електромеханічному приводі він використовуватиметься, а також від режиму електроприводу. Разом з цим слід встановити джерело електроживлення та рід струму. Вибір конкретного типу двигуна здійснюється з урахуванням необхідної потужності.

Основні рекомендації щодо вибору електродвигуна зводяться до наступного.

Для нерегульованого приводу тривалої дії бажано вибирати двигун, що має великий ресурс роботи, високий ККД та задану механічну характеристику. Якщо необхідна висока стабільність швидкості обертання, застосовують синхронні двигуни змінного струму або двигуни постійного струму з регуляторами швидкості. Для нерегульованого приводу короткочасної чи повторно короткочасної дії вибирають двигуни з невеликим ресурсом роботи, але з великими значеннями пускових моментів. Такими двигунами є високошвидкісні двигуни постійного струму зі швидкістю обертання 9000 – 12000 об/хв. Застосовувати двигуни з меншою швидкістю доцільно тоді, коли термін служби високошвидкісного двигуна менший за заданий ресурс роботи приводу.

У регульованому приводі застосовують електродвигуни з мінімальним значенням величини електромеханічної постійної часу та максимально допустимою частотою пусків та реверсів: виконавчі двигуни постійного та змінного струмів. При цьому краще вибирати двигуни зі швидкістю обертання 2500 – 4500 об/хв. Однак при малих швидкостях знижується ККД двигуна, збільшуються його габарити та маса.

Аналіз перерахованих вимог дозволяє намітити необхідну серію, а вибір конкретного типу електродвигуна здійснюється з урахуванням необхідної потужності. Вибір двигуна за потужністю полягає у встановленні

номінального значення його потужності $P_{\text{НОМ}}$, яке повинно бути більше або дорівнює розрахунковому значенню потужності P на валу двигуна.

Вихідними для вибору двигуна є його розрахункова потужність $P_{\text{д}}$. Якщо ЕМП працює при постійному навантаженні $M_{\text{н}}$, потужність двигуна визначають за такою формулою:

$$P_{\text{д}} = k \frac{M_{\text{н}} \cdot \omega_{\text{ВЫХ}}}{\eta_0}, (\text{Вт}) \quad (1)$$

де $M_{\text{н}}$ - момент навантаження на вихідному валу редуктора Н*м;

$\omega_{\text{ВЫХ}}$ - кутова швидкість вихідного валу редуктора, рад/с;

k - коефіцієнт запасу, враховує необхідність подолання динамічних навантажень на момент розгону, ($k = 1,05 \dots 1,1$);

η_0 - сумарний коефіцієнт корисної дії редуктора та муфти 2.

Швидкість вихідного валу редуктора невідома, але її можна знайти через задану швидкість V руху стрічки транспортера, так як вал приводного барабана транспортера має ту ж кутову швидкість, що і вихідний вал редуктора:

$$\omega_{\text{ВЫХ}} = \frac{2 \cdot V}{d_{\text{б}}}, \quad (2)$$

де $d_{\text{б}}$ – діаметр приводного барабана транспортера, м.;

V – швидкість руху стрічки транспортера, м/с.

Швидкість вихідного валу редуктора об/хв відповідно дорівнює

$$n_{\text{ВЫХ}} = \frac{30}{\pi} \omega_{\text{ВЫХ}} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot d_{\text{б}}}, (\text{об/хв}) \quad (3)$$

$$n_{\text{ВЫХ}} = \frac{60 \cdot 0,9}{3,14 \cdot 0,32} = 53,74 \quad (\text{об/хв})$$

$$\omega_{\text{вх}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{вх}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 53,74}{30} = 5,625$$

Сумарний коефіцієнт для даного варіанту дорівнює:

$$\eta_0 = \eta_M \cdot \eta_P = \eta_M \cdot \eta_{\Pi}^3 \cdot \eta_{\text{Ц}}^2, \quad (5)$$

де η_M – коефіцієнт корисної дії муфти;

η_P – коефіцієнт корисної дії редуктора;

η_{Π} - коефіцієнт корисної дії пари підшипників кочення (три вала - три пари підшипників з Π^3);

$\eta_{\text{Ц}}$ - коефіцієнт корисної дії циліндричної зубчастої передачі.

Розрахуємо коефіцієнт корисної дії механічної передачі:

Необхідну потужність двигуна знайдемо за формулою (1):

$$P_{\text{д}} = 1,1 \cdot \frac{60 \cdot 5,625}{0,886} = 419 \text{ Вт} = 0,42 (\text{кВт}).$$

На підставі отриманих даних вибираємо електродвигун АІР71В6/920 з номінальною потужністю $P=0,55$ кВт зі швидкістю обертання 920 об/хв [20].

2.3.6 РК екран

Усі дані, що виконуються через мікроконтролер, і обчислення відобразатимуться на екрані РК-дисплея, щоб показати функцію входу та виходу системи.

Було обрано LCD модуль 12864-06D, 12864 (рис. 2.8).

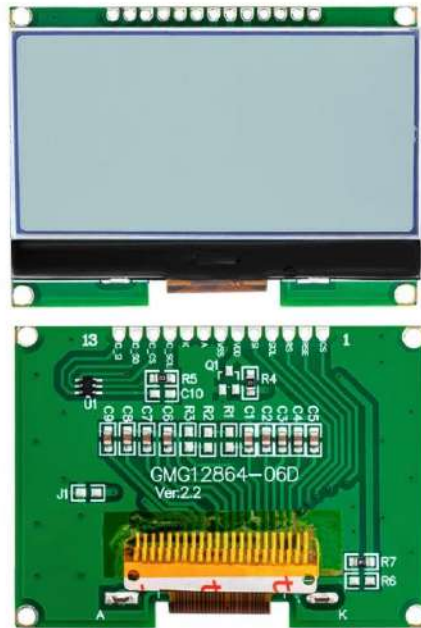


Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд РК екрана LCD модуль 12864-06D
(зображення з джерела [21])

Основні технічні характеристики:

- модель: GMG12864-06D;
- матриця: 12864;
- розміри: 61,8 * 45,8 * 6,8 мм;
- розмір вікна: 58*28;
- драйвер IC: ST7565R;
- IC: 20L16S1Y;
- робоча температура: -20°C... +70 °C;
- напруга: 3,3 В;
- режим інтерфейсу: інтерфейс SPI

2.4 Принцип функціонування системи

Інфрачервоний передавач випромінює інфрачервоне світло перпендикулярно траєкторії руху продукту.

Коли вантаж проходить повз, він блокує промінь світла від досягнення ІЧ-приймача (фотодіодів). Приймач, у свою чергу, відчуває раптову блокування та надсилає сигнал до мікроконтролера, роблячи таким чином підрахунок продукту. Мікроконтролер, у свою чергу, отримує сигнал і порівнює вхідний і вихідний сигнали. Якщо кількість вхідного продукту не дорівнює вихідному продукту, мікроконтролер надсилає код даних 5 на монітор комп'ютера або екран дисплея, що означає «продукт відсутній» або «незбалансований продукт/матеріал», через пристрій інтерфейсу (MAX232), який інтерфейс до радіочастотного передавача, РЧ-модуль передає інформацію на приймач РЧ-модуля, у якому модуль отримує дані та передає дані до комп'ютер через MAX 232, комп'ютер відобразить повідомлення, інкубовані всередині даних.

Алгоритм роботи системи має наступний вид.

- ініціалізація: виконується ініціалізація всіх компонентів, включаючи мікроконтролер, радіочастотні модулі, інфрачервоні сенсори, електродвигун і РК екран; у разі необхідності потрібно налаштувати зв'язок між мікроконтролером і РЧ модулями;
- цикл моніторингу наявності вантажів: за допомогою ІЧ-сенсорів постійно відбувається визначення наявності або відсутності вантажів на конвеєрі;
- передача даних: у разі, якщо ІЧ-сенсор виявляє об'єкт, генерується сигнал, який передається бездротовим способом за допомогою радіочастотного передавача (кодера HT12E);
- прийом сигналу: сигнал надходить до системи за допомогою радіочастотного декодера (HT12D), підключеного до мікроконтролера;
- обробка отриманих даних в мікроконтролері (AT89C52), в результаті чого визначаються необхідні дії (наприклад, запустити/зупинити конвеєр, змінити швидкість руху конвеєрної стрічки);

- управління двигуном: електродвигуну надсилаються команди для керування рухом конвеєрної стрічки на основі оброблених даних;
- виведення інформації: на РК екрані регулярно оновлюється інформація, така як стан системи, функції входу та виходу та будь-які повідомлення про помилки.

Цикл моніторингу повторюється, щоб постійно сканувати об'єкти на конвеєрній стрічці.

Блок-схема, наведена на рис. 2.9, ілюструє потік інформації та керування між різними компонентами автоматичної міні-конвеєрної системи для моніторингу наявності об'єктів на конвеєрній стрічці.

2.5 Моделювання електричної схеми

Програмне забезпечення для електронного моделювання використовується для перевірки того, як проект працюватиме в реальних умовах. Існує багато програмного забезпечення електронного моделювання, яке можна використовувати для моделювання електронного дизайну з багатьма вбудованими інструментами. Найпопулярнішим програмним забезпеченням для моделювання електронних проектів є PROTEUS. Proteus надає функції, викликані за допомогою ISIS і ARES і які дозволяють розробнику розробити електронну схему, а потім її симулювати. Це також дає можливість створити макет друкованої плати (PCB) за допомогою програмного забезпечення. Використовувалась версія програмного забезпечення Proteus 7.0, яка сумісна з операційними системами Windows. Як програмне забезпечення та додаток для електронного моделювання, proteus 7.0 було розроблено для захоплення схем, симуляції мікропроцесора знову для конструкцій друкованих плат.



Рисунок 2.9 – Блок-схема алгоритму роботи системи

Результат моделювання системи керування транспортувальною лінією наведено на рис. 2.10.

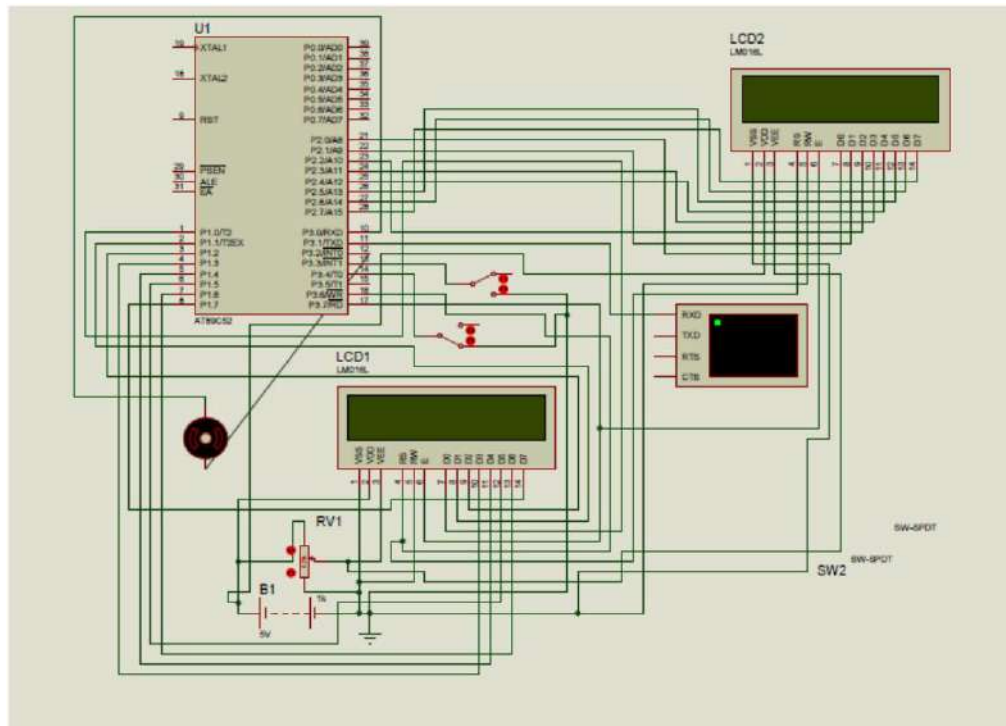


Рисунок 2.10 – Результат моделювання системи керування транспортувальною лінією

2.6 Перевірка функціональності системи

Електронний блок підрахунку об'єктів на конвеєрній лінії підключається до джерела живлення напругою 9 В. Сенсори підключаються до цього блоку за допомогою гнучких дротів. ІЧ-датчики та фотодіоди на вході та виході розташовані на певній відстані один від одного. Розпізнавання руху об'єктів між датчиками у точках входу та виходу виконується лічильником, що відображається на РК екрані для лічильника входів та РК екрані 2 для лічильника виходів відповідно.

Взаємозв'язок між сенсорним блоком та блоком MAX232 перевіряється на реакцію та функціональність шляхом включення модему та

спостереження за реакцією світлодіода модему. За наявності зв'язку між модемом, лічильним і сигнальним блоком світлодіод горить постійно і горить постійно, а при отриманні даних від лічильника світлодіод горить постійно і злегка блимає.

При включенні силового блоку управління включається малий перемикач електронного блоку автоматичного рахунку та сигналізації, електродвигун запускається, і конвеєрна стрічка обертається разом із вантажем, встановленим на ній.

Якщо об'єкт на конвеєрній стрічці знаходиться між датчиками в точці входу, в цей момент вантаж блокує фотодіод від світла, що випромінюється ІЧ-датчиком, і це блокування розглядається як переривання сенсорної фотодіодної системи. Ця подія перетворюється мікроконтролером на команду для зміну рахунку, що відображається у вигляді числа на РК екрані 1.

Подібна ситуація виникає, коли об'єкт знаходиться між датчиками в точці виходу, і в цьому разі мікроконтролер дає команду зміни підрахунку, що відображається як число на РК екрані 2. У цей момент другий мікроконтролер порівнює підрахунок між двома датчиками та надсилає дані підрахунку або дані про помилку балансу підрахунку через блок бездротової сигналізації передачі даних на модем бездротового приймача даних MAX 232.

Модем підключено до комп'ютера за допомогою кабелю перетворення DB9 (порт COM 1) на USB. Посилання, які ведуть до відображення діалогового вікна моніторингу під час з'єднання, за яким дані, отримані модемом, відображаються на екрані комп'ютера. Наявність з'єднання підтверджується для оператора світінням кольорового індикатора на модемі.

Коли модем увімкнено, але і він не отримує дані чи інформацію від системи сигналізації на конвеєрі, на лічильнику відображається 00000. Потім задається команда 15, що включає бездротовий канал зв'язку.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ЇЇ ОПТИМІЗАЦІЯ

У третьому розділі обґрунтовується необхідність автоматизації керування, виконується програмування мікроконтролера, розглядаються шляхи оптимізації системи керування транспортувальною лінією а також пропонується оптимізація системи керування конвеєром за допомогою машинного навчання.

3.1 Автоматизація керування стрічковим конвеєром

Автоматизація управління стрічковими конвеєрами є ключовим елементом сучасних виробничих та транспортних систем з численними перевагами. Декілька причин, чому автоматизація управління стрічковими конвеєрами є важливою, включають:

- підвищення ефективності: автоматичне управління дозволяє оптимізувати швидкість, розгін та зупинку конвеєра відповідно до вимог виробництва; це сприяє підвищенню продуктивності та зниженню часу циклу переміщення матеріалів;
- економія енергії: системи автоматизації можуть ефективно керувати енергоспоживанням конвеєрів, встановлюючи оптимальні режими роботи та зменшуючи енерговитрати у періодах простою чи низького навантаження;
- точність та керована логістика: автоматичне керування забезпечує точність у переміщенні матеріалів та вивантаженні, що є важливим для дотримання графіків виробництва та уникнення помилок у логістиці;
- зниження витрат на обслуговування: системи автоматизації можуть автоматично виявляти потенційні проблеми або поломки на

конвеєрах, що дозволяє проводити профілактичне обслуговування та уникати довготривалих зупинок у виробництві;

- безпека працівників: автоматизація дозволяє уникнути ручного втручання в процеси управління конвеєрами, зменшуючи ризик травматизму для працівників та підвищуючи загальний рівень безпеки на робочому місці;

- гнучкість та адаптивність: системи автоматизації можуть легко адаптуватися до змін у виробничому процесі, забезпечуючи гнучкість у виборі шляхів та напрямків руху, а також інші параметри роботи конвеєрів;

- моніторинг та звітність: системи автоматизації дозволяють віддалено відстежувати роботу конвеєрів, збирати дані та генерувати звіти, що сприяє покращенню аналізу продуктивності та прийняттю найефективніших стратегій управління.

Отже, автоматизація управління стрічковими конвеєрами визнається як важливий елемент для оптимізації та покращення різних аспектів виробничих та логістичних процесів.

3.2 Програмування мікроконтролера

Моделювання проводилося на платформі професійної анімації ISIS з використанням віртуальної схеми, що містить мікроконтролер ПЛК AT89C52. Програма, написана на мові програмування асемблер, використовується для управління процесом моделювання та перевірки того, як він працюватиме в реальному часі. Основна частина програми управління наведена у Додатку А.

Основний програмний цикл, схематично наведений на рис. 3.1., представляє безперервний цикл основної програми і керує потоком між різними функціональними блоками.

Блок «Моніторинг сенсорів» відповідає за опитування ІЧ-сенсорів, що виявляє об'єкти на вході та виході з конвеєрної системи.

Блок «Обробка даних» об'єднує команди, що виконують обробку даних, отриманих від сенсорів, їх інтерпретацію, керування інформацією через радіомодулі і підготовку даних для керування двигуном.

Блок «Керування двигуном» відповідає за надання параметрів двигуну з метою руху конвеєрної стрічки.

Блок «Оновлення РК екранів» відповідає за керування РКЕ, на яких відображається інформація, пов'язана з роботою системи, функціями входу та виходу, а також будь-які інші відповідні дані.



Рисунок 3.1 – Основні блоки програми керування

3.3 Шляхи оптимізації системи керування транспортувальною лінією

Система керування стрічковим конвеєром, на нашу думку, має можливість удосконалення та розширення функціональності.

3.3.1 Застосування додаткових сенсорів

В системі керування стрічковим конвеєром можна використовувати додаткові сенсори для поліпшення точності виявлення та реагування на різні характеристики продуктів, наприклад:

- вагові сенсори: може бути корисним для визначення кількості продуктів на стрічці та оптимізації розташування продуктів;
- температурні сенсори: може бути важливим для виявлення критичних до температури об'єктів, що транспортуються;
- сенсори деформації: для виявлення або вимірювання змін у формі або структури продуктів під час руху по конвеєру.

Для специфічних об'єктів, що транспортуються, можуть використовуватись акустичні сенсори, сенсори вологості, магнітного поля тощо.

Додавання цих сенсорів дозволить системі отримувати більше інформації про продукти, що проходять по конвеєру, і робити більш точне управління на основі цих даних.

3.3.2 Виконання відеомоніторингу

Це підхід полягає у використанні камер для візуального моніторингу та аналізу продуктів на стрічці. Розпізнавання кольору, форми та інших властивостей може бути використане для класифікації продуктів. Це може поліпшити спосіб виявлення об'єктів, що транспортуються, та надасть можливість вирішення більш широкого спектру задач.

3.3.3 Машинне навчання

Технології машинного навчання можуть бути використані для удосконалення алгоритмів виявлення та класифікації продуктів. Це може дозволити системі адаптуватися до нових типів продуктів без необхідності перепрограмування.

Вдосконалення системи керування стрічковим конвеєром за допомогою машинного навчання може сприяти поліпшенню точності виявлення продуктів, автоматизації процесу розпізнавання та реагування на різні сценарії виробничого процесу. Ось докладніше, які аспекти можна вдосконалити:

- виявлення та класифікація об'єктів: можна використовувати алгоритми машинного навчання для реалізації більш точного та адаптивного виявлення об'єктів на стрічці, а модель тренувати на великому наборі даних для ефективного розпізнавання продуктів різних форм і розмірів;
- динамічне адаптивне керування параметрами конвеєра, такими як швидкість руху, напрямок та інші, на основі виявлених характеристик об'єктів;
- оптимізація швидкості та продуктивності шляхом тренування моделі машинного навчання, щоб адаптивно регулювати швидкість конвеєра в залежності від об'єктів, які перебувають на стрічці, для збільшення ефективності та продуктивності;
- автоматичне виявлення браку: машинне навчання може допомогти виявляти брак або несподівані ситуації на конвеєрі та надавати системі можливість автоматично реагувати на них;
- оптимізація системи керування: для ефективного керування всією системою можна використовувати алгоритми оптимізації, такі як підвищення працездатності та управління енергоспоживанням (докладніше у п. 3.4);
- взаємодія з користувачем: для користувачів, що використовують машинне навчання, можна імплементувати інтерфейси для зручної настройки та моніторингу системи;
- система аналізу даних: машинне навчання можна використати для аналізу великих обсягів даних, щоб виявляти тенденції, прогнозувати відмови та оптимізувати процеси.

Ці вдосконалення допоможуть системі керування конвеєром бути більш гнучкою, точною та здатною до самооптимізації в реальному часі. Однак, варто пам'ятати, що впровадження машинного навчання вимагає обширного тестування та налагодження для досягнення оптимальних результатів.

3.3.4 Застосування додаткових модулів зв'язку

Одним із перспективних напрямків оптимізації, на нашу думку, є можливість використання інших модулів зв'язку для підтримки взаємодії з іншими системами або віддаленим моніторингом через Інтернет.

3.3.5 Автоматична сортувальна система

За необхідності можливе додавання автоматичної сортувальної системи, яка може направляти продукти на різні шляхи в залежності від певних характеристик або вказівок.

3.3.6 Аварійна сигналізація та діагностика

для швидкого виявлення та вирішення можливих проблем може бути додана систему аварійної сигналізації та діагностики

3.3.7 Енергозберігаючі рішення

Можливі різні способи реалізації технології енергозбереження для оптимізації споживання електроенергії системою, наприклад:

- автоматичне регулювання швидкості конвеєра;
- застосування системи сплячого режиму (Sleep Mode) для компонентів системи, якщо вони не використовуються;
- використання енергоефективних двигунів, які мають вищий коефіцієнт корисної дії та споживають менше енергії;
- планування графіку виробництва, щоб уникати непотрібного використання енергії під час періодів невикористання;
- використання акумуляторів або систем зберігання енергії, яка виробляється в періоди низького навантаження, щоб використовувати її в періоди великого навантаження.

Реалізація цих рішень допоможе забезпечити оптимальне та енергоефективне управління конвеєром, що вплине на зниження витрат електроенергії та вартості експлуатації.

3.3.8 Можливість виправлення помилок

Автоматичне виправлення помилок та виправлення маршруту можна реалізувати в системі керування стрічковим конвеєром за допомогою деяких додаткових механізмів та алгоритмів, наприклад:

- додаткові сенсори для виявлення помилок, таких як відсутність продуктів, затримки, зіткнення або інші проблеми;
- відстеження позначок або маркерів для визначення положення та руху об'єктів, що може служити точкою відліку для корекції маршруту;
- відеомоніторинг: алгоритми обробки зображень можуть визначити зміни у положенні продуктів та сприяти виправленню маршруту.
- алгоритми маршрутизації, які автоматично коригують маршрут у випадках помилок шляхом зміни швидкості, напрямку або зупинки конвеєра для виправлення ситуації;
- система автоматичного виправлення при зіткненнях;
- система моніторингу та діагностики, що стежить за працездатністю компонентів системи;
- автоматичне вилучення бракованих об'єктів;
- віддалений моніторинг та управління, коли віддалені оператори можуть втручатися в роботу системи та виправляти помилки в реальному часі;
- система аварійного відновлення, яка відновлює стан системи після збоїв та запускає процес виправлення помилок.

Реалізація цих механізмів дозволить системі автоматично виправляти помилки та забезпечувати безперервну та ефективну роботу конвеєрної системи.

3.4 Оптимізація системи керування конвеєром за допомогою машинного навчання

Серед представлених способів оптимізації нами було обрано наступну. Оптимізація системи керування конвеєром за допомогою машинного навчання може бути реалізована за допомогою алгоритму, який поєднує в собі збір та аналіз даних, навчання моделі, тестування та постійну оптимізацію.

Перший етап - збір даних: необхідно зібрати дані з різних джерел, таких як сенсори, камери, RFID-системи, тощо. Ці дані повинні включати інформацію про рух продуктів, стан конвеєра, швидкість, температуру, вологість та інші важливі параметри.

Другий етап – попередня обробка даних. Необхідно провести попередню обробку даних, включаючи видалення аномальних значень, нормалізацію даних, обрізку та інші операції для підготовки даних до подальшого аналізу.

Третій етап - визначення цільового параметра. Потрібно визначити цільовий параметр для оптимізації. Наприклад, це може бути максимізація ефективності виробничого процесу, мінімізація споживання енергії або оптимізація часу роботи конвеєра.

Четвертий етап – вибір моделі машинного навчання. На цьому етапі необхідно вибрати відповідну модель машинного навчання для задачі оптимізації. Це може бути регресійна модель, класифікатор, ансамбль моделей, нейронна мережа, тощо.

П'ятий етап - навчання моделі. Потрібно навчити модель на підготовлених даних. Для цього використовують алгоритми навчання для побудови моделі, яка може передбачати оптимальні параметри роботи конвеєра.

Шостий етап - валідація моделі. Використовуються тестові дані для валідації точності та ефективності моделі. Необхідно забезпечити, щоб модель правильно визначала оптимальні стратегії керування.

Сьомий етап – впровадження моделі: Тут потрібно розгорнути навчену модель на системі керування конвеєром, і забезпечити можливість взаємодії моделі з реальними даними та іншими компонентами системи.

Восьмий етап - система збору реальних даних в режимі реального часу. Це дозволить моделі постійно адаптуватися до змін у виробничому середовищі.

Дев'ятий етап - постійна оптимізація. Необхідно використовувати отримані в реальному часі дані для постійної оптимізації параметрів системи керування. Модель може регулювати параметри, такі як швидкість конвеєра, час зупинки, розподіл енергії та інші.

Десятий етап - моніторинг та діагностика. Необхідно вбудувати систему моніторингу та діагностики, що слідкує за відхиленнями та невідповідностями в роботі системи.

Одинадцятий етап – віддалене управління. Потрібно розглянути можливість віддаленого управління системою для операторів або інженерів, що може допомогти вирішувати невідповідності та адаптувати систему до нових умов. Цей алгоритм надає загальну рамку для впровадження машинного навчання у систему керування конвеєром і його подальшої оптимізації в реальному часі.

Нами було вирішено удосконалити цей алгоритм шляхом використання систем комп'ютерного зору. Зазвичай, системи комп'ютерного зору використовуються для аналізу візуальних даних, таких як зображення чи відео. У випадку конвеєрів, система комп'ютерного зору може допомогти в розпізнаванні продуктів, визначенні їхнього розташування та стану. Тому було вирішено запропонувати розширений алгоритм з включенням системи комп'ютерного зору, що включають додаткові етапи, до збору даних, а саме:

- процес збору візуальних даних з допомогою системи комп'ютерного зору;
- обробку візуальних даних, включаючи розпізнавання об'єктів, визначення їхнього розташування та інших важливих параметрів.

Загальний алгоритм для цього процесу представлений на рис. 3.2.

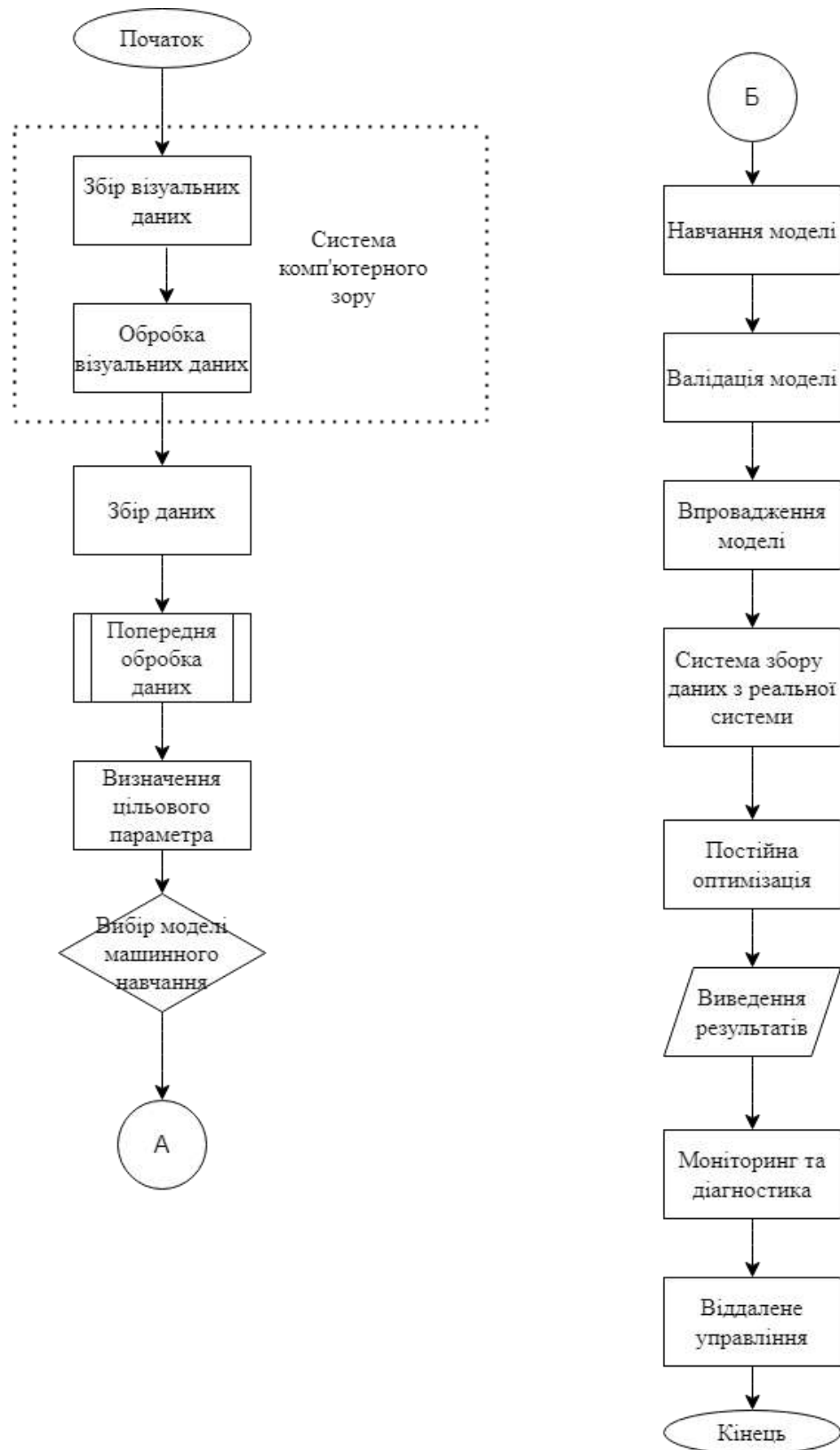


Рисунок 3.2 - Модифікована блок-схема оптимізація системи керування конвеєром за допомогою машинного навчання

Ця модифікована блок-схема враховує використання системи комп'ютерного зору в контексті оптимізації системи керування конвеєром.

Вибір моделі машинного навчання залежить від конкретного завдання, характеристик даних і вимог системи. Є багато різних моделей, і кожна має свої переваги та обмеження. В табл. 3.1 наведені кілька типів моделей та випадки їх застосування.

Таблиця 3.1 – Типи моделей машинного навчання та випадки їх застосування.

Модель машинного навчання	Випадок застосування	Переваги	Обмеження
1	2	3	4
Лінійна Регресія	Прогнозування числового значення (наприклад, часу роботи конвеєра, витрат енергії).	Простота та інтерпретованість.	Підходить лише для лінійних залежностей між вхідними та вихідними змінними.
Дерева Рішень	Класифікація об'єктів (наприклад, визначення типу продукту на конвеєрі).	Добре розуміється людьми, відмінна здатність робити класифікацію на основі рядків правил.	Може стати надто складним і перенавчатися на деяких типах даних.

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
Нейронні Мережі	Складні, нелінійні відображення (може використовуватися для багатьох завдань, включаючи прогнозування та класифікацію).	Здатність моделювати складні залежності у великих наборах даних.	Вимагає багато даних для навчання, потребує налаштування гіпер-параметрів.
Ансамблеві Методи	Комбінування прогнозів декількох моделей для підвищення точності.	Ефективні для роботи з різними видами даних та великими наборами.	Вимагає більше ресурсів для тренування
Метод Опорних Векторів	Класифікація та регресія, особливо у випадках з виділенням границь рішень.	Ефективний в просторах великої кількості вимірів.	Може вимагати налаштування гіпер-параметрів, чутливий до масштабування даних.
Метод k- Найближчих Сусідів (k- NN)	Класифікація або регресія на основі близькості між прикладями.	Простий інтерпретації, може працювати добре для великої кількості вхідних параметрів	Чутливий до викидів, може бути обчислювально витратним при великих наборах даних.

Вибір конкретної моделі повинен бути здійснений на основі аналізу ваших даних та вимог завдання. Потрібно експериментувати з різними моделями, налаштовувати їхні параметри і використовувати ті, які найкраще відповідають системі керування конвеєром.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра було розроблено програмно-апаратний комплекс керування транспортувальною лінією на прикладі стрічкового конвеєра.

У першому розділі наведено класифікацію, опис основних типів та переваги використання транспортувальних ліній. Описано критерії вибору типу транспортувальних ліній та виконано порівняльний аналіз п'яти типів конвеєрів: стрічкового, ланцюгового, роликового, пластинчастого та підвісного. Наведено загальний принцип роботи стрічкового конвеєра, описано області його застосування. Виконано постановку задачі дипломної роботи магістра.

У другому розділі описуються вимоги, які висуваються до системи керування транспортувальною лінією у вигляді стрічкового конвеєра, виконується розробка загальної архітектури, здійснюється вибір комплектуючих, виконано розрахунок електроприводу. Наведено опис функціонування системи керування, здійснено моделювання електричної схеми.

У третьому розділі обґрунтовується необхідність автоматизації керування, виконується програмування мікроконтролера, розглядаються шляхи оптимізації системи керування транспортувальною лінією а також пропонується оптимізація системи керування конвеєром за допомогою машинного навчання.

Наукова новизна дипломної роботи магістра полягає у розробці алгоритму керування, що включає використання системи комп'ютерного зору та машинного навчання.

Практична цінність полягає в тому, що запропоновано значну кількість практичних кроків для оптимізації системи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Адамчук В. В. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. Київ. Аграрна наука, 2020. 416 с.
2. Удовицький, О. М. (2006). Особливості використання конвеєрів у лісовій та деревообробній промисловості. *Науковий вісник НЛТУ України*, 16(1), 130-134.
3. Конвеєри: види, класифікація та сфера застосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ssk.ua/ua/blog/konvejery-vidy-klassifikaciya-i-sfera-primeneniya-482>
4. Типи, категорії та галузі застосування конвеєрів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ten24.com.ua/ua/blog/typy-kategorii-i-oblasti-primeneniya-konveyerov/>
5. Конвеєр: що це таке, види, застосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kherson-news.net/lang/uk/conveyor-what-it-is-types-application.html>
6. How To Choose The Best Conveyors Based On Your Needs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spantechconveyors.com/2018/10/01/best-conveyors-by-application/>
7. Advantages and disadvantages of different conveyor systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ocssystem.co.uk/conveyor-expertise/advantages-and-disadvantages-of-different-conveyor-systems/>
8. Пристрій та застосування стрічкового конвеєра [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://d-nk.com.ua/stati-5/ustrojstvo-i-primenenie-lentochnogo-konvejera/>
9. Що таке конвеєрна стрічка? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ten24.com.ua/blog/konveyernye-lenty/>

10. What is a Conveyor System : Types & Their Working [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elprocus.com/conveyor-system-types-working/>
11. Conveyor Belt Working Principle & Application [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.beidoou.com/mining/application-of-conveyor-belt.html>
12. Lodewijks, G., Li, W., Pang, Y., & Jiang, X. (2016). An application of the IoT in belt conveyor systems. In *Internet and Distributed Computing Systems: 9th International Conference, IDCS 2016, Wuhan, China, September 28-30, 2016, Proceedings 9* (pp. 340-351). Springer International Publishing.
13. Basseey, J. E., & Bala, K. C. (2018, September). Development of an Automatic Mini-Conveyor System for Product Monitoring. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 413, No. 1, p. 012021). IOP Publishing. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/351551561_Development_of_an_Automatic_Mini-conveyor_System_for_Product_Monitoring
14. Francheschinis M, Spirito M, Toamsi, Ossini G, Pidala M. Sensor Technologies and Application. Proc. Second International Conference. 2008; 282
15. AT89C52 Microcontroller [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.electroniccomp.com/at89c52-microcontroller-india>
16. MAX232: construction, working, types, uses [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.electricaltechnology.org/2014/10/max232-construction-working-types-uses.html>
17. HT12E AND HT12D ENCODER/DECODER IC PAIR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inventelectronics.com/product/ht12e-and-ht12d-encoderdecoder-pair/>
18. ІЧ датчик перешкод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://izi.ua/p-81976991-infrakrasniy-datchik-obkhoda-prepyatstviy-arduino>
19. Оптичний ІЧ датчик обходу перешкод, LM393
Детальніше: <https://radiocron.com.ua/ua/p1063016582-opticheskiy-datchik->

obhoda.html [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://radiocron.com.ua/ua/p1063016582-opticheskiy-datchik-obhoda.html>

20. Motor selection for belt-conveyor drives [Электронный ресурс]. –
Режим доступа: http://www.littelfuse.com/technical-resources/.../Conveyor_Belt_Drives.pdf

21. GREAT IT Lcd12864 12864-06D, 12864, LCD Module, COG, With Chinese Font, Dot Matrix Screen, SPI Interface [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aliexpress.com/item/1005004205927681.html>

Додаток А

Програма системи керування транспортувальною лінією

```

    org 000h
    tens_thousand equ 69h
    thousand equ 71h
    hundred equ 72h
    tens equ 73h
    ones equ 74h
    ;setb p3.5

start:
    mov thousand, #30h
    mov hundred, #30h
    mov tens, #30h
    mov ones, #30h
    again:

    setb tr1
    call led_init
    back:
    .....
    .....
    jb p3.5, $
    call delay
    sjmp back
show:    inc ones
        mov a, ones
        cjne a, #3ah, show_exit
        mov ones, #30h
        inc tens
        mov a, tens
        cjne a, #3ah, show_exit
        mov ones, #30h

```

Рисунок А.1 – Скрін програми системи керування транспортувальною лінією (початок)

```

mov tens, #30h
inc hundred
.....
.....
cjne a, #3ah, show_exit
mov ones, #30h
mov tens, #30h
mov hundred, #30h
mov thousand, #30h
show_exit: call show_led
ret
show_led:  mov r1, #0eah
call led_command
mov r1, thousand
call led_data
mov r1, hundred
call led_data
mov r1, tens
call led_data
mov r1, ones
call led_data
ret

contact:
.....
.....#30h

mov r1, a
mov p1, r1
call led_data
ret
led_init
.....
.....
ret
led_command:
.....
.....
delay:
mov r3, #20
ade:
mov r5, #220
jonn:
djnz r5, jonn
djnz r3, ade
ret
end

```

Рисунок А.2 – Скрін програми системи керування транспортувальною лінією (закінчення)

Додаток Б

Презентація до дипломної роботи магістра

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



Презентація до дипломної роботи магістра
на тему:
«Розробка програмно-апаратного комплексу
керування транспортувальною лінією»

Виконав студент групи БК-512м

Дмитро ШАПОВАЛ

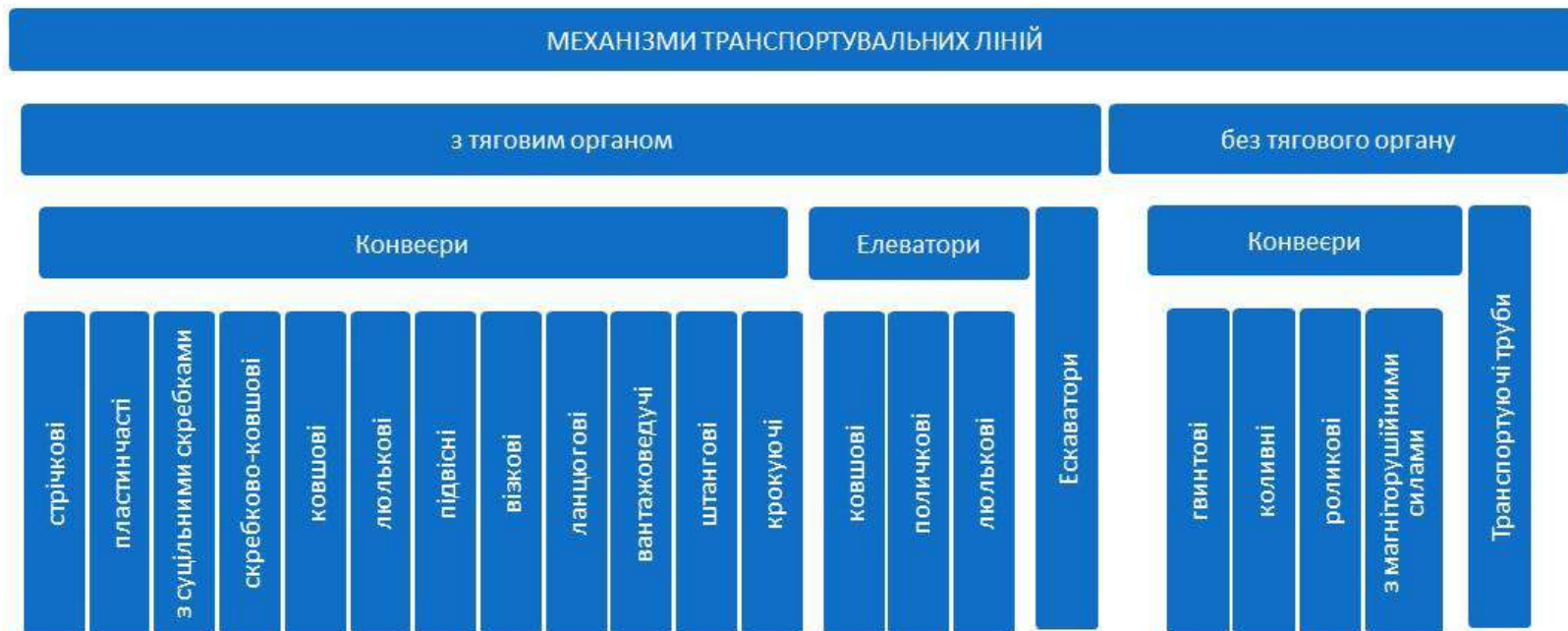
Керівник: к.т.н., доцент

Наталія ФУРМАНОВА





Класифікація механізмів транспортувальних ліній





Критерії вибору типу транспортувальної лінії

- Технічні характеристики (тип вантажу; вага та розміри вантажу; відстань та напрямок переміщення; швидкість та продуктивність)
- Техніко-економічні показники (вартість конвеєра; енергоефективність; можливість модернізації та розширення)
- Функціональні особливості (функціональне призначення; гнучкість та адаптивність; безпека)
- Специфічні вимоги галузі (індустріальні особливості; стандарти та регулювання)



Основні переваги та недоліки різних конвеєрних систем

Тип конвеєра	Переваги	Недоліки
Стрічковий конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – ефективність та простота; – низька вартість; – гнучкість в застосуванні 	<ul style="list-style-type: none"> – обмеженість вантажопідйому; – вразливість до пошкоджень; – обмежена гнучкість в трасуванні
Ланцюговий конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – висока вантажопідйомність; – міцність та надійність; – можливість підйому на висоту 	<ul style="list-style-type: none"> – висока вартість; – складність в обслуговуванні; – обмежена гнучкість трасування
Роликовий конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – легкість та простота використання; – гнучкість в застосуванні; – ефективність для легких вантажів 	<ul style="list-style-type: none"> – обмежена вантажопідйомність; – вразливість до пошкоджень; – обмежена довжина траси
Пластинчастий конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – здатність до пересування на схилі; – можливість зміни кута нахилу; – стійкість до агресивних матеріалів 	<ul style="list-style-type: none"> – високі витрати на встановлення; – обмежена вантажопідйомність; – підвищена зносостійкість
Підвісний конвеєр	<ul style="list-style-type: none"> – збереження простору; – ефективність в пересуванні в вертикальному напрямку; – гнучкість в застосуванні 	<ul style="list-style-type: none"> – високі витрати на встановлення; – складність в обслуговуванні; – обмежена вантажопідйомність



Стрічковий конвеєр



Області застосування стрічкових конвеєрів:

- Виробництво
- Гірничодобувна промисловість
- Сільське господарство
- Логістика та розподіл
- Харчова промисловість
- Обробка багажу в аеропорту
- Логістика



Постановка задачі дипломної роботи магістра

Метою даної дипломної роботи магістра є розробка програмно-апаратного комплексу керування транспортувальною лінією.

Основні вимоги до розроблюваної системи::

- висока швидкість переміщення вантажу для ефективності виробничих операцій;
- достатня пропускна здатність;
- стабільність роботи і мінімальний час непрацездатності;
- система керування має бути ефективною та гнучкою, здатною взаємодіяти з іншими елементами автоматизованої системи;
- використання сенсорів для виявлення вантажу, контролю швидкості та інших параметрів;
- конвеєр повинен бути гнучким та легко адаптуватися до змін у виробничих умовах; повинен бути готовий до інтеграції з новими технологіями та змінами виробничого процесу;
- система повинна бути розроблена для ефективного використання електроенергії та можливості енергозбереження





Етапи розробки системи автоматизованого стрічкового конвеєра

- 1) Аналіз технічних вимог.
- 2) Проєктування:
 - механічне проєктування;
 - електричне проєктування;
 - проєктування системи керування.
- 3) Виробництво та виконання складальних операцій.
- 4) Тестування розробленого та виготовленого комплексу стрічкового конвеєра.
- 5) Впровадження.
- 6) Обслуговування та підтримка системи.





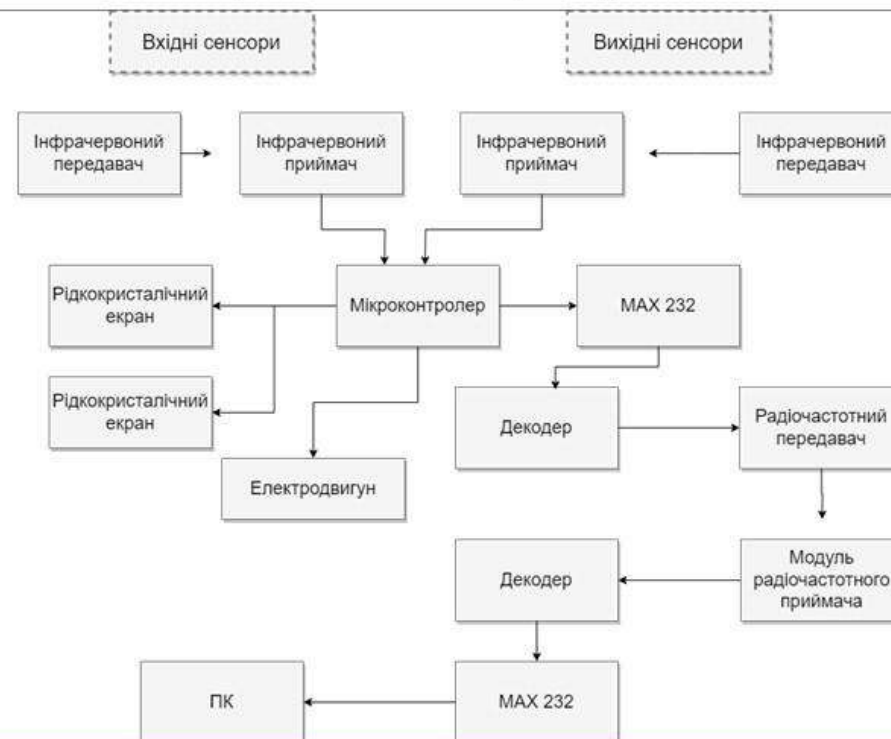
Вимоги до системи керування конвеєром

- Автоматизація та ефективність
- Надійність та доступність
- Синхронізація з промисловим процесом
- Система детектування та сигналізації
- Інтеграція з іншими системами
- Енергоефективність
- Безпека
- Легкість обслуговування та діагностика
- Масштабованість



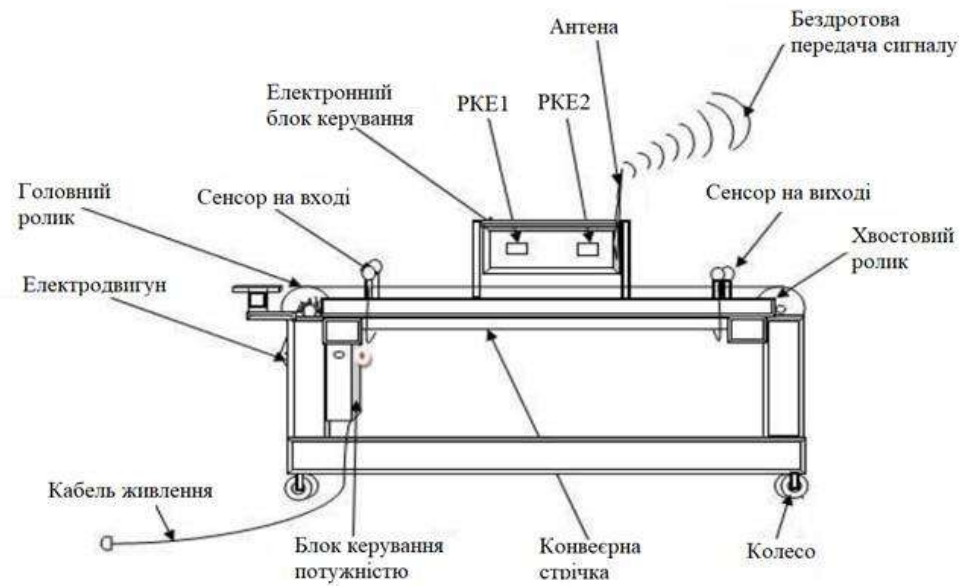


Загальна архітектура системи управління транспортувальною лінією





Схематичне зображення та 3D-модель розробленої транспортувальної лінії



iTeD



Вибір комплектуючих



Мікроконтролер
AT89C52



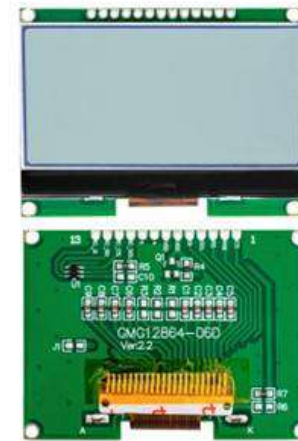
Мікросхема MAX232



Кодер HT12E
і декодер HT12D



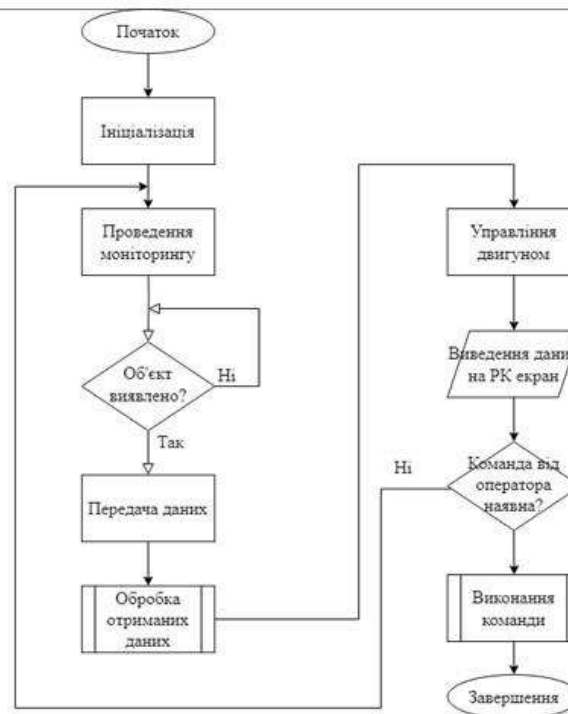
ІЧ сенсор LM393



LCD модуль 12864-06D

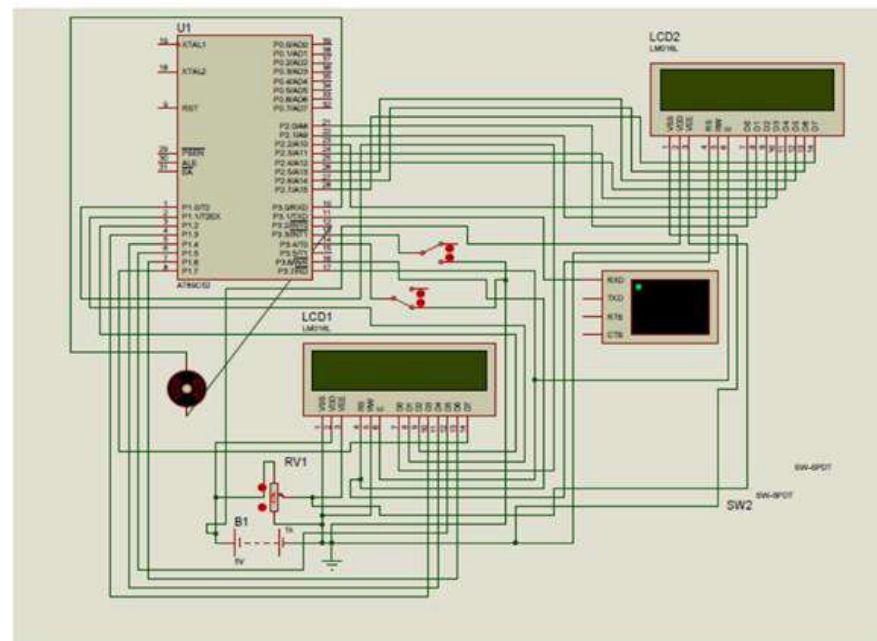


Блок-схема алгоритму роботи системи





Результат моделювання системи керування транспортувальною лінією





Основні блоки програми керування

Основний програмний
цикл





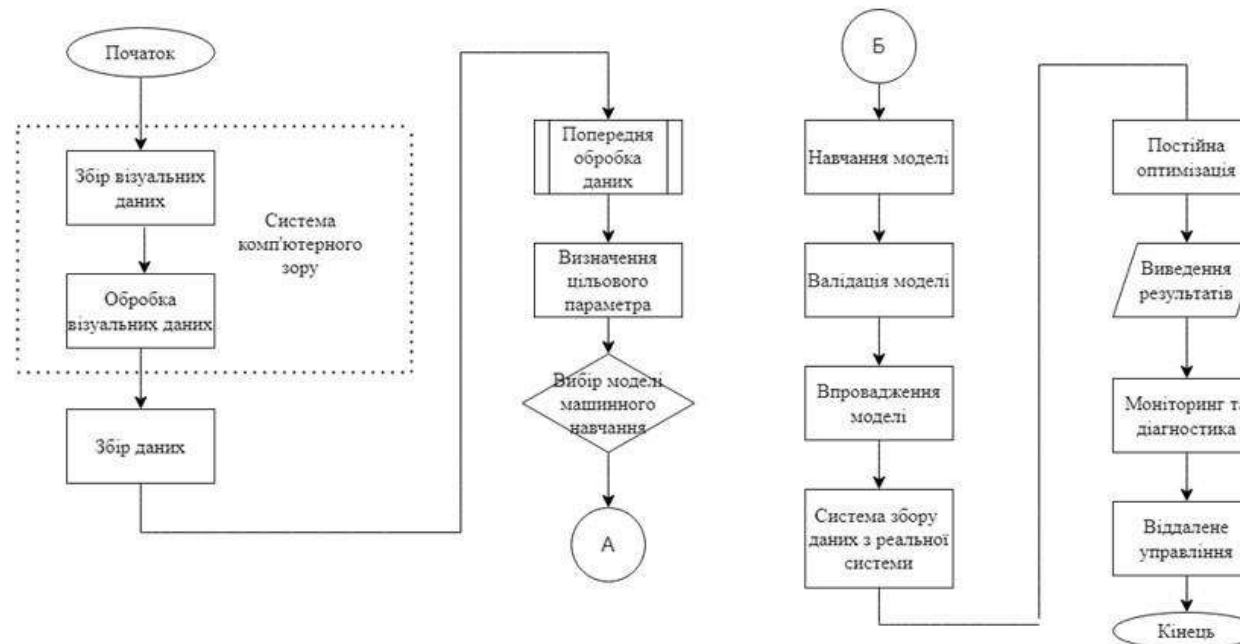
Шляхи оптимізації системи керування транспортувальною лінією

- Застосування додаткових сенсорів
- Виконання відеомоніторингу
- Машинне навчання
- Застосування додаткових модулів зв'язку
- Автоматична сортувальна система
- Аварійна сигналізація та діагностика
- Енергозберігаючі рішення
- Можливість виправлення помилок





Оптимізація системи керування конвеєром за допомогою машинного навчання





Висновки

У дипломній роботі магістра було розроблено програмно-апаратний комплекс керування транспортувальною лінією на прикладі стрічкового конвеєра.

У першому розділі наведено класифікацію, опис основних типів та переваги використання транспортувальних ліній. Описано критерії вибору типу транспортувальних ліній та виконано порівняльний аналіз п'яти типів конвеєрів: стрічкового, ланцюгового, роликового, пластинчастого та підвісного. Наведено загальний принцип роботи стрічкового конвеєра, описано області його застосування. Виконано постановку задачі дипломної роботи магістра.

У другому розділі описуються вимоги, які висувуються до системи керування транспортувальною лінією у вигляді стрічкового конвеєра, виконується розробка загальної архітектури, здійснюється вибір комплектуючих, виконано розрахунок електроприводу. Наведено опис функціонування системи керування, здійснено моделювання електричної схеми.

У третьому розділі обґрунтовується необхідність автоматизації керування, виконується програмування мікроконтролера, розглядаються шляхи оптимізації системи керування транспортувальною лінією а також пропонується оптимізація системи керування конвеєром за допомогою машинного навчання.

Наукова новизна дипломної роботи магістра полягає у розробці алгоритму керування, що включає використання системи комп'ютерного зору та машинного навчання.

Практична цінність полягає в тому, що запропоновано значну кількість практичних кроків для оптимізації системи.

