

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ФЛЕСІН Артур Сергійович

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ КОНВЕЄРНОЮ
СОРТУВАЛЬНОЮ ЛІНІЄЮ НА СКЛАДІ/ AUTOMATED CONTROL SYSTEM
OF THE CONVEYOR SORTING LINE IN THE WAREHOUSE

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Випускна кваліфікаційна робота
здобувача першого (бакалаврського) рівня освіти

Виконала: студент групи АКІТ-41
Явна А.Р.

Науковий керівник:
д.т.н., професор Николайчук Я.М.

Випускну кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:
" ____ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри СКС
_____ А. І. Сегін

Тернопіль 2023

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

Освітній ступінь "бакалавр"

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

_____ А.І.Сергін

“ ____ ” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

ФЛЕСІНУ Артуру Сергійовичу

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизована система управління конвеєрною лінією на складі / Automated conveyor line control system in a warehouse.

керівник роботи к.т.н., доцент П.В. Гуменний

затверджені наказом по університету від «08» грудня 2022 р. № 491

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи: 15.05.2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Огляд конвеєрних систем.

2. Розгляд елементів сортувальної лінії.

3. Апаратне і програмне забезпечення сортувальної конвеєрної лінії.

4. Алгоритм системи керування стрічкового конвеєра і передаточні функції.

4. Основні питання, які потрібно розробити:

1. Теоретичні основи автоматизації системи управління конвеєрною сортувальною лінією.

2. Аналіз ситеми управління сортувальної лінії на складі.

3. Реалізація моделі сортувальної конвеєрної лінії.

4. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Гуменний П.В.		
2	Гуменний П.В.		
3	Гуменний П.В.		
4	Сапожник Г.В.		

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні основи автоматизації системи управління конвеєрною сортувальною лінією.	11.2022р. – 12.2022р.	
2	Аналіз ситеми управління сортувальної лінії на складі	01.2023р. – 02.2023р.	
3	Реалізація моделі сортувальної конвеєрної лінії	03.2023р. – 04.2023р.	
4	Охорона праці	04.2023р. – 05.2023р.	

Студент

(підпис)

Флесін А.С.

Керівник роботи
П.В.

(підпис)

к.т.н., доцент Гуменний

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 72 сторінках та містить 26 рисунків, 22 джерел за переліком посилань.

Мета роботи. Мета роботи полягає у аналізі елементів системи керування конвеєрною лінією, розробка алгоритму і системи управління.

Методи дослідження. Було використано робототехнічні теорії та теорії автоматизації, методи комп'ютерного моделювання, математичні моделі процесів у конвеєрі, теорії про регулятори. Також використовувалися алгоритми роботи стрічкового конвеєра. Для того, щоб створити комп'ютерні моделі, використовувалось програмне середовище Simulink Matlab.

Результати роботи полягають у аналізі елементів системи керування конвеєрною лінією, розробка алгоритму і системи управління.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Цю роботу можна використовувати в цілях покращення системи керування конвеєрною сортувальною лінією. В ній показані всі її елементи, що дає нам змогу детально розібрати принцип роботи.

Можливі напрямки розвитку полягають у покращенні апаратно і програмно систем керування на основі результатів.

Ключові слова: КОНВЕЄРНА ЛІНІЯ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, КОНТРОЛЕ

ABSTRACT

The work is executed on 72 pages and contains 26 figures, 22 references.

Purpose of the work. The purpose of the work is to analyze the elements of the conveyor line control system to understand its operation.

Research methods. We used robotics and automation theories, computer modeling methods, mathematical models of processes in a conveyor, and theories about regulators. The algorithms of the belt conveyor were also used. The Simulink Matlab software environment was used to create computer models.

The results of the work are to analyze the elements of the conveyor line control system to understand its operation.

Recommendations for using the results of the work. This work can be used to improve the control system of a conveyor sorting line. It shows all its elements, which allows us to analyze the principle of operation in detail.

Possible directions of development are to improve the hardware and software of the control systems based on the results.

Keywords: CONVEYOR LINE, CONTROL SYSTEM, HARDWARE, CONTROLLER.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОНВЕЄРНОЮ СОРТУВАЛЬНОЮ ЛІНІЄЮ.....	9
1.1 Історія автоматизованої системи управління конвеєрною сортувальною лінією.....	9
1.2 Огляд конвеєрних систем	10
1.3 Автоматизація систем управління конвеєрною сортувальною лінією та використання ШІ	14
1.4 Розгляд алгоритмів та програмного забезпечення системи управління конвеєрною сортувальною лінією.....	16
2. АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ ЛІНІЇ НА СКЛАДІ	18
2.1 Розгляд елементів сортувальної лінії	18
2.2 Апаратне забезпечення сортувальної конвеєрної лінії.....	19
2.3 Програмне забезпечення сортувальної конвеєрної лінії	31
3. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ СОРТУВАЛЬНОЇ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ.....	34
3.1 Розробка алгоритму системи керування стрічкового конвеєра.....	34
3.2 Передаточні функції для P, Pi, PID регуляторів.....	41
3.3 Модель роботи конвеєрної лінії	49

					ДП.АКІТ.80915/72 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Флєсін А.С.			АВТОМАТИЗОВАНА СИТЕМА УПРАВЛІННЯ КОНВЕЄРНОЮ СОРТУВАЛЬНОЮ ЛІНІЄЮ НА СКЛАДІ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Гуменний П.В.					5	
Консульт.		Сапожник Г.В.				ЗУНУУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Н. Контр.		Заставний О.М.						
Затверд.		Сеїґн А.І.						

4. ОХОРОНА ПРАЦІ	57
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів	57
4.2 Розробка заходів щодо забезпечення безпечних і комфортних умов праці.....	60
4.3 Розрахунок захисного пристрою, найбільш важливого для забезпечення безпечних і комфортних умов праці.....	64
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. У сучасному світі швидкість і точність, з якою товари обробляються і сортуються на складах, є важливими елементами успіху для багатьох фірм. Ефективне управління конвеєрними сортувальними лініями на складі стає все більш важливим для оптимізації сортування та зберігання товарів. Автоматизація та поява нових технологій призвели до суттєвих змін у складській логістиці протягом останнього десятиліття. Конвеєрні сортувальні лінії відіграють важливу роль у підвищенні ефективності сортування товарів, скороченні часу обробки замовлень і поліпшенні якості обслуговування клієнтів. Рішення для управління конвеєрними сортувальними лініями дозволяють автоматизувати і підвищити продуктивність цих операцій, що призводить до збільшення швидкості, точності та ефективності. Цей дипломний проект охоплюватиме різноманітні теми систем управління, такі як аналіз вимог, розробка програмного забезпечення та розгляд апаратного забезпечення. Будуть обговорені основні ідеї та технології, що лежать в основі сортувальних конвеєрних ліній, а також стратегії оптимізації та збільшення виробництва.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у аналізі елементів системи керування конвеєрною лінією для розуміння її роботи.

Для вирішення цієї мети потрібно виконати такі кроки:

- розглянути складові елементи конвеєра;
- зробити аналіз алгоритмів;
- аналізувати апаратне забезпечення;
- зробити аналіз програмного забезпечення;
- розробити алгоритм системи керування;
- розглянути передаточні функції для P, Pi, PID регуляторів;
- розробити модель роботи конвеєрної лінії.

Об'єкт дослідження – процес керування сортувальною конвеєрною лінією.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предмет дослідження – система керування конвеєрною сортувальною лінією.

Методи дослідження. У кваліфікаційній роботі було використано робототехнічні теорії та теорії автоматизації, методи комп'ютерного моделювання, математичні моделі процесів у конвеєрі, теорії про регулятори. Також використовувалися алгоритми роботи стрічкового конвеєра.

Для того, щоб створити комп'ютерні моделі, використовувалось програмне середовище Simulink Matlab.

Апробація. А.С. Флесін Дослідження системи керування сортувальною конвеєрною лінією / А.С. Флесін //Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ - 2023), Тернопіль, 2023. – с.26-30.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОНВЕЄРНОЮ СОРТУВАЛЬНОЮ ЛІНІЄЮ

1.1. Історія автоматизованої системи управління конвеєрною сортувальною лінією

Історія автоматичної системи управління лінії розподілу складу розпочалася наприкінці 20 століття. У той час компанія все частіше використовувала транспорт та класифікацію товарів конвеєра з рухомого складу. Перша система управління лінії сортування лінії передачі була створена на основі простого електромеханічного обладнання на основі руху матеріалу на конвеєрі. У 1970 -х роках з'явився перший програмований контролер, який дозволив контролеру реалізувати більш складні функції управління конвеєрами.

З початку 90 -х років комп'ютерні системи можуть використовуватися для управління лініями розподілу в телепортаційній смужі на складі. Розробка програмного забезпечення системи автоматичного управління в лініях розповсюдження складів на складі стає все більш складною та щільно - інтенсивною завданням. Це потрібно запрограмувати, електроніку та механіку. В останні роки з'явилося багато нових технологій, щоб ви могли створити більш складну та ефективну систему управління для лінії класифікації конвеєра на складі. Така система може включати різноманітні датчики та обладнання, щоб ви могли контролювати якість матеріалу, швидкість руху, температуру та інші параметри на конвеєрі.

Сьогодні автоматична система управління лінії класифікації передавальних поясів на складі була в різних галузях, включаючи логістику, виробництво, склади тощо. Вони значно зменшують ризики помилок під час класифікації та мобільних матеріалів, забезпечують більш ефективне використання запасів та зменшують витрати на оплату праці. Більш складні системи можуть використовувати алгоритми машинного навчання та штучного

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтелекту для ідентифікації та класифікації та класифікації різних типів матеріалів на основі відомих параметрів (таких як розмір, форма, колір тощо). Така система може автоматично розподіляти конкретний код і надсилати його у правильну позицію на складі.

Тому історія автоматичної системи управління лінії класифікації конвеєра на складі починається з простого електромеханічного обладнання та використовує сучасні технології для перетворення в складний та ефективний програмний та апаратний комплекс. Ця система стала необхідною складовою для ефективної роботи сучасних складів та промислових підприємств. Сьогодні вони можуть інтегруватися з іншими системами управління та моніторингу, такими як системи управління запасами, системи відеоспостереження та системи безпеки запасів. Однією з головних переваг системи управління автоматизацією на складі є їх ефективність та точність. Вони дозволяють класифікацію автоматизації та оптимізації високого рівня та мобільні процеси на складі, тим самим зменшуючи витрати на оплату праці та підвищуючи продуктивність складу. Крім того, автоматична система управління лініями сортування конвеєра на складі може забезпечити високу якість та безпеку класифікації та руху. Вони знижують ризик помилок та надзвичайних ситуацій, що може призвести до втрати відчутних активів та пошкодження обладнання.

1.2. Огляд конвеєрних систем

Конвеєрна система (рисунок 1.1) — комплекс технічних засобів, призначених для транспортування продукції або матеріалів з одного місця в інше в автоматичному режимі. Такі системи використовуються на різних виробництвах і складах. Основні компоненти конвеєрної системи: конвеєрні стрічки, електродвигуни, редуктори, системи приводів, рами та ін. Конструкція і розміри конвеєра залежать від виду вантажу, що транспортується, і умов експлуатації.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

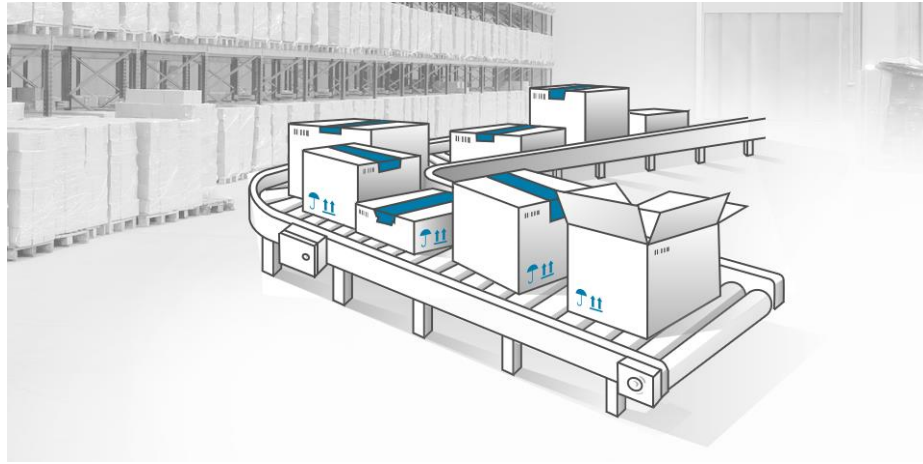


Рисунок 1.1 – Конвеєрна система

Сортувальна лінія – це конвеєрна система, призначена для механічного розподілу товарів на складі. Сортувальна лінія може мати багато конвеєрів з різними функціональними можливостями, які уможливають різні дії з товарами, наприклад, сортування за розміром, вагою, кольором тощо.

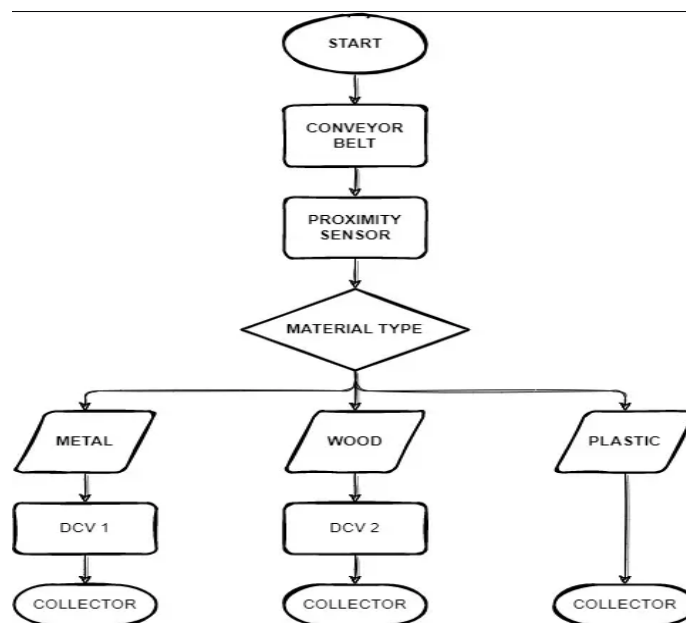


Рисунок 1.2 – Приклад блок-схеми сортувальної лінії

Основні елементи сортувальної лінії:

- 1) приймальний конвеєр;
- 2) сортувальні відсіки;
- 3) конвеєр для переміщення товарів між відсіками;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4) відбірний конвеєр та інші вузли.

Конвеєрні системи є одними з найбільш ефективних і продуктивних виробничих процесів. Вони автоматизують виробничий процес і підвищують продуктивність праці. Конвеєрні системи можна знайти в різних галузях, включаючи автомобільну, харчову та металургійну промисловість. Вони складаються з низки пов'язаних між собою пристроїв, які допомагають транспортувати матеріали з одного місця в інше.

Конвеєрні системи мають високий рівень автоматизації, що є однією з їхніх ключових переваг. Як наслідок, вони усувають потребу в людській праці, забезпечуючи при цьому більш ефективне і точне функціонування. Крім того, вони забезпечують однорідність виробничого процесу, що сприяє підвищенню якості продукції та зниженню витрат. Конвеєрні системи, однак, мають кілька недоліків. Наприклад, вони можуть бути надзвичайно дорогими в установці та обслуговуванні. Крім того, вони можуть бути неефективними при зміні виробничих потреб, наприклад, при зміні розмірів продукції або технології виробництва. Конвеєрні системи загалом необхідні для підвищення продуктивності та ефективності виробництва. Однак вони повинні використовуватися з розумом, бути правильно сконструйованими і спланованими, щоб підвищити продуктивність і ефективність виробництва.

Конвеєрні системи бувають різних конфігурацій, зокрема лінійні, спіральні, конвеєрні та інші. Кожен тип конвеєра має свої унікальні особливості і застосовується залежно від виробничих вимог. Лінійний конвеєр - це найпоширеніший тип конвеєра, що складається з послідовності пристроїв, які переміщують матеріал з одного місця в інше. Конвеєри цього типу можна знайти в різних галузях, зокрема в автомобільній, сталеливарній, харчовій та інших. У промисловості спіральні конвеєри широко застосовуються для переміщення матеріалу у вертикальній площині. Вони краще використовують простір і скорочують час, необхідний для переміщення матеріалів з одного рівня на інший. Конвеєрні стрічкові конвеєри переміщують величезні обсяги матеріалів на великі відстані. Їх можна використовувати в таких галузях, як

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

гірничодобувна промисловість, енергетика та інших, де необхідно переміщувати величезні обсяги матеріалів на великі відстані.

Для належного управління конвеєрними системами використовуються спеціальні алгоритми та програмне забезпечення. Ці технології автоматизують виробничий процес і гарантують ефективне використання ресурсів. Моніторинг і регулювання роботи конвеєрних систем є важливою частиною управління конвеєрними системами. Для вимірювання різних характеристик конвеєрної системи, таких як швидкість, температура, вологість, тиск та інші, використовуються спеціальні датчики та обладнання. Дані, зібрані цими датчиками, можуть бути проаналізовані програмним забезпеченням, що дозволяє контролювати роботу конвеєрної системи і реагувати на будь-які проблеми в режимі реального часу.

Програмне забезпечення, що дозволяє автоматизувати управління процесом переміщення матеріалів, є критично важливим компонентом управління конвеєрними системами. Програмне забезпечення створюється з використанням різних методів і технологій, включаючи мови програмування, бази даних, алгоритми та інші. Основною метою програмного забезпечення є автоматизація управління конвеєрною системою, зменшення людського фактору та забезпечення ефективності системи. Програма часто дозволяє змінювати параметри системи, контролювати її функціонування та виявляти будь-які проблеми. Для ефективної роботи конвеєрної системи життєво важливо підтримувати безпеку конвеєра. Для цього використовується кілька методів, зокрема аварійне блокування конвеєра, захисні бар'єри, системи автоматичного вимкнення та інші.

Як наслідок, конвеєрні системи є невід'ємною складовою багатьох промислових підприємств, забезпечуючи ефективне транспортування матеріалів з одного місця в інше. Для належного управління конвеєрною системою необхідно використовувати певні технології та програмне забезпечення, що дозволяють здійснювати автоматизований контроль за функціонуванням системи та безпекою виробничих операцій.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянувши основні поняття та компоненти конвеєрної системи, можна зробити висновок, що вона корисна в різних галузях. Ефективне управління конвеєрною системою забезпечує швидку і точну доставку матеріалів, що мінімізує витрати часу і підвищує продуктивність виробництва. Крім того, автоматизована система управління конвеєрною сортувальною лінією на складі зменшує небезпеку аварій та інцидентів, забезпечуючи безпеку працівників і надійність системи.

1.3. Автоматизація систем управління конвеєрною сортувальною лінією та використання ШІ

Автоматизація систем керування конвеєрними сортувальними лініями дозволяє автоматично контролювати процес сортування товарів на складі. Для цього використовуються спеціальні прилади, такі як електронні датчики, програмне забезпечення та інші засоби автоматизації. Система керування конвеєрною сортувальною лінією складається з таких компонентів:

1. Електронні датчики, що визначають параметри товарів (розмір, вага, кольорові ознаки тощо);
2. Актуатори, що забезпечують рух товарів по конвеєру та їх розподіл на відповідні відсіки;
3. Керуючий блок, що обробляє інформацію від датчиків та видає команди актуаторам;
4. Програмне забезпечення, що забезпечує керування системою та може забезпечувати збір та обробку даних щодо процесу сортування товарів.

Автоматизація системи управління конвеєрною сортувальною лінією дозволяє більш точно і швидко сортувати товари на складі, скорочуючи час і витрати ручної праці. Крім того, автоматизація дозволяє збирати та аналізувати дані про процес сортування, що може допомогти у виявленні недоліків і підвищенні ефективності системи.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

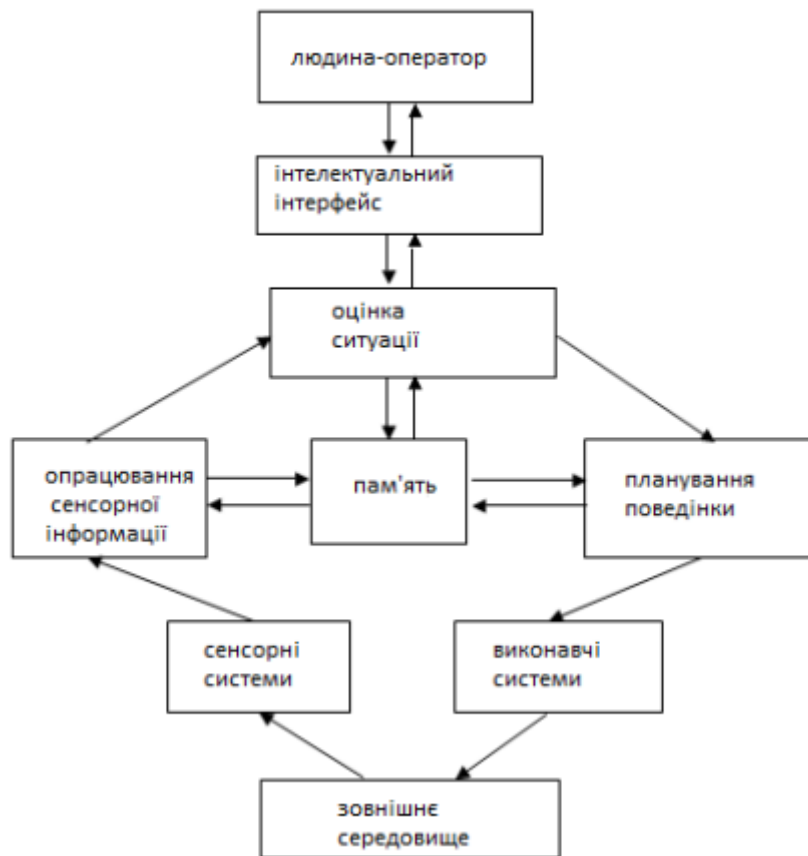


Рисунок 1.3 – Схема системи управління роботом

У системі управління конвеєрною сортувальною лінією штучний інтелект (ШІ) може бути використаний для автоматизації процесу виявлення товарів і прийняття рішень щодо їх розподілу по контейнерах. Система ШІ може розпізнавати товари за допомогою нейронних мереж і попередніх знань про товари, які пройшли через конвеєрну сортувальну лінію. Крім того, за допомогою алгоритмів машинного навчання ШІ може оцінити обсяг і тип товарів, які надійдуть на склад. Штучний інтелект може забезпечити автоматизоване коригування налаштувань системи управління конвеєрною сортувальною лінією, підвищуючи ефективність і точність роботи системи. Крім того, AI може автоматично виявляти та усувати дефекти системи, забезпечуючи безперебійну та надійну роботу системи.

1.4. Розгляд алгоритмів та програмного забезпечення системи управління конвеєрною сортувальною лінією

Щоб гарантувати належне функціонування сортувальної лінії, необхідно розробити систему управління, яка забезпечує розподіл продукції у відповідні відсіки, а також контроль за переміщенням предметів на конвеєрі. Одним з найважливіших елементів управління конвеєрною сортувальною лінією є система датчиків, яка виявляє товари і контролює їх переміщення на конвеєрі. Для цього повинні бути розроблені алгоритми аналізу вхідного сигналу з датчиків і алгоритми регулювання руху об'єктів на конвеєрі. Також необхідно створити програмне забезпечення для управління роботою сортувальної лінії, яке включатиме такі елементи, як інтерфейс користувача, базу даних товарів і їх відповідності відсікам, алгоритми розподілу товарів по відсіках, систему моніторингу роботи конвеєра. Для регулювання переміщення товарів на конвеєрі необхідні виконавчі механізми - двигуни, які керують рухом конвеєра, і пов'язані з ними механізми для передачі товарів у потрібні відсіки. Для забезпечення безперебійної роботи приводів також повинна бути розроблена система керування ними. Всі ці частини повинні бути пов'язані в єдину систему управління, щоб забезпечити автоматизоване функціонування складської сортувальної лінії. Для цього необхідно використовувати унікальні програмні засоби, які забезпечують ефективне функціонування всіх аспектів системи управління.

Алгоритм ПД-регулювання - один з найпоширеніших алгоритмів, що використовується для регулювання руху продукції на конвеєрі. Він дозволяє точно контролювати швидкість конвеєра, а також виконання операцій, необхідних для переміщення продукції в потрібні відсіки. Цей метод використовується для регулювання двигуна конвеєра і базується на обчисленні різниці між заданою і реальною швидкістю конвеєра. Щоб інтерпретувати інформацію з датчиків і розподіляти товари в потрібні відсіки, необхідно застосовувати спеціальні алгоритми машинного навчання. Нейронні мережі є

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одними з найпоширеніших алгоритмів, що дозволяють точно класифікувати товари та співвідносити їх з відсіками конвеєра.

Для розробки програмного забезпечення потрібні спеціальні інструменти розробки, такі як мови програмування, фреймворки та бібліотеки. Наприклад, мова Python добре підходить для аналізу даних і може бути використана для створення програмного забезпечення для системи управління сортувальною лінією конвеєра на складі. Бібліотека TensorFlow може бути використана для створення алгоритмів машинного навчання.

Також необхідно вивчити архітектуру цієї системи. До неї можуть входити такі компоненти, як блок керування рухом конвеєра, блок обробки інформації з датчиків і блок розподілу продукції. Також можуть бути використані інші компоненти, такі як блок моніторингу стану системи та блок діагностики дефектів. Для забезпечення безперервного функціонування системи управління конвеєрною сортувальною лінією складу необхідно розробити систему резервного копіювання і відновлення роботи в разі непередбачених сценаріїв, таких як вихід з ладу обладнання або збій програмного забезпечення. Розробляючи систему керування конвеєрною сортувальною лінією на складі, важливо також враховувати міркування безпеки. Наприклад, система безпеки, заснована на датчиках і камерах, може бути використана для виявлення небезпечних обставин і забезпечення безпеки персоналу та майна.

Таким чином, розглядаються методи та програмне забезпечення для автоматизованої системи управління складською конвеєрною сортувальною лінією. Обговорюються ключові компоненти та архітектура системи, а також міркування безпеки, які необхідно враховувати при створенні такої системи.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ ЛІНІЇ НА СКЛАДІ

2.1. Розгляд елементів сортувальної лінії

Система керування сортувальною лінією - це складний програмно-апаратний комплекс, який автоматизує сортування товарів, що проходять через лінію. Ця система складається з комп'ютерів, датчиків, приводів, конвеєрів та іншого обладнання, яке збирає та обробляє дані про товари, що проходять через лінію, а потім відповідно регулює процес сортування. Система керування сортувальною лінією може бути налаштована на автоматичний вибір товарів на основі таких критеріїв, як розмір, вага, форма, колір тощо, а також на виконання додаткових дій, таких як розподіл товарів у різні місця зберігання або маркування товарів. Система керування сортувальною лінією є важливою складовою багатьох видів бізнесу, зокрема логістики, виробництва та дистрибуції. Вона гарантує більш ефективну і точну роботу, зниження трудовитрат і підвищення якості продукції.

Залежно від налаштувань і функціональних потреб, система керування сортувальною лінією може включати в себе цілий ряд компонентів і частин. Тим не менш, можна виділити наступні основні елементи:

1. Конвеєр - це основний компонент сортувальної лінії, який переміщує предмети з одного місця в інше.
2. Датчики - використовуються для ідентифікації розміщення товару на конвеєрі, а також таких факторів, як розмір, вага, колір тощо.
3. Приводи - відповідають за рух конвеєра і можуть бути електричними, гідравлічними або пневматичними.
4. Комп'ютери та програмне забезпечення використовуються для керування процесом сортування, а також для обробки даних і моніторингу системи.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Сортувальні селектори - елементи, які відокремлюють товари від конвеєра і розміщують їх на відповідних траєкторіях на основі критеріїв продукту.
6. Транспортні засоби – використовуються для перевезення виробів зі сортувальних відбірників до пунктів призначення.
7. Елементи безпеки – включають в себе бар'єри та датчики безпеки, які дозволяють уникнути аварій та небезпечних ситуацій на лінії.
8. Інтерфейс користувача – використовується для взаємодії з операторами та моніторингу стану системи.
9. Контролери – використовуються для збору та аналізу даних з датчиків, контролю роботи приводів та відбірників, а також для взаємодії з комп'ютерами та програмним забезпеченням.
10. Живлення та електрична інфраструктура – забезпечує живлення всіх елементів системи, включаючи приводи, датчики та контролери.
11. Система охолодження – забезпечує оптимальну температуру в електронних компонентах системи та зменшує ризик перегріву.
12. Система очищення – використовується для очищення від промислових забруднень, пилу та інших забруднювачів, які можуть негативно вплинути на роботу системи.
13. Система підтримки – забезпечує регулярне обслуговування, налагодження та ремонт системи, що дозволяє зберегти її ефективність та продуктивність на протязі тривалого часу.

2.2. Апаратне забезпечення конвеєрної сортувальної лінії

Конвеєр:

Конвеєр - це тип транспортної системи, яка переміщує товари або матеріали з одного місця в інше. Конвеєри часто складаються з багатьох

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Конструктивні елементи: Це елементи, які забезпечують стабільність і збірку конвеєра. Рами, стійки та з'єднувальні компоненти є прикладами структурних елементів.

Конвеєри можуть використовуватися для переміщення товарів або матеріалів уздовж лінії в різних галузях промисловості. Наприклад, в автомобільній промисловості конвеєри використовуються для транспортування автомобільних деталей до складальних ліній, де вони збираються в кінцевий продукт. У харчовій промисловості конвеєри використовуються для транспортування таких продуктів, як хліб, кондитерські вироби, фрукти та овочі, від місця виробництва до місця пакування.

Висотні конвеєри можуть використовуватися для переміщення предметів або матеріалів з одного рівня на інший. Наприклад, конвеєри можуть використовуватися в магазинах для переміщення товарів зі складу на різні рівні. Конвеєри можуть бути як ручними, так і автоматизованими. Ручні конвеєри часто зустрічаються на невеликих підприємствах або в магазинах, де товари переміщуються вручну. Автоматизовані конвеєри часто використовуються на великих виробничих підприємствах, де товари виробляються масово, або на ділянках, де всім процесом керує комп'ютерна система управління.

Датчики:

Датчики використовуються на сортувальній лінії, щоб допомогти визначити положення та атрибути речей на конвеєрі. Датчики можуть використовуватися для визначення розміру, форми, кольору, ваги та інших властивостей об'єкта.

Фотодатчики - один з найпопулярніших типів датчиків, що використовуються на сортувальних лініях. Вони працюють, зчитуючи світло, відбите від поверхні об'єкта. Фотодатчик складається з інфрачервоного джерела світла і фотоприймача, розташованих на протилежних сторонах предмета. Коли товар проходить між джерелом світла і детектором, фотодатчик реєструє сигнал і надсилає його до системи керування.

На сортувальній лінії встановлені додаткові датчики:

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Ультразвукові датчики, які вимірюють відстань до об'єкта за допомогою високочастотних звукових хвиль. Ці датчики ідеально підходять для визначення відстані між двома м'якими та неоднорідними предметами, такими як тканини або м'який пластик.
2. Ємнісні датчики, які вимірюють відстань між електродами датчика і поверхнею об'єкта шляхом зміни ємності між електродами датчика і поверхнею об'єкта. Вони часто використовуються для визначення відстані між двома металевими або провідними поверхнями.
3. Лазерні датчики, які вимірюють відстань до предмета за допомогою лазерного променя. Ці датчики точні та швидкі.
4. Датчики ваги, які визначають вагу об'єкта, коли він рухається по конвеєру. Вони часто використовуються для підрахунку ваги вантажівок або інших великих предметів, що переміщуються конвеєром.
5. Магнітні датчики, які виявляють наявність магнітного поля об'єкта. Ці датчики виявляють наявність металевих предметів на конвеєрі, наприклад, металевої скляної тари.
6. Індуктивні датчики, які виявляють наявність металевих предметів у зоні дії датчика. Часто ці датчики використовуються для виявлення наявності металевих захисних кожухів або інших металевих предметів, які можуть пошкодити конвеєр або інші компоненти системи.



Рисунок 2.2 – Датчик лінії KY-033 на TCRT5000, для визначення перешкод

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливо зазначити, що датчики сортувальної лінії можуть працювати окремо або в поєднанні з іншими датчиками для збору більш точних даних про об'єкти на конвеєрі. Це дає змогу системі керування оптимізувати роботу конвеєра та забезпечити ефективність сортування.

Сортувальні ворота:

Сортувальні ворота на сортувальній лінії - це механізми, які розділяють вантажі, що рухаються конвеєром, і направляють їх у потрібному напрямку відповідно до їхніх характеристик або функцій. Сортувальні ворота бувають різних розмірів і конфігурацій, але вони завжди містять два основних компоненти: перемикаючий механізм і направляючі пристрої.

Механізм перемикаючого механізму за допомогою двигунів або пневматичних пристроїв дозволяє відкривати і закривати ворота. Крім того, ворота можуть бути оснащені датчиками, які виявляють і регулюють рух предметів на конвеєрі. Використання датчиків дозволяє автоматизувати процес сортування, зберігаючи при цьому високу точність.

Після проходження воріт задіюються направляючі механізми, які скеровують предмети в потрібному напрямку. Гнучкі стрічки, рухомі бар'єри або унікальні канали можуть використовуватися для правильної орієнтації предметів і спрямування їх у потрібне місце.

Сортувальні ворота використовуються в різних галузях, таких як логістика, виробництво та сортування сміття. Вони автоматизують процес сортування, забезпечуючи точність і ефективність.

Приводи:

Приводи сортувальної лінії є одним з основних компонентів, що забезпечують рух конвеєра та переміщення товарів. Залежно від якості та кількості товарів, що переміщуються по лінії, вони можуть мати різну конструкцію. Електричний привід - один з найпопулярніших типів приводів на сортувальній лінії. Він складається з електродвигуна і системи передачі, яка передає механічну енергію на конвеєрну стрічку. Залежно від потреб процесу транспортування вантажів, електродвигун може мати різну потужність і

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкість обертання. Пневматичний привід - це ще одна форма приводу на сортувальній лінії. Він створює сильний кутовий імпульс, стискаючи повітря, що дозволяє транспортувати вантажі.

Пневматичні приводи забезпечують високу точність і швидкість руху та можуть працювати в умовах високої вологості. На сортувальній лінії також можуть використовуватися гідравлічні приводи. До комплекту входять насос, розподільник і циліндр. Гідравлічні приводи забезпечують чудову точність і силу руху, але вони потребують ретельного догляду та обслуговування. Незалежно від типу приводу в сортувальній лінії можуть використовуватися додаткові елементи, такі як редуктори, трансмісії, муфти та інші деталі. Всі вони працюють разом, щоб забезпечити безперебійну роботу.

Для вирішення конкретних промислових завдань можуть використовуватися гвинтові, ланцюгові, магнітні та інші типи приводів. Оптимальний тип приводу визначається властивостями переміщуваних продуктів, швидкістю і точністю переміщення, а також критеріями енергоефективності та економічності. Для контролю руху конвеєра і якості приводу на сортувальну лінію також можна встановити датчики. Вони відстежують різні фактори, включаючи швидкість, температуру, вібрацію та інші. Зібрані дані можна використовувати для виявлення дефектів і попередження про потенційні проблеми з обладнанням. Датчики також можуть забезпечувати автономне керування приводом, що допомагає підтримувати ідеальні параметри сортувальної лінії та оптимізувати продуктивність процесу.

Електронні блоки управління:

Електронні блоки керування сортувальної лінії є життєво важливим елементом системи автоматизації та управління, що гарантує ефективне та правильне функціонування всієї системи сортування. Ці блоки відповідають за керування приводами, воротами, датчиками та іншими компонентами системи. Координація різноманітних елементів системи - одна з основних функцій електронних блоків управління. Для цього використовується програмне забезпечення, яке отримує дані від численних датчиків і приводів, аналізує їх, а

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потім приймає відповідні рішення щодо руху вантажу, відкриття воріт та інших процесів.

Програмовані логічні контролери є важливим компонентом електронних блоків управління (ПЛК). Ці контролери можуть бути налаштовані на виконання різноманітних завдань, включаючи управління швидкістю руху товарів, ідентифікацію товарів за кольором або розміром, керування воротами та іншими частинами системи. Вони також можуть взаємодіяти з іншими системами автоматизації, що дозволяє інтегрувати сортувальну лінію в загальну виробничу систему.

Крім ПЛК, на сортувальній лінії можуть використовуватися кілька типів електронних блоків управління, таких як дискретні контролери, програмовані електронні реле, модулі управління двигунами та інші.

Комп'ютери:

Комп'ютери на сортувальній лінії керують і контролюють всю систему сортування, а також збирають і аналізують дані. Основна функція комп'ютерів - збирати й обробляти дані з датчиків та інших пристроїв. Комп'ютери також регулюють роботу приводів та інших електромеханічних компонентів, сортуючи дані на основі вхідних даних. Крім того, комп'ютери можуть здійснювати моніторинг і діагностику системи, виявляти причини збоїв і знаходити надлишки в процесі сортування, щоб гарантувати, що він працює з максимальною ефективністю. Комп'ютери, що використовуються на сортувальній лінії, можуть відрізнятися залежно від вимог системи та рівня автоматизації. Деякі системи, наприклад, можуть використовувати стандартні персональні комп'ютери, тоді як інші можуть потребувати використання спеціалізованих промислових комп'ютерів або контролерів, які відповідають певним вимогам.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Приклад комп'ютера управління конвеєром

Система живлення:

Енергосистема сортувальної лінії забезпечує необхідною енергією всі компоненти та пристрої системи. Вона складається з джерела живлення та розподільчих систем, які розподіляють електроенергію вздовж сортувальної лінії. Джерела живлення можуть відрізнятися залежно від потреб системи. Менші системи можуть використовувати стандартні штепсельні вилки, однак для більших систем можуть знадобитися потужніші джерела живлення, які або підключені до електромережі, або мають власні джерела живлення, наприклад, генератори. Система розподілу складається з кабелів, розеток, з'єднань та інших компонентів, які розподіляють електроенергію по всій сортувальній лінії. Системи розподілу можуть бути створені в різних конфігураціях, включаючи дротові, бездротові та гібридні рішення. Забезпечення безпеки електричної системи під час експлуатації - одне з найскладніших завдань. Оскільки більшість компонентів сортувальної лінії використовують електричну енергію, неправильне встановлення або експлуатація може загрожувати людям та обладнанню. Тому дуже важливо дотримуватися правил електробезпеки та встановлювати захисні пристрої, такі як вимикачі, запобіжники та релейний захист, щоб уникнути ризику в разі виникнення аварійної ситуації.

Механічні елементи:

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механічні компоненти сортувальної лінії мають вирішальне значення для забезпечення належного сортування різноманітних матеріалів. На сортувальній лінії основними механічними компонентами є

1. Конвеєр: Механічний компонент, який переміщує матеріали вздовж лінії. Конвеєри можуть бути як приводними, так і неприводними. Приводні конвеєри приводяться в дію двигунами, які рухають ланцюги або стрічки, а отже, транспортують матеріали. Безмоторні конвеєри просто транспортують вантажі під дією сили тяжіння або допоміжних пристроїв.

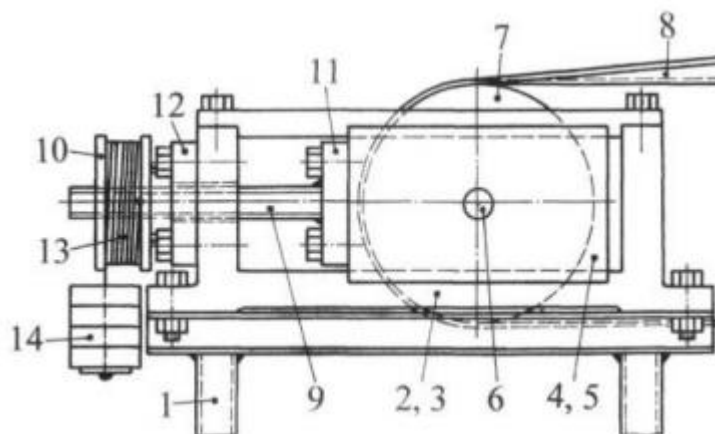


Рисунок 2.4 – Вібраційний жолоб

2. Вібраційний жолоб: Механічний пристрій, що використовується для просіювання предметів за розміром. Вібралоток вібрує, щоб розподілити предмети за розміром, і має невеликий нахил. Дрібні предмети рухаються по жолобу, тоді як більші матеріали залишаються зверху.

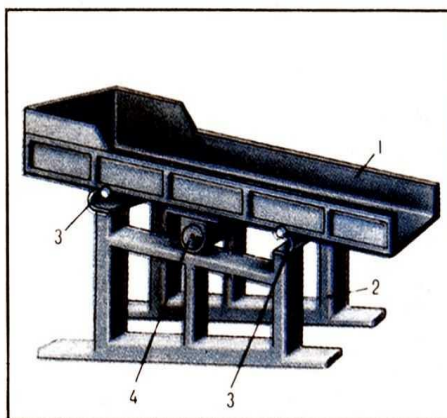


Рисунок 2.5 – Вібраційний жолоб

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3. Магнітний сепаратор: механічний пристрій, що використовується для розділення матеріалів на основі їхніх магнітних характеристик. Магнітний сепаратор витягує металеві матеріали з потоку, наприклад, сталь, і відокремлює їх від інших матеріалів.

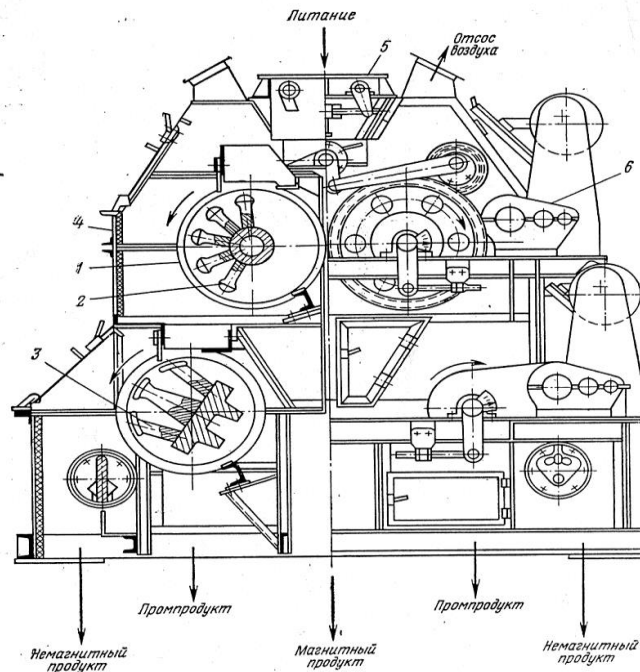
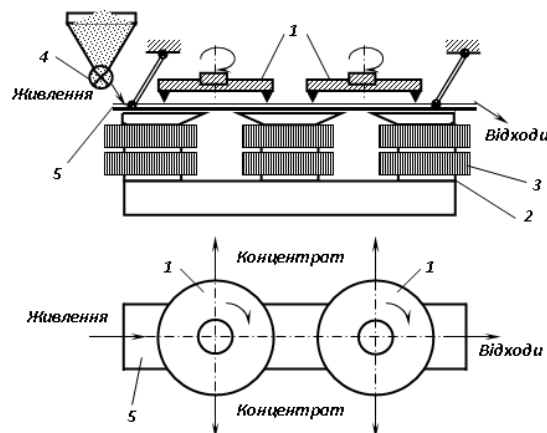


Рисунок 2.6 – Магнітний сепаратор

4. Дисковий сепаратор: механічний пристрій, що використовується для класифікації предметів за формою та розміром. Дисковий сепаратор складається з дисків з отворами різного розміру. Матеріали розділяються за розміром і формою, коли вони проходять крізь перфорацію дисків.



1 – диски; 2 – магнітопровід; 3 – обмотки; 4 – живильник; 5 – вібролоток.

Рисунок 2.7. – Дисковий сепаратор

						ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

5. Пневматичний сепаратор: Механічний пристрій, що використовується для розділення матеріалів на основі ваги та щільності. Пневматичний сепаратор розділяє легкі та важкі матеріали за допомогою струменя повітря. Важкі матеріали опускаються на дно, тоді як легкі піднімаються вгору і відокремлюються від інших.

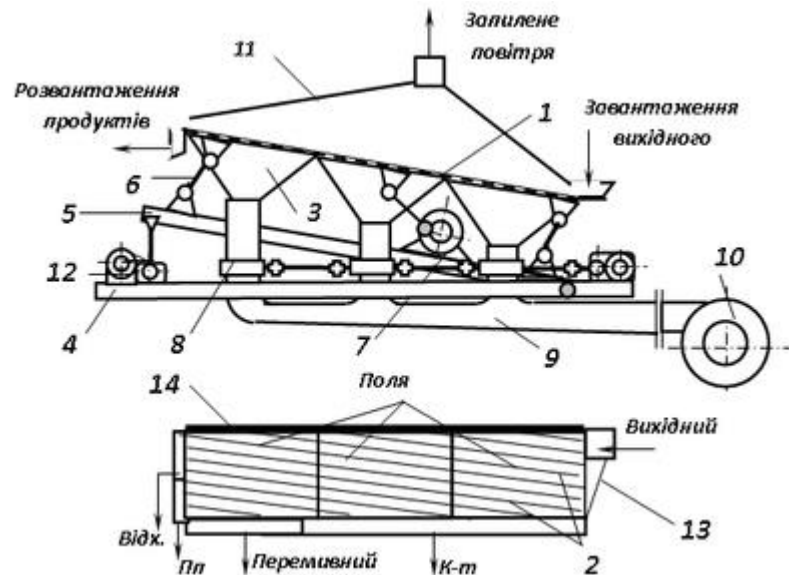


Рисунок 2.8 – Пневматичний сепаратор

6. Роторний сепаратор: механічний компонент, що використовується для розділення матеріалів за формою та розміром. Обертовий сепаратор складається з циліндричного корпусу з отворами різного розміру та форми. Матеріали розділяються за формою і розміром, коли вони проходять через перфорацію.

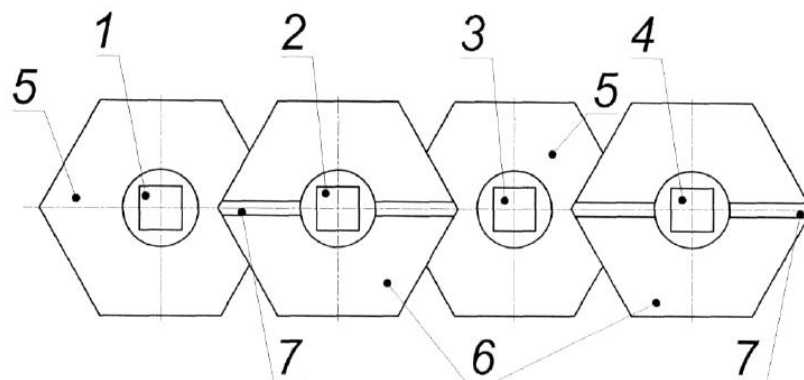


Рисунок 2.9 – Схема роторного сепаратора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

7. Лопатевий сепаратор: механічний пристрій, який розділяє матеріали за формою та розміром. Лопатевий сепаратор складається з лопатей, що швидко обертаються. Матеріали, які проходять через лопаті, сортуються за розміром і формою.

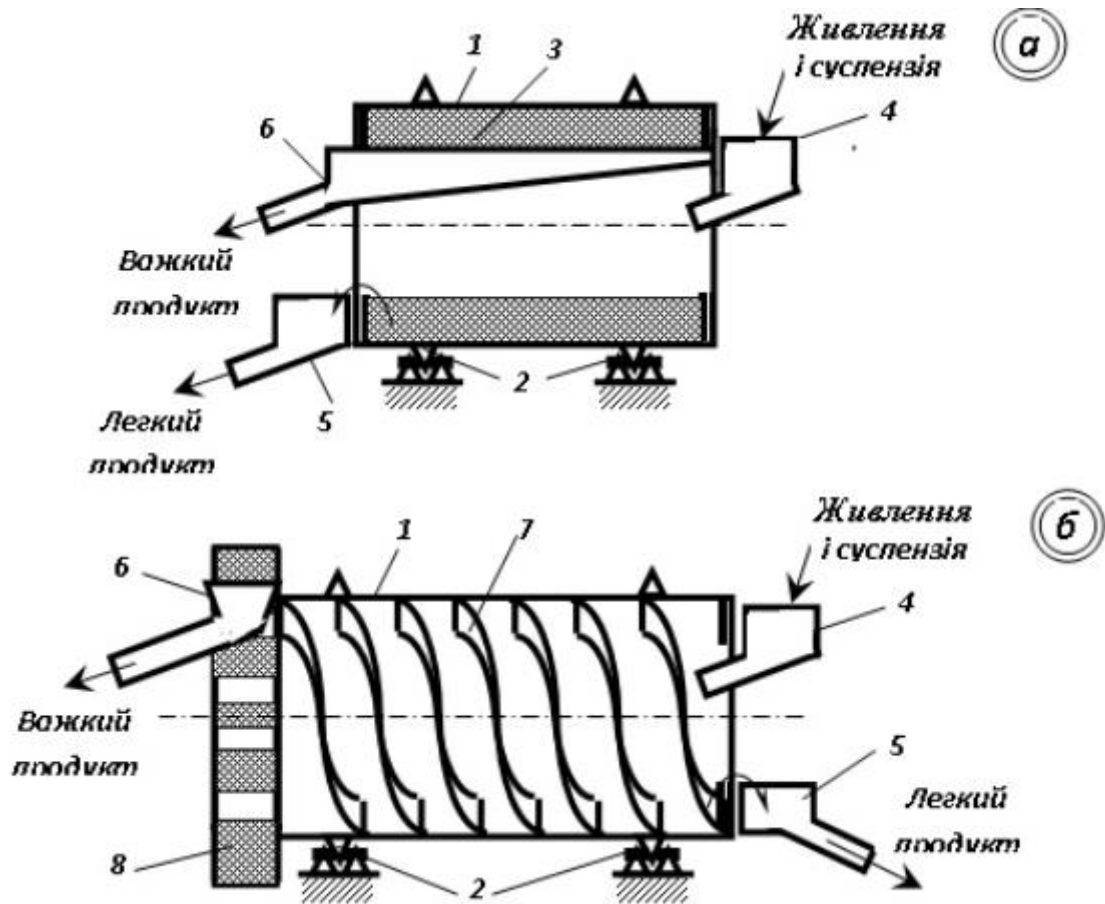


Рисунок 2.10 – Приклад лопатевого сепаратора

Ці механічні деталі можна комбінувати для створення складних сортувальних систем, які забезпечують ефективно і точно сортування матеріалів. Щоб підвищити ефективність і якість сортування, дуже важливо вибрати і налаштувати відповідні механічні частини для кожного окремого застосування сортування.

2.3. Програмне забезпечення конвеєрної сортувальної лінії

Система керування сортувальною лінією складається з різних програмних компонентів, кожен з яких виконує спеціалізовану роль.

1. Система управління: Цей програмний компонент відповідає за загальну роботу сортувальної лінії. Вона забезпечує зв'язок між частинами системи, збирає та аналізує дані про роботу сортувальної лінії, а також приймає рішення щодо найкращого режиму роботи.
2. Модуль управління конвеєром: цей програмний компонент відповідає за управління рухом конвеєрів. Він гарантує, що товари відправляються та отримуються на різних ділянках конвеєра, визначає ідеальну швидкість конвеєра залежно від навантаження та забезпечує безперервну роботу конвеєра.
3. Модуль сортування: цей програмний компонент відповідає за сортування товарів на сортувальній лінії. Він обирає найкращий шлях для товарів на основі їхнього призначення та атрибутів, взаємодіє з сенсорними системами для ідентифікації товарів, а також регулює процеси сортування.
4. Модуль ідентифікації: цей програмний компонент відповідає за ідентифікацію товарів під час їхнього проходження через сортувальну лінію. Він взаємодіє зі сканерами та іншими датчиками, щоб вимірювати атрибути товарів і забезпечувати їхню ідентифікацію на основі записаної бази даних.
5. Модуль етикетування: Цей програмний компонент відповідає за маркування продукції на сортувальній лінії. Він гарантує, що маркери або етикетки будуть розміщені на товарах відповідно до стандартів бази даних.
6. Модуль моніторингу: Цей програмний компонент відповідає за моніторинг роботи сортувальної лінії. Він збирає та аналізує дані про стан і продуктивність обладнання сортувальної лінії, дозволяючи

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операторам системи вживати превентивних заходів і зменшувати час простою.

7. Модуль звітності: цей програмний компонент відповідає за створення звітів і статистики по сортувальній лінії. Він збирає та аналізує дані про роботу сортувальної лінії, що дає змогу операторам і керівництву вживати заходів для покращення роботи системи.
8. Модуль безпеки: Цей програмний компонент відповідає за безпеку сортувальної лінії. Він відстежує та аналізує дані про безпеку, контролює безпечне виконання процедур і взаємодіє з системами безпеки для запобігання непередбачуваним інцидентам.

Ці програмні компоненти системи управління сортувальною лінією взаємодіють між собою та з обладнанням сортувальної лінії, щоб забезпечити безперебійне та ефективне функціонування системи. За певних обставин системи керування сортувальними лініями можуть використовувати мови програмування, адаптовані до конкретного обладнання або платформ. Наприклад, контролери Allen-Bradley можуть бути запрограмовані за допомогою драбинчастої логіки або функціональної блок-схеми (FBD), тоді як контролери Omron можуть бути запрограмовані за допомогою драбинчастої логіки, FBD або структурованого тексту (ST). Важливо зазначити, що мова програмування, яка використовується для системи керування сортувальною лінією, визначається багатьма критеріями, зокрема потребами в обробці даних, швидкістю обробки, вимогами до точності та надійності, а також взаємодією з іншими системами та обладнанням. Іншим важливим фактором є наявність кваліфікованих фахівців, які можуть працювати з обраною мовою програмування, а також налаштовувати та обслуговувати систему управління.

Для організації систем керування лініями також можуть використовуватися різні фреймворки, бібліотеки та інші програмні засоби, які полегшують і прискорюють створення, налагодження та обслуговування систем керування. Системи управління можуть бути розроблені з використанням фреймворків, які підтримують різні протоколи зв'язку, зокрема Modbus, Ethernet/IP, Profinet,

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Profibus та інші. Ще одним важливим компонентом програмного забезпечення системи керування сортувальною лінією є програмне забезпечення для перегляду та моніторингу роботи лінії. Це може бути окреме програмне забезпечення або модуль, інтегрований в основну систему управління. Оператори можуть використовувати програмне забезпечення для візуалізації, щоб спостерігати за лінією в режимі реального часу, змінювати налаштування лінії, проводити діагностику та усувати несправності. Крім того, можна використовувати програмне забезпечення для збору та аналізу даних, щоб гарантувати, що система керування сортувальною лінією працює ефективно. Це дозволяє збирати дані про роботу лінії, оцінювати її, знаходити несправності та недоліки в системі управління. Дані системи управління можуть бути використані для планування ремонтів і технічного обслуговування, а також для підвищення продуктивності лінії та економії експлуатаційних витрат.

Як наслідок, програмне забезпечення системи керування сортувальною лінією складається з декількох частин з різними цілями та обов'язками. Вони взаємодіють між собою, щоб забезпечити безперебійну та ефективну роботу сортувальної лінії. Для підтримки стабільної та надійної роботи лінії дуже важливо забезпечити якісну розробку, тестування та підтримку кожної частини програмного забезпечення системи керування. Наприклад, програмне забезпечення для керування приводами має забезпечувати точність і швидкість роботи, а також надійне виявлення аварійних сигналів і адміністрування. Програмне забезпечення, що використовується для зв'язку з датчиками, має забезпечувати якість і надійність даних, а також швидку реакцію на зміни в об'єкті сортування. Програмне забезпечення для візуалізації та моніторингу має забезпечувати простий у використанні інтерфейс для операторів, а також швидку і точну діагностику проблем. Якість програмного забезпечення та його компонентів має вирішальне значення для успішного створення та ефективної роботи системи управління сортувальною лінією. Важливо враховувати запити та вимоги конкретної сортувальної лінії, використовувати нові технології та

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

програмні засоби, а також надавати якісну та своєчасну допомогу системі управління.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ СОРТУВАЛЬНОЇ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ

3.1. Розробка алгоритму системи керування стрічкового конвеєра

Сучасні технічні засоби та автоматизація виробничих процесів необхідні для вирішення труднощів організації виробництва. Машини безперервного транспортування та супутні системи управління є основним способом автоматизації цих процедур. Використання цього безперервного обладнання, зокрема конвеєрів, може значно підвищити рівень автоматизації та створити єдину інтегровану технологію виробництва. Підходи комп'ютерного моделювання нелінійних, нестационарних і неоднорідних процесів у поєднанні з технологіями штучного інтелекту можуть бути успішно використані для проектування систем керування конвеєрним транспортом. Штучні нейронні мережі, нечітка логіка та машинне навчання є прикладами методів штучного інтелекту. Серед теоретичних і прикладних проблем управління промисловими процесами є такі, що потребують застосування підходів штучного інтелекту для їх вирішення. Синтез нових інтелектуальних моделей конвеєрного транспорту, а також дослідження управління в умовах невизначеності та швидкої зміни навантаження є прикладами таких труднощів. Застосування інтелектуальних методів керування є особливо важливим у складних умовах розвитку масових транспортно-технічних систем, що включають в себе багато типів транспортних засобів. Метою даної роботи є створення керованої математичної моделі стрічкового конвеєра з динамічно змінюваним кутом між горизонтальною площиною і площиною стрічки та її аналіз за допомогою інтелектуального керування.

Досліджено узагальнену модель одноприводного стрічкового конвеєра з динамічно змінним кутом підйому. Будемо вважати, що стрічка конвеєра є

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нерозтяжною, що вантажі на стрічці суттєво впливають на імпульс і кутовий момент конвеєра, а силою тертя вантажів по стрічці нехтуватимемо. У цій ситуації диференціальні рівняння моделі можуть бути записані як:

$$\begin{aligned} \dot{x}_0 &= \dot{x}_1, \\ \dot{x} &= \frac{u^1 - kx^1 - m^1 g \sin(\alpha^0)}{m^1 + m^0}, \\ \dot{\alpha}_0 &= \alpha_1, \end{aligned} \tag{3.1}$$

$$\alpha = (u_2 - l\alpha_1) / (s^2 (m_0 + m_1)) - (g \cos(\alpha_0)) / c$$

$$(u_1, u^{\mathbb{R}^2}) \in U, m_0 \in M,$$

де x_0 - переміщення стрічки конвеєра, m_0 - маса стрічки конвеєра, α_0 - кут підйому конвеєра, α_1 - кутова швидкість підйому конвеєра, m_1 - загальна маса вантажів на конвеєрі, s - коефіцієнт інерції конвеєра, c - положення центру ваги конвеєра, k - коефіцієнт тертя кочення, l - коефіцієнт осьового тертя, u_1 - лінійна сила поступального руху конвеєра, M - множина мас вантажів, U - множина векторів керування. Теоретичний і прикладний інтерес представляють декілька форм задач оптимального керування системою (1). Ми розглянемо постановку задачі, в якій оптимальним керуванням є таке, що стабілізує систему (1) на необмеженому часовому інтервалі. Наступні вимоги вважаються необхідними і достатніми для стійкості системи (1):

$$X(0) \in E_1, X(t_n) \in E^{\mathbb{R}^2}, \forall t_n \in (t_1, \infty), \tag{3.2}$$

Де $X = (x_1, \alpha_0, \alpha_1)$ частковий фазовий вектор системи (1), t_1 - час, необхідний для стабілізації системи 3.1, t_n - границя часового інтервалу, E_1 та E_{Ξ^2} - деякі підпростори фазового простору розв'язків, причому $E_{\Xi^2} \subset E_1$.

Далі ми розробимо критерій якості керування на основі умови 3.2. Нехай E_{Ξ^2} являє собою певну околицю цільової точки фазового простору e . Таким чином, критерій якості для обмеження траєкторій системи 3.1 поблизу e може бути виражений наступним чином:

$$3.3$$

де вхідні значення пояснюються формулами 3.1 та 3.2.

Ми досліджуємо проблему знаходження таких керувань u_1, u_2 , які задовольняють 3.2, 3.3. Запропоновано комбіновану стратегію регулювання моделі 3.1. Обчислювальні дослідження показують, що режим ковзання за цією схемою може бути використаний для регулювання лінійної швидкості конвеєра.

$$u_1(t) = s + d, \quad \text{якщо } x < x',$$

$$u_1(t) = s - d, \quad \text{якщо } x > x' \quad 3.4$$

У цій схемі s - коефіцієнт, що характеризує відхилення системи (1) від сингулярної точки (з урахуванням рівності $x_1(t) = 0$), d - постійне значення керуючого впливу, x' - необхідний стан рівноваги тяги. Представлений метод працює при $t \in (t_1, t_{\Xi^2}, \dots, t_k)$, де k - кількість перемикачів.

Синтез керування кутовою швидкістю для моделі (1) виконано з використанням нечіткого регулятора, нейромережевого регулятора та ПД-регулятора. В результаті проаналізовано три способи керування. Для першого типу управління використовується алгоритм Мамдані з основою з семи правил.

Друга форма управління використовує 8-нейронну мережу прямого поширення в одному прихованому шарі. Значення помилки розузгодження та її

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

похідної (швидкості підйому конвеєра) подаються на вхід нейронної мережі i_1 , i_2 . Нейрони з тангенціальними функціями активації представляють прихований та вихідний шари. У структурі нейронної мережі також є додатковий шар посилення, який лінійно підвищує значення керуючого сигналу шляхом множення на постійний коефіцієнт. Вимога полягає в тому, що керування здійснюється в перемикаючому режимі через задані проміжки часу.

3.5

задовольняється, де t_1, t_2, \dots, t_n моменти перемикавання, N - функціональна нейронна мережа, s - помилка розузгодження, а s обговорювалося вище.

Для навчання нейронної мережі використовується алгоритм навчання з підкріпленням, який складається з наступних кроків:

1. Для початку випадкові вагові коефіцієнти в нейронній мережі.
2. Визначення траєкторії руху моделі 3.1 за допомогою управління нейронною мережею.
3. Визначити критерій якості 3.3 для кінцевої траєкторії.
4. Модифікація вагових коефіцієнтів нейронної мережі.
5. Якщо умова зупинки виконується, алгоритм слід завершити. В іншому випадку переходимо до кроку 2.

Крім того, ми досліджуємо керування на основі ПД-регулятора для порівняльної оцінки ефективності. У багатьох роботах розглядаються задачі аналізу динамічних систем на основі ПД-регулятора. У нашій роботі ми використовуємо модель ПД-регулятора, показану нижче:

$$u = P \left(\sigma(t) + \int_0^{t_n} \sigma(t) dt + D \frac{d\sigma(t)}{dt} \right). \quad 3.6$$

де P , I , D - пропорційний, інтегральний та диференціальний коефіцієнти ПД-регулятора, а $\sigma(t)$ - похибка неузгодженості. Завданням налаштування ПД-

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулятора є визначення коефіцієнтів, які найкраще відповідають вимогам до якості.

Методика налаштування коефіцієнтів складається з наступних кроків:

1. Згенерувати випадкові значення для P, I та D.
2. Визначити траєкторію руху моделі 3.1 за допомогою ПД-регулятора.
3. Визначити критерій якості 3.3 для кінцевої траєкторії.
4. Використовуючи процес оптимізації, змініть значення P, I та D.
5. Якщо умова зупинки виконується, алгоритм слід завершити. В іншому випадку переходимо до кроку 2.

Команда авторів створила комп'ютерний додаток на мові Python 3 для проведення обчислювальних експериментів.

Враховуються наступні умови. Конвеєр має довжину 2 м. Вантажі завантажуються або розвантажуються у випадкові моменти часу відносно стрічки, тобто $\Delta m \in -m (-0.25, 0.25)$. Розташування центру маси конвеєра випадковим чином змінюється від 0,8 м до 1,2 м.

Метою керування є підтримка стабільності моделі в певному режимі руху навколо $x_1 = 2$ м/с. Наш вибір це $a_0 = \frac{\pi}{10}, a_1 = 0, t_n = 250$. Припустимо, що модель має такі початкові умови (1):

$$x(0) = 0, \dot{x}(0) = 0, \alpha(0) = 0.5, \dot{\alpha}(0) = 0 \quad 3.7$$

При $t = 0$, параметри моделі виглядають $m_0 = 1.6, g = 9.8, s = 1/3, k = 1, m_1 = 1$. Перші керування мають вигляд $u_1 = 2, u_2 = 100$. Ми використовуємо $\gamma_1 = 25$ як коефіцієнт підсилення виходу нейронної мережі. Рисунки 1-3 ілюструють результати обчислювальних випробувань.

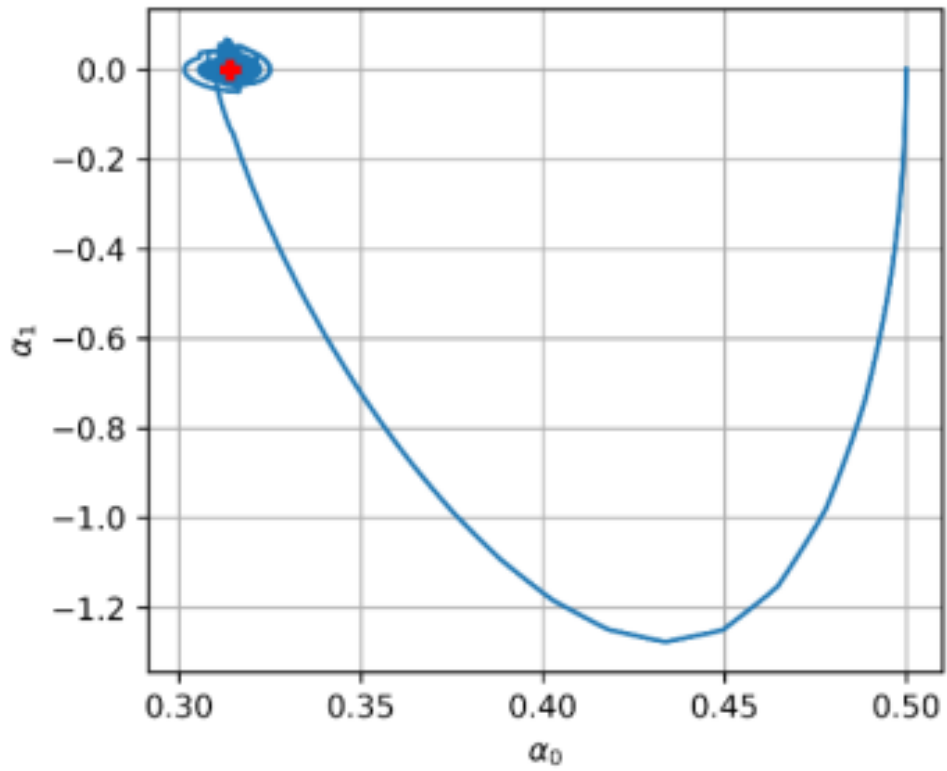


Рисунок 3.1 - Фазова крива системи при нейромережевому моделюванні.

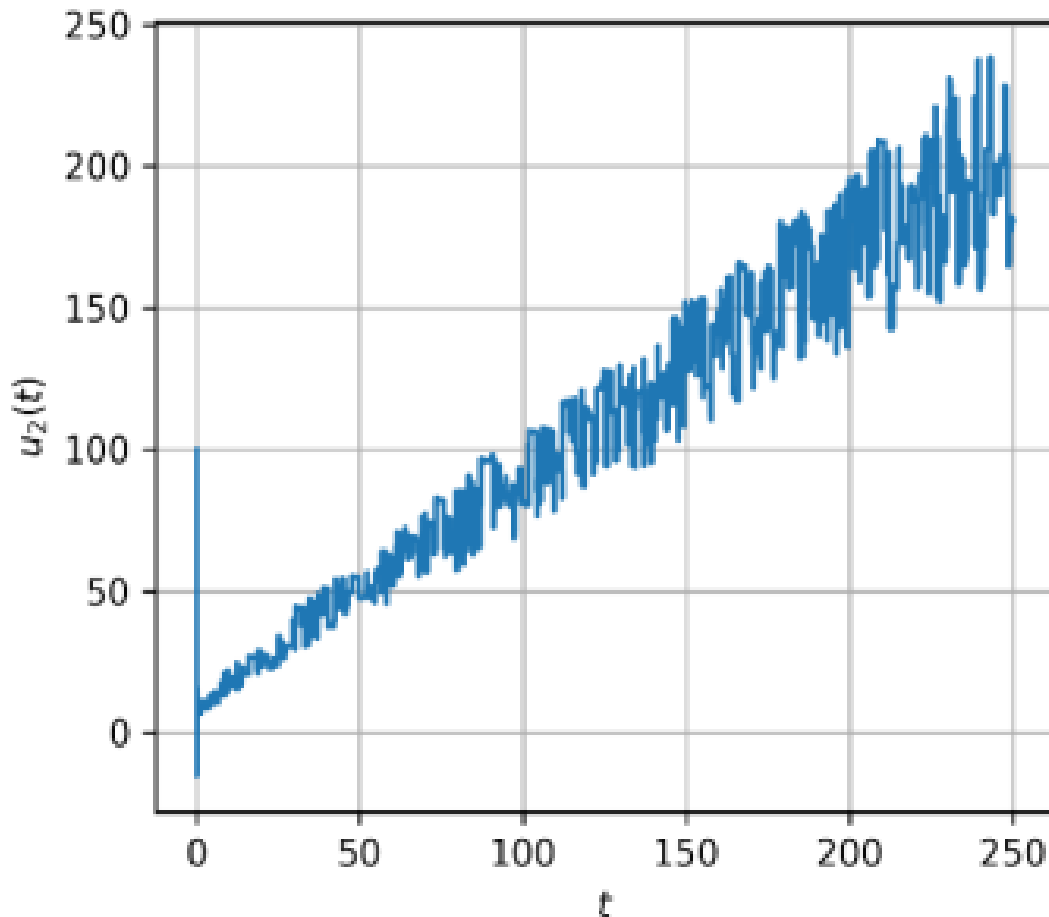


Рисунок 3.2 - Нейромережеве моделювання керування кутом підйому в системі.

На рисунку 3.1 зображено фазову криву, тип якої визначає орбітальну стійкість системи. Як видно, цей показник близький до заданого режиму руху. На рисунку 3.2 зображено значення керуючого сигналу. Визначений сигнал є постійно зростаючою величиною з коливаннями в моменти завантаження/розвантаження. Коефіцієнт підсилення u_1 обмежує амплітуду коливань u_2 . Критерій оптимальності для нейромережевого керування становить 158.507 при $t = 250$.

Крім того, ми розглядаємо керування ПД-регулятором за умов, подібних до керування нейромережевим регулятором. Для оновлення коефіцієнтів ПД-регулятора ми використали підхід диференціальної еволюції математичної

бібліотеки Scipy. На рисунку 3.3 зображено результати обчислювальних досліджень (ПД-регулятор).

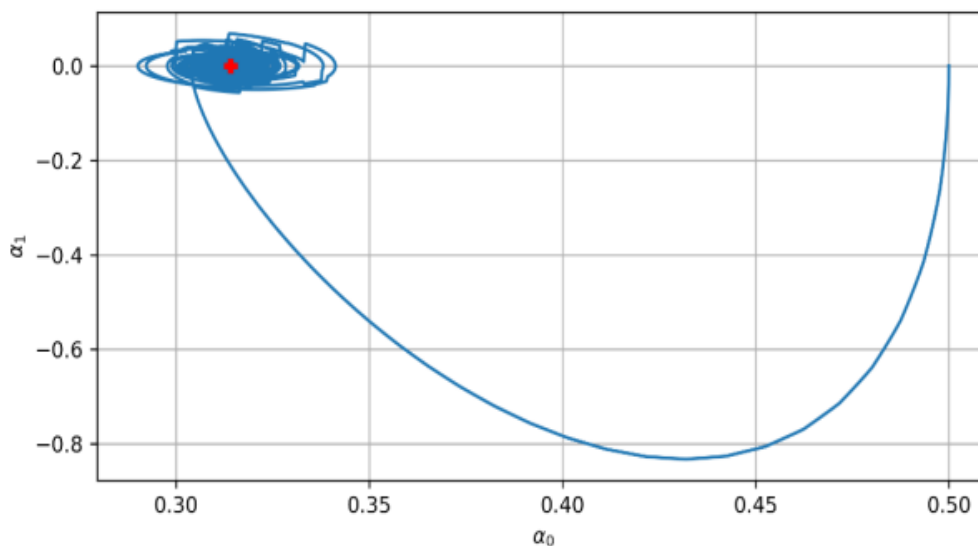


Рисунок 3.3 - Фазова крива системи при ПД-регулюванні.

Фазова траєкторія на рисунку 3 ідентична фазовій траєкторії на рисунку 1 (нейромережеве керування). Однак амплітуда відхилення від заданого значення кута $\frac{\pi}{10}$ набагато більша, ніж амплітуда відхилення на рисунку 1. При $t = 250$ критерій якості керування за допомогою ПД-регулятора становить 362,488. Цей показник значно перевищує значення критерію якості нейронного керування. Отже, керування за допомогою ПД-регулятора для цієї ситуації є менш успішним, ніж керування за допомогою штучної нейронної мережі.

У цій роботі синтезовано модель стрічкового конвеєра, представлену системою диференціальних рівнянь, та проведено ряд комп'ютерних експериментів при заданих умовах. Отримані результати показують, що нейромережеве керування має багато переваг над керуванням за допомогою ПД-регулятора. Про це свідчить, зокрема, структура фазових траєкторій на рисунках 1 (з використанням нейромережевого регулятора) та 3 (з використанням ПД-регулятора). При цьому структура ПД-регулятора є простішою, ніж структура нейромережевого регулятора. Важливо зазначити, що подальші дослідження з математичного моделювання систем конвеєрного

транспорту можуть призвести до успішних результатів при використанні в моделі як нейронних мереж, так і інших методів керування. Перш за все, ми наголошуємо на можливості ускладнення експериментальних умов. Запропонована методика моделювання дозволяє врахувати вплив швидкої зміни параметрів на динаміку системи. Ускладнення експериментальних умов свідчить про наявність помилок в оцінках параметрів моделі. Програмне забезпечення, створене в рамках цієї статті, слугує основою для розробки модулів програмного комплексу для моделювання безперервних транспортних систем з інтелектуальним керуванням. Використовуючи технології штучного інтелекту, цей програмний пакет дозволяє досліджувати нові керовані математичні моделі стрічкових конвеєрів.

Синтезована модель керування та запропоновані алгоритми реалізації регуляторів можуть бути покладені в основу інструментально-методичного забезпечення інтелектуально керованих систем конвеєрного транспорту. Створена методика моделювання дозволяє провести порівняльне дослідження керування на основі синтезу ПД-регулятора та керування з використанням штучних нейронних мереж. Крім того, цей підхід дозволяє розв'язувати задачі оптимального керування моделями конвеєрів з використанням різноманітних критеріїв якості. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та створенні машин безперервної дії з використанням штучного інтелекту.

3.2. Передаточні функції для P, Pi, PID регуляторів

Проектування безпечних і продуктивних об'єктів вимагає використання засобів керування технологічними процесами. Для модифікації технологічних процесів використовується низка контролерів, але найпростішим і часто найуспішнішим з них є ПД-регулятор. Регулятор намагається усунути розбіжність між виміряною змінною процесу і заданим значенням, обчислюючи

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різницю, а потім відповідно коригуючи процес. PID-регулятор регулює процес за допомогою трьох параметрів: Пропорційний (P), інтегральний (I) та похідний (D). Ці характеристики можуть бути зважені або змінені для впливу на процес. PID-регулятори, які набагато практичніші за традиційні вмикачі та вимикачі, забезпечують значно кращі можливості для модифікації системи. Хоча це правильно, є деякі переваги використання контролерів вмикання/вимикання, зокрема те, що вони відносно прості у розробці та впровадженні, і двійкові датчики та виконавчі механізми (такі як контролер вмикання/вимикання), як правило, надійніші та дешевші. Хоча використання схеми увімкнення/вимкнення регулятора має певні переваги, вона має і суттєві недоліки. Вони неефективні (використання такого керування еквівалентне їзді з повним газом і повними зупинками), можуть створювати шум при пошуку стабільності (можуть різко перевищувати або знижувати задане значення), і фізично зношують клапани і перемикачі (повне вмикання і вимикання клапанів/перемикачів призводить до їхнього швидшого зносу). Більшість промислових процесів використовують архітектуру ПД-регулятора, що дозволяє значно краще контролювати і тонко налаштовувати зміни. Коефіцієнт підсилення процесу (K) - це відношення зміни змінної відгуку до зміни вхідної змінної (функція впливу). Він виражає чутливість вихідної змінної до зміни вхідної змінної.

$$K = \frac{\Delta output}{\Delta input}$$

3.8

Коефіцієнт підсилення можна охарактеризувати лише як стаціонарний параметр, який не дає інформації про динаміку процесу і не залежить від конструктивних та експлуатаційних факторів. Коефіцієнт підсилення має три складові: знак, значення та одиниці виміру. Знак показує, як вихід реагує на вхід процесу. Позитивний знак вказує на те, що вихідна змінна зростає зі збільшенням вхідної змінної, тоді як негативний знак вказує на те, що вихідна змінна падає зі збільшенням вхідної змінної. Одиниці виміру визначаються

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

процесом, що розглядається, який визначається наведеними факторами. Наприклад, тиск було підвищено з 21 до 29 фунтів на квадратний дюйм. Ця модифікація зменшила положення клапана з 30% v_p до 22% v_p .

$$K = \frac{(29 - 21)psi}{(22 - 30)\%v_p} = - \frac{1.0psi}{\%v_p} \quad 3.9$$

Мертвий час (t_o) - це час між зміною вхідної змінної та початком зміни вихідної змінної. Час нечутливості є важливим, оскільки він впливає на керованість системи керування. Через цю властивість зміна заданого значення не є миттєвою. Мертвий час необхідно враховувати під час налаштування та моделювання.

Пропорційне керування (P) - це один з видів дії, що використовується в PID-регуляторах. Керування зі зворотним зв'язком є різновидом пропорційного керування. Це найпростіший тип безперервного керування, який може бути застосований до замкненої системи. Керування за допомогою П-зв'язку зменшує волатильність змінних процесу, але воно не завжди приводить систему до заданого значення. Він реагує швидше, ніж більшість інших регуляторів, що дозволяє регулятору, який керує тільки P, спочатку реагувати на кілька секунд швидше. Однак, коли система стає складнішою (тобто алгоритм стає складнішим), різниця в часі реакції може накопичуватися, дозволяючи P-регулятору реагувати навіть на кілька хвилин швидше. Хоча P-регулятор має швидший час відгуку, він спричиняє відхилення від заданого значення. Ця різниця відома як зсув, і вона, як правило, є небажаною в технологічному процесі. Наявність зсуву означає, що система не може підтримувати стабільність на заданому заданому значенні. Це схоже на систематичну похибку в калібрувальній кривій, де завжди є фіксована, безперервна похибка, яка не дозволяє лінії перетнути початок координат. Поєднання керування тільки по точці з іншим типом керування, наприклад, I- або D-контролем, може зменшити зміщення. Однак важливо зазначити, що усунути зсув, який неявно присутній у кожному обчисленні, неможливо. Вихід регулятора (керуючий

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигнал) безпосередньо пов'язаний з похибкою (різницею між вимірним сигналом і заданим значенням) через Р-регулювання.

$$c(t) = K_c e(t) + b \quad 3.10$$

Де, $c(t)$ – вихід контролера, K_c – коефіцієнт підсилення регулятора, $e(t)$ – похибка, b – зсув.

Зсув і коефіцієнт підсилення регулятора є константами, унікальними для кожного регулятора в цьому рівнянні. Коли похибка дорівнює нулю, зсув - це просто вихід регулятора. Коефіцієнт підсилення регулятора - це зміна виходу регулятора на зміну входу регулятора. Коефіцієнт підсилення регулятора в PID-регуляторах, де сигнали часто передаються електронним способом, пов'язує зміну вихідної напруги зі зміною вхідної напруги. Ці зміни напруги потім пропорційні атрибуту, що змінюється (наприклад, температура, тиск, рівень і так далі). В результаті, коефіцієнт підсилення в кінцевому підсумку відповідає зміні вхідних і вихідних атрибутів. K_c буде більшим, якщо вихідна змінна змінюється більше, ніж вхідна. Якщо зміна на вході перевищує зміну на виході, K_c буде меншим за 1. Якщо K_c встановлено на нескінченність, похибка має бути зменшена до нуля. З іншого боку, мале значення K_c збільшує нестабільність контуру, оскільки нульова похибка означає, що вимірний сигнал точно ідентичний заданому значенню. Як було зазначено в лекції, абсолютна рівність ніколи не досягається в логіці керування, натомість, в логіці керування допускається, щоб похибка змінювалася в певному діапазоні. Як наслідок, розмір K_c обмежений, і система визначає ці межі. Налаштування PID класичними методами відображає графічне представлення впливу різних змінних на систему. Як показано в попередньому рівнянні, керування тільки за Р встановлює лінійний зв'язок між помилкою системи та виходом регулятора. На основі сигналу цей тип керування забезпечує реакцію, яка змінює систему таким чином, що будь-які коливання усуваються і система повертається до стаціонарного стану. Задане значення, сигнал і зсув є входами контролера.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контролер обчислює похибку як різницю між заданим значенням і сигналом і передає це значення алгоритму. Цей алгоритм, у поєднанні зі зміщенням, визначає дію, яку повинен виконати контролер. На рисунку 3.4. зображено графічне зображення виходу Р-регулятора при ступінчастому збільшенні вхідного сигналу в момент часу t_0 . Цей графік точно такий самий, як і графік ступінчастого входу.

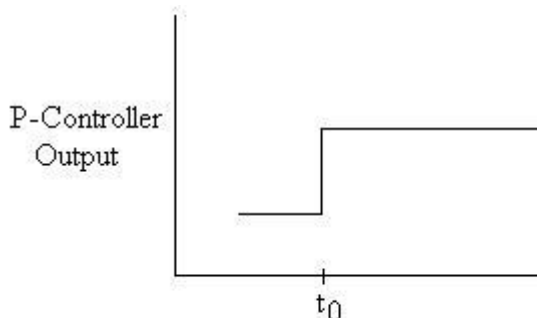


Рисунок 3.4. - Вихід Р-регулятора для ступінчастого входу.

Розглянемо тільки Р-регулятор, який регулює рівень рідини в резервуарі, щоб продемонструвати цей лінійний зв'язок Р-регулятора. Потік у резервуар спочатку дорівнює потоку з резервуара. Якщо потік з резервуара зменшується, рівень в резервуарі підвищується, оскільки рідини надходить більше, ніж виходить. Система керування Р-only регулюватиме потік, що виходить з резервуара, доки він не зрівняється з потоком, що надходить, і рівень буде постійним. Однак цей рівень вже не дорівнює початковому рівню бака. Система працює стабільно, проте існує розбіжність між початковим заданим значенням і фактичним положенням резервуара. Ця різниця відома як зміщення Р-регулятора.

РІ-регулятор описується передавальною функцією:

$$K(s) = k_p + \frac{k_i}{s} = \frac{k_p (s + k_i/k_p)}{s}$$

3.11

В результаті PI-регулятор доповнює ланцюг зворотного зв'язку полюсом на початку координат (інтегратором) і кінцевим нулем. Оскільки наявність інтегратора в контурі призводить до того, що помилка на постійний вхід дорівнює нулю в усталеному режимі, PI-регулятори широко використовуються при проектуванні сервомеханізмів. У комплексній s-площині нуль регулятора, як правило, розташований поблизу початку координат. Полусно-нульова пара вводить полюс замкненої системи зі значною постійною часу. Розташування нуля можна змінювати таким чином, щоб внесок повільного режиму в загальну реакцію системи залишався незначним.

Однією з таких комбінацій є PI-регулювання, в якому відсутнє D-регулювання PID-системи. У PI-регулюванні використовується зворотний зв'язок. Завдяки додаванню пропорційної дії, воно має швидший час відгуку, ніж керування за допомогою лише I-зв'язку. PI-регулювання запобігає коливанням системи, а також може повернути систему до фіксованої точки. Хоча PI-регулятор має швидший час відгуку, ніж P-регулятор, він все одно на 50% повільніший, ніж P-регулятор. Тому PI-регулятор часто використовують у парі з D-регулятором, щоб покращити час реакції. PI-регулювання пов'язує вихід регулятора з помилкою та її інтегралом.

$$c(t) = K_c \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int [e(t)] dt \right) + c \quad 3.12$$

Де, $c(t)$ – вихід контролера, K_c – коефіцієнт підсилення контролера, T_i – інтегральний час, $e(t)$ – похибка, C – початкове значення контролера.

Інтегральний час у цьому рівнянні - це час, необхідний для того, щоб тільки I-компонент регулятора відповідав керуванню, яке задається тільки P-частиною регулятора. Відповідно до рівняння, PI-регулятор діє як спрощений PID-регулятор з нульовою похідною. PI-регулятор можна також розглядати як суміш рівнянь керування тільки за P і тільки за I. При керуванні тільки за P, член зсуву дорівнює інтегральній дії керування тільки за I. Коли система не досягає заданого значення, діє тільки P-регулювання. Коли система досягає заданого значення, похибка дорівнює нулю, і перший доданок вилучається з

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівняння. Після цього система керується виключно за допомогою І-компонента регулятора. Якщо система знову відхиляється від фіксованої точки, активується керування тільки за Р-компонентом. На рисунку 3.5. зображено графічне зображення виходу PI-регулятора при ступінчастому збільшенні вхідного сигналу в момент часу t_0 . Цей графік, як і передбачалося, нагадує якісну суміш графіків тільки Р-регулятора та тільки І-регулятора.

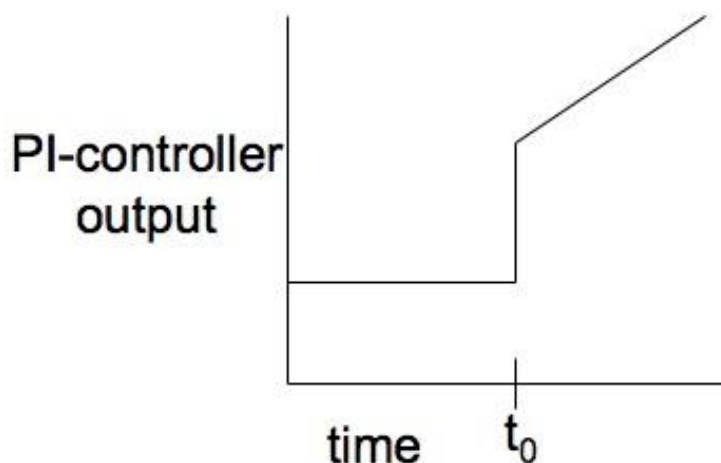


Рисунок 3.5 - Вихід PI-регулятора для ступінчастого входу.

Пропорційно-інтегрально-похідне керування - це гібрид трьох систем керування. PID-регулювання є найбільш часто використовуваним типом регулювання, оскільки воно поєднує в собі переваги кожного типу регулювання. Це включає в себе швидший час відгуку за рахунок управління тільки Р, а також менший/нульовий зсув від комбінованого похідного та інтегрального регуляторів. Це зміщення було усунуто завдяки додатковому використанню І-регулятора. При спільному використанні включення D-регулятора значно покращує реакцію регулятора, оскільки він прогнозує збої в роботі системи, виявляючи зміну помилки. І навпаки, як зазначалося раніше, при використанні тільки D-регулятора він має довший час відгуку, ніж швидший тільки Р-регулятор. Однак, хоча PID-регулятор здається найбільш підходящим, він також є найдорожчим. Як наслідок, він не використовується до тих пір, поки процес не вимагатиме точності та стабільності, які забезпечує

PID-регулятор. PID-регулювання пов'язує вихід регулятора з помилкою, її інтегралом та похідною.

$$c(t) = K_c \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{de}{dt} \right) + C \quad 3.13$$

Де, $c(t)$ – вихід регулятора, K_c – коефіцієнт підсилення регулятора, $e(t)$ – похибка, T_i – інтегральний час, T_d – постійна часу похідної, C – початкове значення регулятора.

PID - регулювання, як показано у наведеному вище рівнянні, є сумішшю всіх трьох методів регулювання. Оскільки коефіцієнт підсилення впливає на дії входу і виходу в комбінованому PID - регулюванні, він множиться на інтегральний і похідний члени, а також на пропорційний член в цьому рівнянні. PID-регулювання не може застосовуватися в процесах з високим рівнем шуму через використання похідних, оскільки шум буде заважати прогнозуванню та зворотному зв'язку. З іншого боку, PID - регулювання використовується, коли не потрібне зміщення і швидкий час реакції. На рисунку 3.6. зображено графічне зображення виходу PID - регулятора для ступінчастого збільшення вхідного сигналу в момент часу t_0 .

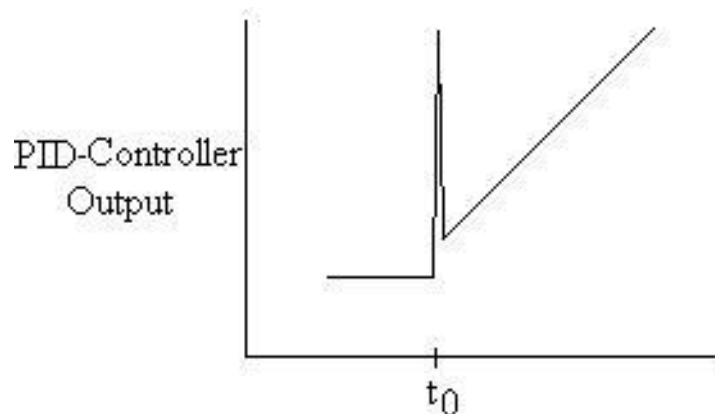


Рисунок 3.6 - Вихід PID-регулятора для ступінчастого входу.

Залежно від контексту, порядок елементів в $e(t)$ може змінюватися. Це може бути постійний елемент мінус елемент, що змінюється, або навпаки.

Давайте розглянемо приклад, щоб краще зрозуміти це поняття. Припустимо, що ви пишете PID-регулятор для регулювання рівня рідини в резервуарі за допомогою клапана на виході. Коли рівень рідини в резервуарі перевищує встановлений вами рівень, ви хочете, щоб клапан відкрився ширше, щоб забезпечити більший потік з резервуара. Ви очікуєте позитивної реакції. В результаті, коли рівень рідини перевищить заданий, ваша $e(t)$ має повернути додатне число. У цьому випадку $e(t)$ буде $(V-V_{set})$. Ті ж самі міркування можуть бути використані для різних систем, щоб визначити, яким має бути $e(t)$ в PID-регуляторах.

Коефіцієнти підсилення регулятора для трьох основних форм керування позначаються літерами k_p , k_d та k_i . Пропорційна складова діє, як статичний регулятор, похідна прискорює реакцію системи, а інтегральна зменшує похибку в усталеному режимі.

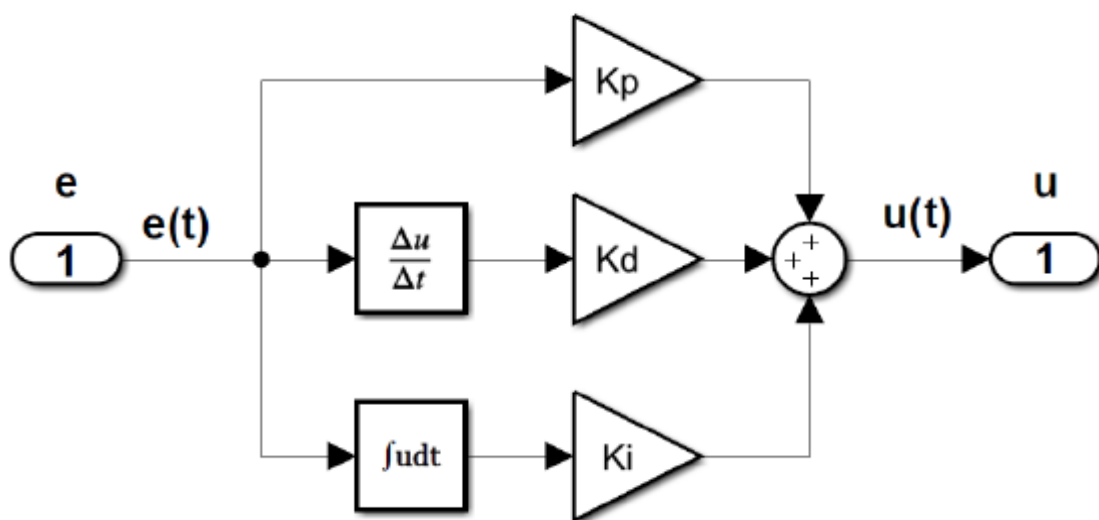


Рисунок 3.7 - Три основні режими управління, представлені в PID-регуляторі.

3.3 Модель роботи конвеєрної лінії

Для розробки моделі стрічкового конвеєра створимо розрахункову схему конвеєрної стрічки з вантажем на ній та роликками, що її підтримують. Сили опору руху, що діють на окремих ділянках, можна класифікувати як розподілені по довжині конвеєра та зосереджені (локальні). Прикладами

останніх є сили опору на ділянках повороту, завантаження, проміжного розвантаження, очисних і центрувальних пристроїв тощо. Для розрахунку тягового зусилля можна використати обхідний підхід по контуру стрічки. Загалом, на барабани діють активні сили, а також реактивні сили, які постійно спрямовані проти руху і не можуть самостійно вивести систему з рівноваги. Реактивні сили в першу чергу формуються силами тертя, які утримують стрічку від руху, тоді як активні сили викликані або гравітаційною складовою для похилих конвеєрів, або впливом з боку рушійної сторони. Крім того, передбачається, що всі моменти інерції і моменти сил опору прикладені до поступального руху стрічки. Вивчення схеми заміщення конвеєра, представленої на рисунку 3.8, може бути використано для виявлення ключових аспектів стрічкових конвеєрів, які впливають на режими роботи приводу і визначають потреби в ньому.

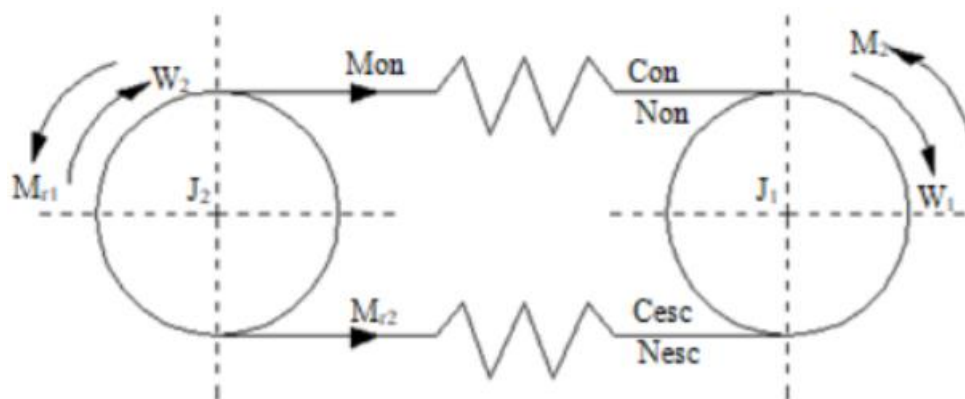


Рисунок 3.8 - Еквівалентна схема стрічкового конвеєра.

Де J_1 , J_2 - моменти інерції приводних барабанів 1 і 2 відповідно. J_1 містить всі пов'язані рухомі частини приводу, що передають моменти інерції валу барабана 1. J_2 відтворює конвеєрну стрічку, навантаження на неї та всі рухомі частини, прикріплені до стрічки, і все це передається на вал барабана 2.

C_{ON} , C_{ESC} - жорсткості у вхідній та вихідній гілках паса з урахуванням пружних характеристик паса. Вважається, що колеса J_1 і J_2 , а також пружини C_{ON} і C_{ESC} з'єднані невагомою абсолютно жорсткою гнучкою струною.

N_{ON} , N_{ESC} - коефіцієнти демпфування у зустрічній та відвідній гілках відповідно. ω_1 , ω_2 - частоти обертання коліс.

M_{ON} , M_{ESC} - секунди, спричинені тиском натягу гілок конвеєра, що наближаються та віддаляються.

M_{R1} , M_{R2} - моменти сил опору руху приводного барабана та конвеєрної стрічки відповідно. M - крутний момент електродвигуна.

Враховуючи, що привід має лінійні механічні властивості і що існують критерії уникнення прослизання стрічки, ми сформулюємо наступний набір рівнянь:

$$M = \beta(\omega_{SET} - \omega_1)$$

$$J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M + M_{ESC} - M_{ON} - M_{R1}$$

$$J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{ON} - M_{ESC} - M_{R2}$$

$$M_{ON} = \int_0^t C_{ON}(\omega_1 - \omega_2) dt + n_{ON} C_{ON}(\omega_1 - \omega_2) + M_{PON}$$

$$M_{ESC} = \int_0^t C_{ESC}(\omega_1 - \omega_2) dt + n_{ESC} C_{ESC}(\omega_1 - \omega_2) + M_{PESC}$$

Де ω_{set} - задана швидкість приводу; M_{PON} і M_{PESC} - секунди, зумовлені тисками попереднього натягу гілок конвеєрної стрічки, що наближаються та віддаляються, відповідно.

Однак слід зазначити, що пусковий режим виникає в умовах експлуатації, коли статичний момент опору руху є невизначеним. У цьому випадку, через високе зусилля приводу, може виникнути прослизання стрічки на барабані та значні динамічні зусилля.

Як відомо, при переміщенні конвеєрної стрічки по поверхні приводного барабана виконується наступна умова:

$$\frac{M_{ON}}{M_{ESC}} = e^{\mu\alpha}$$

Де μ – коефіцієнт адгезії, α – кут контакту.

Наступний вираз записано у вигляді відношення:

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{M_{ON}}{M_{ESC}} \leq e^{\mu\alpha}$$

Це ситуація режиму роботи конвеєра, в якому відсутнє прослизання стрічки. Підставивши в цей вираз значення M_{ON} , M_{ESC} , отримаємо наступний результат:

$$(C_{ON} + C_{ESC}e^{\mu\alpha}) \int_0^t (\omega_1 - \omega_2) dt + (n_{ON}C_{ON} + n_{ESC}C_{ESC}e^{\mu\alpha})(\omega_1 - \omega_2) \leq M_{PESC}e^{\mu\alpha} - M_{PON}$$

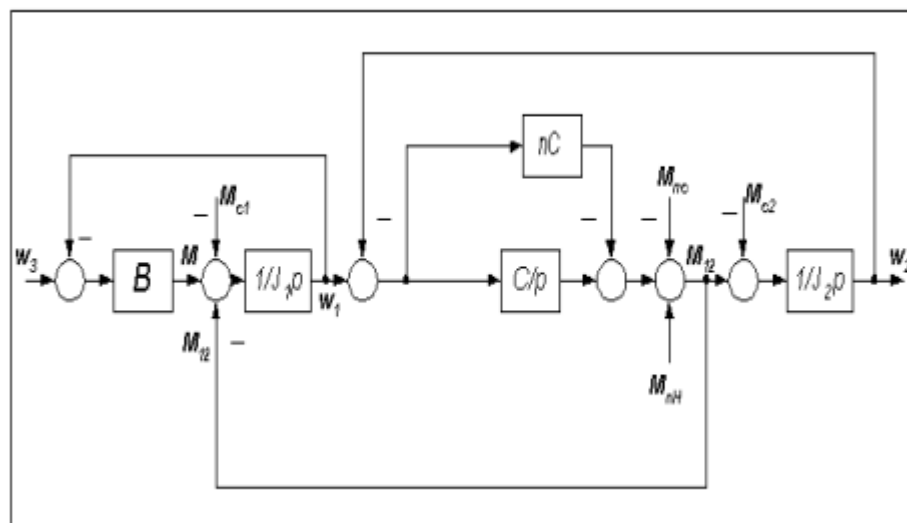
Враховуючи прийняті припущення і той факт, що обидві гілки поясу симетричні, тобто виконується рівність:

$$C_{ON} = C_{ESC} = \frac{C}{2}; n_{ON} = n_{ESC} = n; M_{PESC} = M_{PON} = M_P$$

ми можемо писати:

$$\left\{ C \int_0^t (\omega_1 - \omega_2) + nC(\omega_1 - \omega_2) \right\} \leq 2M_P \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha} + 1}$$

У лівій частині цього співвідношення стоїть вираз, що визначає величину результуючого моменту M_{12} , обумовленого деформаційними силами стрічки конвеєра, а в правій - постійна величина, що визначається початковими умовами M_P і параметрами приводу барабана конвеєра μ та α . У зв'язку з цим структурна схема об'єкта, яка враховує можливість режиму ковзання, набуває вигляду, зображеного на рисунку 3.9.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рисунок 3.9. – Схема конвеєра з режимом проковзування

Для більш точного моделювання конвеєра слід враховувати, що під час запуску та зупинки конвеєра діють динамічні сили, що виникають внаслідок прискорення обертових мас. Враховуються привідний механізм, барабани, стрічка та маси вантажу. Зміна динамічних сил має хвилеподібний характер, що особливо важливо для протяжних стрічкових конвеєрів, де переміщення стрічки у верхньому і нижньому натягу триває від декількох секунд до декількох десятків секунд (в залежності від довжини конвеєра і плавності пуску). Пояс рухається нерівномірно по своїй довжині, і в міру просування хвилі натягу супутні маси починають зміщуватися. Розглянемо конвеєр з механізмом натягу вантажу в головній частині. Диференціальне рівняння руху приводу:

$$M_D \frac{d\vartheta}{dt} + c\rho\vartheta = F_0 - W_0 \mp \beta_M \vartheta = \Delta F \mp \beta_M \vartheta$$

Розглянемо конвеєр з механізмом натягу вантажу в головній частині. Диференціальне рівняння руху приводу:

$$M_D = \frac{k(j)_G^2 \cdot i_G^2}{gD^2}$$

де k - коефіцієнт, що характеризує характеристики двигуна, еквівалентний 1.2-

1.3, β_M - коефіцієнт, що характеризує інерційність редуктора, $\beta_M = \frac{F_1 - F_2}{\vartheta_1 - \vartheta_2}$;

ΔF - привідна сила, яка більша за статичний опір руху і еквівалентна $F_0 - W_0$; i_G

- передаточне число редуктора; g - прискорення сили тяжіння; D - діаметр привідного барабана. Розв'язок диференціального рівняння з початковою

умовою $\vartheta \approx 0$ при $t = 0$ має наступний вигляд:

$$\vartheta(t) = \frac{\Delta F}{\mp \beta_M - c\rho \left[\exp\left(\frac{\mp \beta_M - c\rho}{M_D} t\right) - 1 \right]}$$

Динамічне напруження гілки, що наближається:

$$S_{DYN.ON}(t) = c\rho$$

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно до граничних критеріїв на гілці, що втікає $S_{ESC} = const, S_{DYN.ESC} = 0$.

Для розрахунку часу розгону конвеєра використовується залежність:

$$t_{ACC} = \frac{J^2 \omega}{4g(M_{DYN} - M_{ST})} = \frac{J^2 n}{3750(M_{DYN} - M_{ST})}$$

де n - частота обертання; M_{ST} - статичний момент.

Динамічний гальмівний момент:

$$M_{DYN} = F_{DYN} R_D = \beta_M (\vartheta_{SS} - \vartheta(t)) R_D$$

де F_{DYN} - динамічна сила; R_D - радіус барабана; ϑ_{SS} - швидкість у сталому стані.

У середовищі Matlab Simulink було створено узагальнену модель конвеєра (рисунок 3.10.), яка включає математичний опис процесів, що відбуваються в окремих елементах, а також взаємні зв'язки між ними.

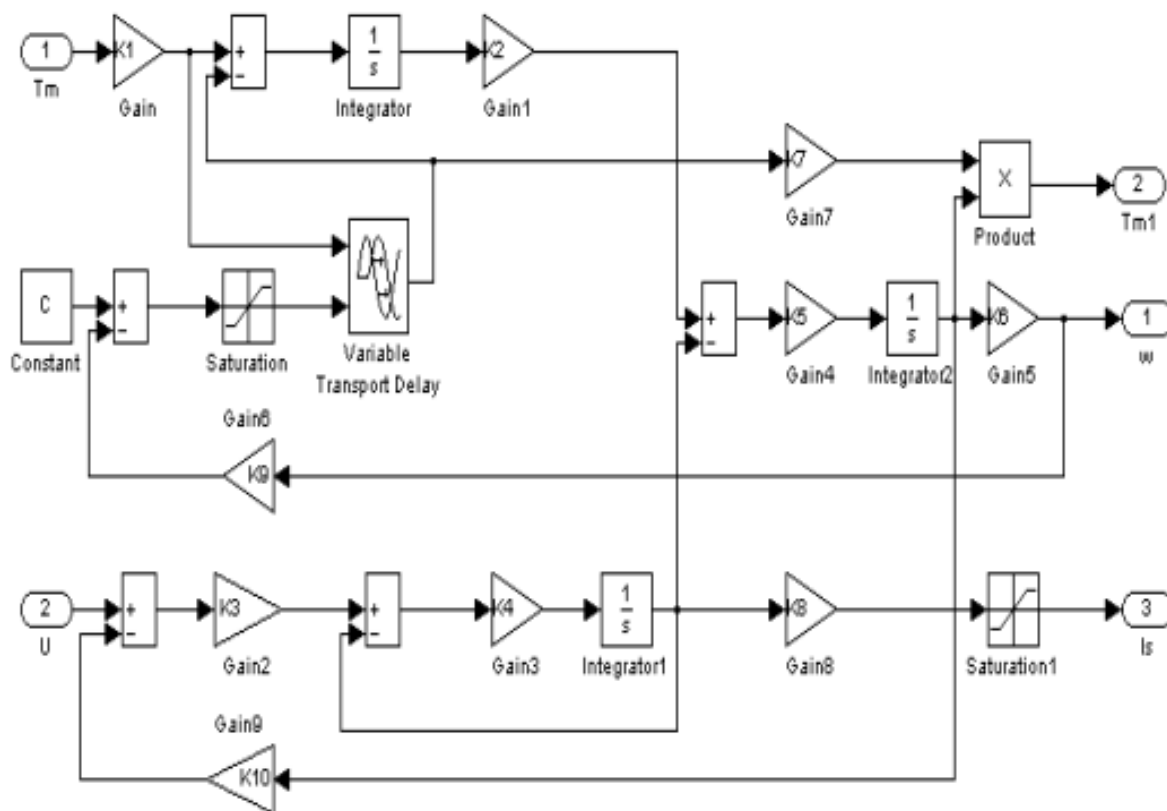


Рисунок 3.10 – Модель конвеєра(Simulink Matlab)

Стрічковий конвеєр являє собою електромеханічну систему, що складається зі з'єднаних частин.

Вхідний сигнал "Tm" моделює поточний стан завантаження, враховуючи випадковий характер потоку вантажу та деяке постійне значення навантаження "Constant". Вхід 2 впливає на реакцію конвеєра на вхідний сигнал "U" (керуючий сигнал від системи керування потоково-транспортної системи, що базується на завантаженні конвеєра). Вихід моделі Tm1 показує вантаж, що наближається до наступного конвеєра, w - швидкість конвеєрної стрічки, а I_s - струм статора, який використовується для розрахунку ступеня завантаження конвеєра.

Результати моделювання були отримані шляхом розбиття контуру стрічкового конвеєра на 20 ділянок (10 ділянок верхньої та 10 ділянок нижньої гілки конвеєра) однакової довжини.

Задані режими роботи стрічкового конвеєра:

1. Пуск конвеєра без навантаження - від 0 до 3 сек.
2. Робоча швидкість конвеєра 3,5 м/с. Встановлена швидкість стрічки для вантажу 1000 т/год - 3 115 сек.
3. Зупинка конвеєра (стоянка) - від 115 до 145 сек.
4. Від 145 до 148 сек. запуск завантаженого конвеєра.
5. Робота конвеєра з 148 по 1300 сек з заданою швидкістю стрічки 3,5 м/с і вантажопотоком 1000 т/год.

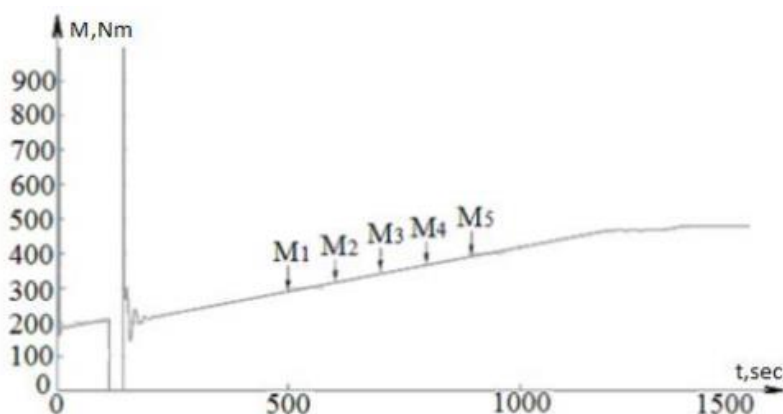


Рисунок 3.11 – Крива крутного моменту приводів

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

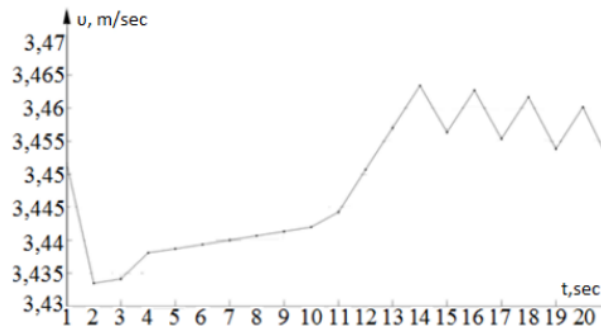


Рисунок. 3.12 – Крива розподілу швидкості на ділянках стрічки по довжині конвеєра при повному завантаженні.

З рисунку 3.12 видно, що швидкості ділянок стрічки змінюються по довжині, що пояснюється нерівномірним розподілом напружень (деформацій) в стрічці.

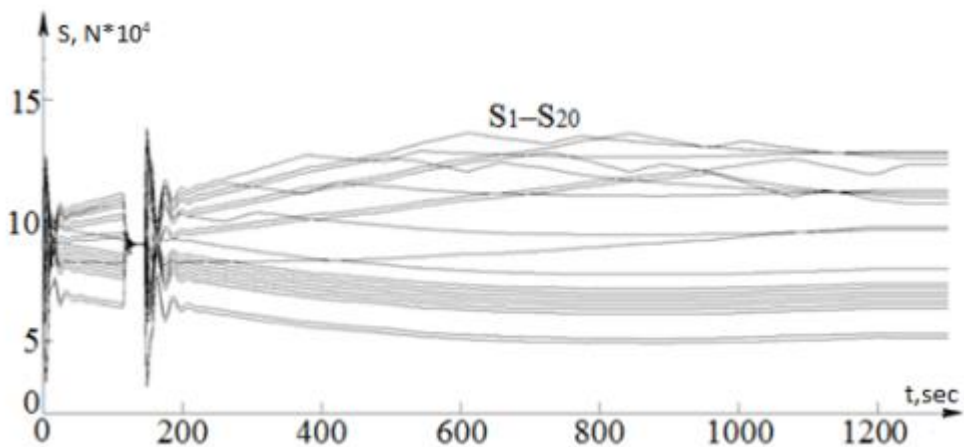


Рисунок 3.13 – Зміна натягу стрічки в залежності від перерізу

З рисунку 3.13 видно, що максимальні значення натягу досягаються при запуску стрічкового конвеєра, причому при запуску завантаженого конвеєра натяг вищий, ніж при запуску конвеєра без навантаження. При повній зупинці стрічкового конвеєра значення натягу на всіх ділянках практично однакові, а натяг на всіх ділянках стрічкового конвеєра зростає зі збільшенням загального навантаження на конвеєр.

Результати досліджень моделі стрічкового конвеєра в різних режимах роботи показали, що вони мають вплив на характеристики конвеєра з пружним несучим елементом. Це виражається в неодноразовому початку руху ділянок

стрічки та залежності швидкості руху ділянки стрічки від величини натягу стрічки в цей момент. Наведені вище факти свідчать про те, що результати моделювання ідентичні результатам динамічних процесів, що відбуваються в режимі роботи конвеєра. Запропонована імітаційна модель стрічкового конвеєра відображає всі основні параметри стрічкового конвеєра і може бути використана при створенні та модифікації системи автоматичного керування.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Одним з найнебезпечніших негативних явищ на будь-якому виробничому підприємстві, в тому числі на складі з конвеєрною сортувальною лінією, є пожежа. Небезпеку виникнення пожежі можуть підвищувати різноманітні фактори, які я навів нижче:

1. Електрообладнання: На складі з конвеєрною сортувальною лінією використовується багато електрообладнання, яке може спричинити іскріння та перевантаження. Якщо не дотримуватися правильних процедур встановлення та експлуатації, це може призвести до пожежі.
2. Пил та інші легкозаймісті матеріали: на складі з конвеєрною сортувальною лінією можуть накопичуватися пил, стружки та інші легкозаймісті матеріали. Якщо ці матеріали змішаються з повітрям і стануть підпалювальними, вони можуть призвести до пожежі.
3. Несправність систем вентиляції: системи вентиляції на складі з конвеєрною сортувальною лінією необхідні для забезпечення чистого повітря та видалення небезпечних газів і парів. Несправність систем вентиляції може призвести до накопичення небезпечних речовин та підвищення ризику пожежі.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Несанкціоноване використання вогню: на складі з конвеєрною сортувальною лінією необхідно дотримуватися правил безпеки під час використання вогню, наприклад, паяння, зварювання або роботи з відкритим вогнем. Несанкціоноване використання вогню може призвести до пожежі.

В основному, люди несуть відповідальність за переважну більшість пожеж. Коротке замикання в електромережах, перевантаження по струму в проводах та електроприладах, високий перехідний опір, статична та навколишня електрика, електричні іскри - все це може стати причиною пожежі. Полум'я сірника, яке при необережному поводженні зазвичай спричиняє пожежу, є джерелом відкритого вогню. Методи протипожежного захисту, як організаційні, так і технологічні. Стан об'єкта, який виключає можливість виникнення пожежі, називається пожежною безпекою. У разі виникнення пожежі вживаються всі необхідні запобіжні заходи для зменшення шкідливого впливу небезпечних факторів пожежі на людей, споруди та матеріальні цінності. Система встановлених норм і правил поведінки людей, праці та експлуатації об'єктів, спрямованих на забезпечення пожежної безпеки, називається пожежною безпекою.

Згідно з пожежною статистикою, пожежі в першу чергу вражають невеликі промислові та комерційні підприємства або склади, де власники вважають, що не варто встановлювати засоби пожежогасіння. Однак пожежі, що виникають на таких об'єктах, можуть призвести до великих катастроф. Замість дорогих пожежних контрольних панелей власникам малих підприємств варто розглянути можливість встановлення недорогих сповіщувачів, які миттєво активують системи пожежогасіння. Іншими словами, у разі пожежі спрацює автономна система пожежогасіння (скорочено АСПГ). Такі системи не дадуть вогню поширитися по всій споруді та завдати значної шкоди.

Спрацьовування АСПГ може бути викликане наступними способами:

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Попереджувальний сигнал подається, при першому значенню первинної ознаки пожежі, наприклад, підвищення температури. Цей сигнал може передаватися будь-яким електронним, акустичним, мобільним телефоном або традиційною звуковою сиреною. Другий датчик спрацьовує, коли порогова температура, зафіксована першим датчиком, перевищує максимальне значення. Людина вирішує, чи евакуювати людей, чи вимкнути автоматизовану систему зберігання газу, після того, як почує сигнали та огляне ситуацію в приміщенні.
2. При досягненні заданих порогових рівнів основних індикаторів пожежі система пожежогасіння може активуватися без попередження. При досягненні певного значення температури в систему вбудовано термореле, яке вмикає подачу напруги від джерела живлення на блок запуску пристрою пожежогасіння.

Системи теплових реле є найдешевшими пристроями, доступними сьогодні. Крім того, досвід показує, що температура, при якій спрацьовує теплове реле, зазвичай досягається лише при великому полум'ї. Хоча сучасні хімічні засоби пожежогасіння можуть впоратися з ним, пошкодження будівель та обладнання будуть значними. Щоб уникнути цього, зараз краще використовувати генератори ультрадисперсного аерозолю FireStop FS від ТОВ "Експерт 112". Варто також зазначити, що, окрім теплових реле, у світі розроблені димові сповіщувачі, які виявляють ознаки загоряння на стадії тління. Вони мають два, а то й три пороги спрацьовування, що є незвичним. Здебільшого це аспіраційні сповіщувачі. Термохімічний перетворювач теплового імпульсу - це найпростіший елемент обладнання для автономного запуску вогнегасного пристрою. При досягненні певної температури гаджет автоматично вмикається і починає гасити пожежу. Використання одного вогнегасника є першочерговою потребою при розробці автономної системи пожежогасіння з транслятором теплових імпульсів. Коли для розрахунків

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потрібно багато пристроїв пожежогасіння, їхні транслятори повинні бути механічно пов'язані між собою.

Автономні системи пожежогасіння (АСПГ) призначені для локалізації та гасіння полум'я на ранніх стадіях без участі людини в закритих або частково закритих приміщеннях за допомогою невеликої кількості вогнегасного розчину. Вони є самодостатніми і не потребують зовнішніх джерел живлення, коли температура досягає 120-170 °С, залежно від типу системи. Температура впливає на активні компоненти відповідного продукту, викликаючи реакцію, яка призводить до вивільнення вогнегасної речовини до повної ліквідації пожежі. Об'єм об'єкта, що захищається, визначає тип продукту, що виробляється автономною системою, який вимірюється в літрах.

Автономні системи пожежогасіння часто використовуються в місцях, де пожежі найбільш схильні до розвитку та поширення. Це, зокрема, такі об'єкти, як: розподільні коробки, електричні щити, сервери, шафи управління, комутаційні блоки, електроприлади, пункти управління та інше внутрішньокорпусне обладнання.

Переваги незалежної локальної системи пожежогасіння полягають у наступному:

1. Можливість встановлення у важкодоступних місцях і під різними кутами.
2. Міцність конструкції, що дозволяє використовувати виріб у широкому діапазоні температур.

4.2. Розробка заходів щодо забезпечення безпечних і комфортних умов праці

Щоб врятувати життя та обладнання, життєво важливо забезпечити безпеку обладнання та процедур у разі пожежі. Нижче наведені деякі запобіжні заходи, яких можна вжити, щоб гарантувати безпеку в таких ситуаціях:

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Детектори диму та пожежні датчики можуть бути дуже корисними для раннього виявлення пожежі. Вони повинні бути встановлені в кожній кімнаті, де є потенційно легкозаймисте обладнання або процедури. Також дуже важливо регулярно перевіряти та замінювати батарейки в димових та пожежних сигналізаторах.
2. Встановлення автоматичної пожежної сигналізації: Автоматична пожежна сигналізація повинна допомагати у виявленні пожежі та сповіщенні екстрених служб. Вона повинна бути пов'язана з системою пожежної сигналізації, яка автоматично сповіщає пожежну службу.
3. Встановлення автоматичної системи пожежогасіння: Автоматична система пожежогасіння може бути дуже успішною в боротьбі з пожежею, особливо якщо пожежа починається в обладнанні або технологічних процесах. При виявленні пожежі система повинна бути пов'язана з пожежною сигналізацією і автоматично активуватися.
4. Встановлення системи вентиляції: Система вентиляції допомагає видаляти дим і токсичні речовини з приміщення, забезпечуючи безпеку в разі пожежі. У разі пожежі система вентиляції повинна бути побудована таким чином, щоб забезпечити достатній потік повітря і мати можливість аварійного відключення для запобігання поширенню диму і небезпечних газів.
5. План евакуації: Вкрай важливо мати план евакуації та проінструктувати своїх співробітників про те, що робити у випадку пожежі. План евакуації повинен включати маршрути евакуації, місце збору після евакуації, а також протоколи інформування пожежної охорони та аварійних служб.
6. Регулярні перевірки та технічне обслуговування обладнання: Регулярні перевірки та технічне обслуговування обладнання можуть допомогти виявити та усунути несправності, які можуть призвести до пожежі. Ці

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевірки повинні проводитися відповідно до інструкцій виробника, а також законодавства.

7. **Забезпечте наявність вогнегасників:** Вогнегасники можуть бути необхідними для швидкого гасіння пожежі на ранній стадії. Вони повинні бути легкодоступними та розміщеними в стратегічних місцях, щоб персонал міг швидко відреагувати у разі пожежі.
8. **Системи захисту від перенапруги:** Системи захисту від перенапруги можуть допомогти у запобіганні пожеж, спричинених перенапругою. Ці системи повинні бути встановлені на всьому обладнанні та електричних системах, і вони повинні регулярно перевірятися фахівцями з технічного обслуговування.
9. **Зберігання матеріалів і речовин у відповідних місцях:** Небезпечні матеріали та речовини слід зберігати в місцях, де їх можна контролювати та відокремити від інших предметів. Це може допомогти запобігти пожежам, спричиненим неналежним зберіганням матеріалів і хімікатів.

Ці процедури можуть допомогти забезпечити безпеку обладнання та процесів у разі пожежі, але також дуже важливо навчити працівників правильній поведінці під час пожежі. Для цього необхідно проводити часті тренінги та навчання з пожежної безпеки для працівників. Крім того, важливе значення мають плани на випадок надзвичайних ситуацій, які включають інструкції про те, як діяти у випадку пожежі та інших небезпечних обставин. Ці плани повинні бути підготовлені з урахуванням особливостей обладнання та технічних процесів, що застосовуються на конкретному підприємстві. Дуже важливо підтримувати постійний контроль за дотриманням заходів пожежної безпеки, включаючи перевірку працездатності автоматичної пожежної сигналізації та засобів протипожежного захисту. Це можна зробити за

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою планових перевірок і аудитів, а також систем моніторингу та контролю.

Санітарно-гігієнічні та санітарно-профілактичні процедури є критично важливими компонентами безпеки на робочому місці. Ці заходи повинні забезпечити не лише безпеку персоналу, але й збереження здоров'я, а також підвищення ефективності та продуктивності праці. Забезпечення якості повітря в робочому просторі є однією з найважливіших частин санітарно-гігієнічних процедур. Для цього необхідна адекватна вентиляція, яка забезпечує безперервний приплив свіжого повітря, видаляє забруднене повітря та підтримує відповідну температуру і вологість у приміщенні. Освітлення також є важливою частиною санітарно-гігієнічних практик. Недостатнє освітлення може спричинити погіршення зору, головний біль, втому та зниження продуктивності. Захист від шуму, вібрації та радіації також є важливими аспектами охорони праці. Залежно від вимог конкретного простору і виду діяльності, що відбувається в цьому приміщенні, ви можете використовувати різні типи освітлення і встановлювати ідеальні параметри яскравості і колірної температури. Шум, вібрація та випромінювання можуть призвести до захворювань і зниження продуктивності праці. Працівники повинні бути захищені від шуму, вібрації та радіації за допомогою захисних засобів та спеціального обладнання. Можна використовувати спеціальні засоби захисту, такі як навушники, окуляри, спеціальні костюми та інші заходи. Крім того, для зменшення шуму, вібрації та випромінювання на робочому місці можуть бути створені складне обладнання та технічні системи. Забезпечення належної вентиляції та очищення повітря в приміщенні є також дуже важливим. Встановлення систем кондиціонування, вентиляційних пристроїв та фільтрів для очищення повітря від пилу та інших забруднювачів може допомогти навіть людям з хворобами зв'язаними з диханням.

Метою пожежної безпеки на будь-якому об'єкті є уникнення пожеж на рівні, передбаченому відповідними стандартами, а в разі виникнення пожежі - обмеження її розповсюдження шляхом швидкого виявлення, гасіння пожежі та

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захисту людей і майна. Дуже важливо, щоб персонал дотримувався основних стандартів пожежної безпеки під час виконання своїх обов'язків. Недбале ставлення до таких, здавалося б, незначних предметів, як недопалок або незахищений електрообігрівач, може призвести до пожежі.

Робітники, інженери та техніки проходять навчання та тренування за певними програмами, щоб уникнути пожеж, зупинити їх розповсюдження та боротися з ними. Типи інструктажів з пожежної безпеки включають

1. Вступний.
2. Первинний.
3. Повторний.
4. Позаплановий.

Вступний інструктаж проводять для всіх новоприйнятих працівників. Його проводить спеціальна особа, відповідальна за пожежну безпеку на підприємстві або в організації. Під час інструктажу працівників ознайомлюють з основними вимогами Закону України "Про пожежну безпеку", протипожежним режимом, встановленим на підприємстві, найбільш пожежонебезпечними місцями, де заборонено палити і користуватися відкритим вогнем, практичними діями у разі виникнення пожежі.

Перед початком роботи новоприйнятий працівник проходить первинний протипожежний інструктаж на робочому місці, а також при переведенні з одного цеху в інший, на іншу посаду, спеціалізацію або виробничу діяльність.

Під час первинного інструктажу:

1. Ознайомлюють з пожежною безпекою в цеху, на ділянці, правилами та інструкціями.
2. Показують евакуаційні виходи, пожежну сигналізацію, вогнегасники, засоби пожежогасіння
3. Вивчити практичні дії особи, яку інструктують, у разі виникнення пожежі.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до графіка проведення первинного інструктажу на робочому місці, повторний інструктаж проводиться в цеху двічі на рік у строки, визначені керівником підприємства.

Позапланові протипожежні інструктажі проводяться у разі зміни технологічного процесу, застосування нових пожежонебезпечних хімічних речовин, а також у разі виникнення самозаймання, пожежі або нещасного випадку, пов'язаного з пожежею.

4.3. Розрахунок захисного пристрою, найбільш важливого для забезпечення безпечних і комфортних умов праці

Автономна система пожежогасіння - це система, яка самостійно виявляє пожежу і починає процес гасіння без участі людини. Вона швидко реагує на загрозу пожежі та допомагає запобігти поширенню вогню, забезпечуючи захист будівель чи споруд.

Нижче наведено основні компоненти автономної системи пожежогасіння:

1. Пристрої, які виявляють наявність вогню або диму, відомі як пожежні сповіщувачі. Це можуть бути детектори диму, теплові детектори або їх комбінація. Коли датчики спрацьовують, активується система пожежогасіння.
2. Пожежна сигналізація - це звукові або світлові сигнали, які спрацьовують при підозрі на пожежу. Вони сповіщають людей про небезпеку і спонукають їх до втечі.
3. Автоматичні системи пожежогасіння: обладнання або системи, які гасять пожежу автоматично при спрацьовуванні датчиків. Наприклад, автоматичні системи розпилення вогнегасних речовин, пінні вогнегасники, системи газового пожежогасіння (наприклад, CO₂), системи водяного пожежогасіння (спринклерні системи) тощо.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Центральний пристрій, який здійснює моніторинг і керування роботою автономної системи пожежогасіння, називається панеллю керування. Вона може мати інтерфейс для налаштування параметрів системи, а також для відображення інформації про стан пожежних датчиків та інших компонентів системи.
5. Резервне живлення: Автономна система пожежогасіння може включати в себе резервне джерело живлення, наприклад, акумулятори або генератор, щоб забезпечити незалежність від електромережі і дозволити системі пожежогасіння продовжувати працювати під час відключення електроенергії.
6. Система сигналізації та сповіщення: Ця система передає сигнали від пожежних датчиків та активації пожежної сигналізації на пульт централізованого спостереження або до пожежної частини, щоб можна було швидко та належним чином відреагувати на пожежу.
7. Підтримка та обслуговування: Для забезпечення надійності та ефективності автономна система пожежогасіння потребує регулярного технічного обслуговування, яке включає перевірку датчиків, тестування систем пожежогасіння, заміну батарей, очищення та тестування системи сигналізації та інші технічні процедури.

Автономні системи системи пожежогасіння можна розділити за елементами, які вона використовує для гасіння полум'я, а саме:

1. Водяна система пожежогасіння – назва класу систем, речовиною яких виступає вода(іноді зі спеціальними добавками). Цей вид найбільш поширений по причині безпеки для людини і високій ефективності.
2. Пінна система пожежогасіння – близька система по пристрою до водяних систем. Рекомендована для того, щоб боротись з легкозаймистими і горючими речовинами. Використовуються спеціальні пінні розчини.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Газова система пожежогасіння – зазвичай використовується для захисту об'єктів з цінним майном, наприклад: дата-центри, архіви. При спрацьовуванні пожежної сигналізації, приміщення заповнюється спеціальним газом, який знижує концентрацію кисню до такого рівня, при якому фізичний процес горіння стає неможливим.
4. Аерозольна система пожежогасіння – використовується для захисту електротехнічних приладів, енергетичних об'єктів, господарств з транспортом. Гаситься пожежа за допомогою спеціального аерозоля, суміші газів, що локалізують вогонь.
5. Порошкова система пожежогасіння – працює за принципом подання в приміщення, де пожежа спеціального мілкодисперсного порошкового складу. Подання порошку здійснюється з модулів або через зрошувачі.

На основі цієї інформації можна зробити висновок, що для складу з автоматизованою системою керування конвеєром, де очевидно встановлено багато електронних приладів, найкраще підійде аерозольна система пожежогасіння.

Використання таких вогнегасних речовин має низку переваг перед традиційними методами. Вони відрізняються не тільки за механізмом впливу на осередок пожежі та структурою технічних засобів, але й за суттю розрахункових методик. На сьогодні розроблено чимало підходів до розрахунку аерозольних систем пожежогасіння. Один з них, на основі якого розроблено відповідний ДСТУ, полягає в наступному. Розрахунком визначається необхідна маса аерозолеутворювальної суміші (АУС) в установці, режим подачі аерозолю, кількість і тип засобів протипожежного захисту, створюється схема розміщення цих засобів, обґрунтовується тип системи пожежної сигналізації, приладу керування та з'єднувальних мереж.

При проектуванні, монтажі та експлуатації засобів протипожежного захисту повинні використовуватися пожежні сповіщувачі, прилади управління

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та контролю, пристрої управління та пуску, інші технічні засоби, які мають технічні умови та сертифікат відповідності вимогам нормативних документів.

Маса АУС, необхідна для успішного об'ємного захисту, визначається за формулою:

$$M = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot V \cdot q$$

де V - обсяг що захищається приміщення, m^3 ;

q - концентрація АОС, обумовлена для кожного генератора експериментально, але не менше $50 \text{ г}/m^3$;

K_1 - коефіцієнт запасу, що залежить від обсягу приміщення і потужності ТЗАП:

$K_1=1.1$ при обсязі до $50 m^3$;

$K_1=1.2$ при обсязі від $50 m^3$ до $250 m^3$;

$K_1=1.3$ при обсязі від $5000 m^3$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує клас пожежі і дорівнює:

$K_2=1.1$ для пожежі класу Е;

$K_2=1.3$ для пожежі класу А;

K_3 - коефіцієнт, що враховує не герметичність приміщення і являє собою:

$K_3=1.1$ при негерметичності від 0.1 до 0.2 %;

$K_3=1.3$ при негерметичності від 0.2 до 0.4 %;

$K_3=1.6$ при негерметичності від 0.4 до 0.5 %.

У разі змішаного класу пожежі використовується найвищий коефіцієнт запасу міцності. При розрахунку розрахункового об'єму приміщення кількість обладнання, розміщеного в приміщенні, що захищається, не віднімається від загального об'єму приміщення.

За формулою визначається кількість генераторів вогнегасного аерозолю, необхідних в системі пожежогасіння:

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{M}{m}$$

де N - кількість генераторів;

m - маса одного заряду в одній установці, кг.

Для наглядного прикладу розрахунку можна взяти склад об'ємом 9000 m^3 . Оскільки в нас на складі пожежа, яка спричинена електричним пристроєм, пожежа класу Е. Негерметичність дорівнює 0.5 %, тому:

$$M = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,6 \cdot 9000 \cdot 0,05$$

$$M = 1029,6 \text{ кг}$$

Якщо маса одного заряду в одній установці дорівнює 5 кг, тоді:

$$N = \frac{1029,6}{5}$$

$$N = 205,92$$

Тобто потрібно 206 установок і 1030 кг АУС для успішного пожежогасіння складу об'ємом 9000 m^3 .

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Мета роботи була досягнута. Для цього виконані всі поставлені цілі:

- було розглянуто складові елементи конвеєра;
- зроблений аналіз алгоритмів;
- проаналізоване апаратне забезпечення;
- зроблений аналіз програмного забезпечення;
- розроблений алгоритм системи керування;
- розглянуті передаточні функції для P, Pi, PID регуляторів;
- розроблена модель роботи конвеєрної лінії.

Під час виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто і проаналізовано всі елементи системи керування конвеєрною лінією, також було розроблено модель конвеєрної лінії в Simulink, що дає нам змогу детально розглянути роботу конвеєра для того, щоб її аналізувати і покращувати. У дипломі досліджується система управління конвеєрною сортувальною лінією на складі з метою вивчення її функцій, принципів роботи та впливу на ефективність складської логістики. Результати дослідження вказують на важливість та переваги використання такої системи в сучасних логістичних компаніях. Був розроблений алгоритм конвеєрної лінії. Детально розглянуто апаратну і програмну частини. Також проведена робота з охорони праці, а саме було розроблено і розраховано вагу речовини, яка має гасити пожежу і кількість пристроїв для складу на якому встановлена система керування конвеєрною лінією.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конвеєр — революційний спосіб автоматизації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://viplast.com.ua>
2. Комплекс автоматизованого керування конвеєрами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org>
3. Назаренко В.М. Режимы работы автоматизированных ленточных конвейеров рудоподготовительного производства. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук , Днепропетровск, 1990.
4. Розробка і реалізація ПД-регуляторів в середовищі Matlab [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://matlab.com>
5. Автоматизація виробництва / Програмовані логічні контролери / Контролери для малих систем автоматизації / ПЛК150. Програмований логічний контролер. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://owen.ua>
6. Грідін С. В. Керування блоком ПД регулятор в середовищі CoDeSyS.
7. Комплекс автоматизованого керування конвеєрами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org>
8. В. С. Карпенко, А. М. Якубчук. "Автоматизовані системи управління технологічними процесами". Київ: ВПЦ "Київський університет", 2016.
9. О. О. Піддубний, О. В. Самойленко. "Технічні засоби автоматизації виробництва". Київ: Центр учбової літератури, 2017.
10. Ю. М. Дворецький, О. О. Єфремов, В. Ю. Ковальов та ін. "Автоматизація технологічних процесів". Київ: Видавничий дім "Проспект", 2019.
11. В. І. Шевчук, В. А. Іванченко. "Автоматизація виробничих процесів". Київ: Наукова думка, 2018.

					ДП.АКТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

- 12.О. Є. Бабайцев, В. І. Кочерга, С. О. Шаповал. "Сучасні системи автоматизованого управління технологічними процесами". Київ: Видавництво "Медицина", 2017.
- 13.Державний стандарт України. "Автоматизовані системи керування технологічними процесами". ДСТУ 4153:2003.
- 14.М. І. Біба. "Автоматизація виробництва: навчальний посібник". Київ: Видавничий дім "Просвіта", 2019.
- 15.І. В. Бурлаченко, В. М. Гриньов, О. І. Кудрявцев та ін. "Системи автоматизованого проектування в електроніці та мікропроцесорній техніці". Київ: Видавництво "Київський політехнічний інститут", 2016.
16. Основи пожежної безпеки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sites.google.com/view/mamchur-natalia/%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8/%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8-%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%97-%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B8>
17. PI, PID and PD controllers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Industrial_and_Systems_Engineering/Book%3A_Introduction_to_Control_Systems_\(Iqbal\)/03%3A_Feedback_Control_System_Models/3.3%3A_PI%2C_PD%2C_and_PID_Controllers](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Industrial_and_Systems_Engineering/Book%3A_Introduction_to_Control_Systems_(Iqbal)/03%3A_Feedback_Control_System_Models/3.3%3A_PI%2C_PD%2C_and_PID_Controllers)
- 18.McHenry, M. (2018). The Role of Automation in Supply Chain Management. In S. M. Wagner (Ed.), Supply Chain Management and Logistics: Innovative Strategies and Practical Solutions (pp. 79-97). CRC Press.
- 19.Nof, S. Y. (2009). Handbook of Automation. Springer Science & Business Media.
- 20.Pinedo, M. (2012). Scheduling: theory, algorithms, and systems. Springer Science & Business Media.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

21.Roser, C. (2017). Industry 4.0: The Fourth Industrial Revolution—Guide to
Industrie 4.0. Springer

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22.Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2003). Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies, and case studies. McGraw-Hill Education.

					ДП.АКІТ.8091572.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78