НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ І МЕХАНОТРОНІКИ

«На правах рукопису»
УДК _62_

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри ПГМ
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
“___”_____2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Підвищення продуктивності конвеєрних ліній

Виконала : студентка 2 курсу, групи МА-31мп
(шифр групи)

Пальчак Вікторія-Наталія Сергіївна _____
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник:
доц. каф., к.т.н., доцент, Муращенко А. М. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент(ка) _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри ПГМ
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
«___»_____2023 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студентці

Пальчак Вікторії-Наталії Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації : Підвищення продуктивності конвеєрних ліній
Науковий керівник дисертації: Муращенко Альона Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 07 » листопада 2024 р. № 5000-с

2. Термін подання студентом(кою) дисертації: 6 грудня 2024 року

3. Об'єкт дослідження: процес функціонування конвеєрних ліній з регульованою швидкістю руху стрічки для підвищення продуктивності

4. Вихідні дані: максимальна вага вантажу – 200 кг; ширина стрічки – 800 мм (0,8 м); довжина стрічки – 30 м; швидкість руху – 5 м/хв; коефіцієнт запасу міцності – 1,5; коефіцієнт запасу потужності – 1,2; швидкість обертання приводного валу – 50 об/хв; швидкість обертання двигуна – 1500 об/хв

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: створення математичної моделі стрічкового конвеєра з регульованою швидкістю стрічки для підвищення продуктивності; вибір оптимального обладнання для забезпечення стабільної роботи системи; комплексне дослідження ринку для стартап-проєкту; виконання креслень складальної одиниці черв'ячного редуктора, його деталювання та електрорелейної схеми керування стрічковим конвеєром

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: креслення складальної одинці черв'ячного редуктора, кришки, вал-шестірні, колеса, напівмуфти; електрорелейна схема керування стрічковим конвеєром

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 теза-доповідей на МНТК «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці»

8. Дата видачі завдання: 01 жовтня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Отримання завдання до дипломного проєктування	01.10.2024	Виконано
2.	Розробка проєкту	01.10.2024 – 07.10.2024	Виконано
3.	Робота над проєктом та виконання креслень	08.10.2024 – 25.11.2024	Виконано
4.	Оформлення дипломного проєкту	26.11.2024 – 29.11.2024	Виконано
5.	Доопрацювання проєкту	02.12.2024 – 14.12.2024	Виконано
6.	Захист дипломного проєкту	17.12.2024 – 19.12.24	Виконано

Студентка Вікторія-Наталія ПАЛЬЧАК

Керівник Альона МУРАЩЕНКО

Пояснювальна записка
до магістерської дисертації

на тему: «Підвищення продуктивності конвеєрних ліній»

Київ – 2024 рік

Анотація

Магістерська робота присвячена підвищенню продуктивності стрічкових конвеєрних систем шляхом удосконалення їх конструкції та системи керування. У роботі проведено аналіз сучасних конвеєрних ліній, визначено їхні технічні особливості та обґрунтовано необхідність впровадження гнучких систем керування для адаптації до змінних умов виробництва.

Розроблено математичну модель конвеєра, яка враховує зміну навантаження та дозволяє підтримувати постійну швидкість стрічки. Виконано підбір основних компонентів системи, включаючи двигун постійного струму, черв'ячний редуктор та елементи контролю. Для забезпечення стабільної роботи створено електрорелейну схему керування, яка поєднує функції запуску, зупинки, регулювання швидкості та захисту від аварійних ситуацій.

У роботі також виконано моделювання роботи системи в програмному середовищі MATLAB Simulink, що дозволило визначити оптимальні параметри роботи конвеєра. Представлені креслення основних елементів, зокрема черв'ячного редуктора, а також технологічні рішення для виготовлення його деталей.

Результати дослідження підтверджують ефективність запропонованих рішень для забезпечення безпечної, стабільної та продуктивної роботи конвеєрного обладнання.

Ключові слова: автоматизація, гнучкість, стрічковий конвеєр, редуктор, система керування, продуктивність.

Abstract

This master's thesis is dedicated to enhancing the productivity of belt conveyor systems by improving their design and control systems. The study includes an analysis of modern conveyor lines, identification of their technical features, and substantiation of the need for implementing flexible control systems to adapt to changing production conditions.

A mathematical model of the conveyor has been developed, taking into account load variations and enabling the maintenance of a constant belt speed. The selection of key system components, including a DC motor, a worm gear reducer, and control elements, has been completed. To ensure stable operation, an electromechanical relay control system has been designed, combining the functions of starting, stopping, speed regulation, and protection against emergency situations.

The work also includes the simulation of the system in the MATLAB Simulink environment, which enabled the determination of optimal conveyor operating parameters. Technical drawings of the main components, particularly the worm gear reducer, as well as technological solutions for manufacturing its parts, are presented.

The research results confirm the effectiveness of the proposed solutions in ensuring the safe, stable, and productive operation of conveyor equipment.

Keywords: automation, flexibility, belt conveyor, reducer, control system, productivity.

Зміст

Вступ ... 8

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ, ЇХ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ, ВИДИ, СКЛАД ... 9

1.1. Області застосування конвеєрних ліній. ... 9

1.2. Основні типи і конструкція конвеєрних ліній. ... 15

1.3. Переваги та недоліки. ... 21

Висновок до Розділу 1. ... 23

РОЗДІЛ 2. ПІДБІР І РОЗРАХУНОК СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОРЕЛЕЙНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ... 25

2.1. Розрахунок стрічки. ... 25

2.2. Розрахунок і підбір привідного механізму. ... 28

2.3. Системи контролю стрічкового конвеєра. ... 31

2.4. Узагальнений вибір обладнання. ... 35

2.5. Розробка електрорелейної схеми керування стрічковим конвеєром. ... 37

Висновок до Розділу 2. ... 42

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОНВЕЄРНОЇ СТРІЧКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ПОДУКТИВНОСТІ ... 43

3.1. Розробка схеми моделі автоматизованої системи управління стрічковим транспортером. ... 44

3.2. Аналіз роботи моделі системи керування конвеєром та результати моделювання. ... 50

Висновок до Розділу 3. ... 55

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ ... 58

4.1. Опис стартап проєкту. ... 58

4.2. Технологічний аудит ідеї проєкту. ... 60

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту. ... 61

4.4. Розроблення ринкової стратегії проєкту. ... 69

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту ... 74

Висновок до Розділу 4. ... 76

ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ ... 79

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ... 80

ДОДАТКИ ... 83

Вступ

Ефективність та продуктивність сучасних виробничих процесів значною мірою залежить від рівня автоматизації обладнання, яке використовується для транспортування матеріалів. Конвеєрні лінії є одним із ключових елементів автоматизованих систем, які забезпечують безперервність виробничого процесу, зниження витрат на транспортування та мінімізацію фізичної праці людини.

Однак традиційні конвеєрні системи мають низку обмежень, серед яких нестабільність швидкості стрічки при змінному навантаженні, недостатня гнучкість у налаштуванні під різні типи вантажів та значні енерговитрати. Це вимагає розробки нових підходів до проєктування та керування такими системами, щоб адаптувати їх до змінних умов виробництва.

Метою даної магістерської роботи є підвищення продуктивності конвеєрних ліній шляхом удосконалення їх конструкції та системи керування. Для досягнення поставленої мети виконано аналіз існуючих типів конвеєрів, розроблено математичну модель системи, що враховує зміни навантаження, підібрано оптимальні компоненти приводу та елементи контролю.

У роботі також представлено електрорелейну схему керування, яка забезпечує функції запуску, зупинки, захисту та регулювання швидкості. Особлива увага приділена моделюванню роботи системи у програмному середовищі MATLAB Simulink, що дозволило оцінити ефективність запропонованих рішень.

Запропонована система відповідає вимогам сучасного виробництва, забезпечуючи надійну, безпечну та стабільну роботу конвеєра. Її впровадження дозволяє підвищити продуктивність, зменшити енерговитрати та забезпечити конкурентоспроможність обладнання на ринку.

Цей вступ забезпечує основи для подальшого розкриття технічних та теоретичних аспектів, які досліджуються в роботі.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ, ЇХ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ, ВИДИ, СКЛАД

З метою визначення оптимальних рішень для удосконалення конвеєрних ліній, необхідно провести порівняльний аналіз існуючих типів конвеєрів, які використовуються в гірничій промисловості, на складах та у виробництві.

1.1. Області застосування конвеєрних ліній.

Всім відомо що, конвеєрні лінії є невід'ємною частиною сучасного промислового виробництва та логістичних систем, забезпечуючи ефективне транспортування матеріалів і готової продукції на різних етапах виробничого процесу. Завдяки універсальності та можливості адаптації до різних типів вантажів, конвеєрні системи знайшли застосування в широкому спектрі галузей промисловості. А саме: гірничодобувна промисловість, металургійна промисловість, харчова промисловість, складське господарство та логістика і автомобільна промисловість [1].

1) У гірничодобувній промисловості конвеєрні лінії (рис. 1.1) відіграють ключову роль у транспортуванні великих обсягів сипучих матеріалів, таких як руда, вугілля, граніт, пісок та інші корисні копалини. Стрічкові конвеєри застосовуються для переміщення видобутих матеріалів з кар'єрів до обробних підприємств або транспортних терміналів. Завдяки високій продуктивності та низьким експлуатаційним витратам, конвеєри часто використовуються як альтернатива вантажним автомобілям, особливо на великих відстанях [1].

У таких системах основним приводом є електродвигуни, які забезпечують рух стрічки через привідний механізм, що включає шестерні, вали та ролики. Привід може бути електричним, гідравлічним або пневматичним, залежно від вимог до потужності, тривалості експлуатації та умов навколишнього середовища. Електричні системи найчастіше застосовуються через їхню ефективність та простоту контролю, тоді як гідравлічні системи використовуються в умовах, що вимагають додаткової потужності та витривалості [1].

Рух стрічки забезпечується через серію роликів, що підтримують матеріал та сприяють рівномірному транспортуванню. Для уникнення прослизання і забезпечення стабільного натягу стрічки використовуються натяжні пристрої, що дозволяють системі працювати стабільно навіть у важких умовах гірничих підприємств, де впливають такі фактори, як пил, волога та великі навантаження [1].



Рис. 1.1 - Вид кар’єрної автоматизованої лінії [2]

2) У металургійній галузі конвеєрні системи (рис. 1.2) використовуються для переміщення сировини, напівфабрикатів і готової продукції, таких як металеві заготовки, сталь та алюміній. Спеціалізовані конвеєри з підвищеною термостійкістю здатні працювати в умовах високих температур, що робить їх незамінними на металургійних підприємствах. Також конвеєри сприяють автоматизації процесів сортування та обробки металевих деталей, що підвищує продуктивність праці [3].

В таких лініях елементами виконавчих органів і керування зазвичай є електродвигуни, редуктори, шестерні та роликові механізми. Рух конвеєрної стрічки головним чином приводиться в дію двигуном, який передає потужність

через механізм приводу для переміщення стрічки вздовж рами конвеєрної системи. Механізм приводу часто включає шестерні й ролики, які забезпечують передачу потужності від двигуна до стрічки [3].

В залежності від вимог до потужності та умов експлуатації можуть використовуватися різні типи приводних систем: електричні, гідравлічні або пневматичні, а в деяких випадках — комбіновані. Електродвигуни є найпоширенішим варіантом через їх надійність та точність керування, однак для важких умов або підвищеної потужності можуть застосовуватись гідравлічні та пневматичні системи [3].

Ролики або напрямні забезпечують рівну поверхню для руху стрічки, а натяжні пристрої контролюють оптимальний рівень натягу, що гарантує рівномірний рух стрічки без прослизання, навіть у складних виробничих умовах [3].



Рис. 1.2 - Вид металургійної автоматизованої лінії [4]

3) Конвеєрні лінії широко використовуються у харчовій промисловості (рис. 1.3) для транспортування сировини та готової продукції. Вони забезпечують безперервний рух товарів на різних етапах виробництва – від первинної обробки сировини до пакування. Сучасні конвеєрні лінії з нержавіючої сталі або з

полімерних матеріалів гарантують високу безпеку продуктів харчування. Крім того, автоматизація дозволяє забезпечити точність у дозуванні та сортуванні продуктів, що є ключовим аспектом у виробництві масової продукції [5].

У таких конвеєрних системах рух стрічки або інших транспортувальних елементів здебільшого забезпечується електродвигунами, які через привідні механізми передають потужність для переміщення продукції. Привідні системи зазвичай включають у себе шестерні, вали та ролики, які забезпечують передачу енергії від двигуна до стрічки [5].

Стрічка рухається по роликах або напрямних, що забезпечують плавність транспортування. Для підтримки стабільного натягу стрічки використовуються натяжні пристрої, які забезпечують безперервність процесу та запобігають ковзанню. Завдяки такій конструкції конвеєрні лінії можуть ефективно працювати в умовах безперервного виробництва, навіть за високих вимог до точності [5].



Рис. 1.3 – Приклад автоматизованої лінії в харчовій промисловості [6]

4) В логістичних центрах і на складах (рис. 1.4) конвеєрні системи використовуються для швидкого переміщення товарів між різними зонами

складу або безпосередньо на пакувальні та відвантажувальні лінії. Це особливо важливо для великих розподільчих центрів, де ефективність роботи конвеєрних систем прямо впливає на продуктивність підприємства. Сучасні конвеєри можуть інтегруватися з системами автоматичного сортування і відстеження товарів, що мінімізує ризик помилок і пришвидшує процеси обробки вантажів [7].

У таких системах основними приводними елементами є електродвигуни, які забезпечують рух транспортувальних елементів, таких як стрічка або ролики. Привідний механізм включає шестерні, ремені та вали, що передають потужність від двигуна до робочих елементів конвеєра. Залежно від потреб логістичного процесу, можуть використовуватися електричні або пневматичні приводи [7].

Стрічка або ролики, що підтримують товари, рухаються по напрямних або роликових опорах, що забезпечує плавне транспортування вантажів. Для підтримання оптимального натягу стрічки та запобігання її ковзанню використовуються натяжні пристрої. Завдяки таким рішенням, конвеєрні системи здатні забезпечувати безперервний рух вантажів навіть у високонавантажених логістичних процесах, де важлива висока швидкість і точність переміщення товарів [7].

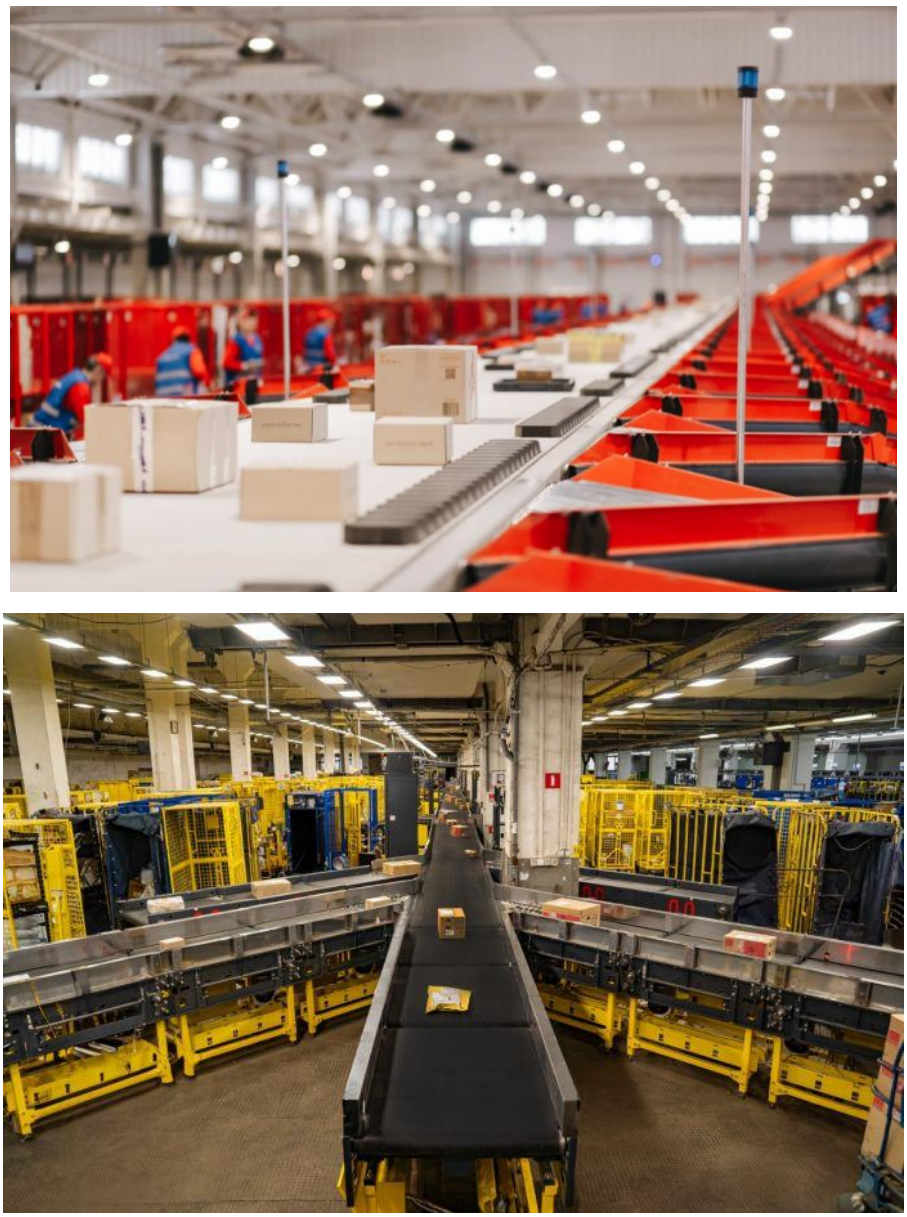


Рис. 1.4 – Приклади автоматизованої лінії в логістичному центрі [8, 9]

5) Автомобільна промисловість є однією з перших галузей, де впровадження конвеєрних систем (рис. 1.5) змінило підхід до виробництва. Починаючи з 1913 року, коли Генрі Форд запровадив першу конвеєрну лінію для виробництва автомобілів, цей метод став основним способом організації масового виробництва. Сьогодні конвеєрні системи використовуються для транспортування деталей і вузлів, а також для збирання автомобілів. Вони дозволяють автоматизувати процеси і значно скоротити час виробництва одного автомобіля [9].

У сучасних конвеєрних лініях автомобільної промисловості рух забезпечують переважно електродвигуни, які через систему шестерень, валів і

роликів передають потужність на транспортувальні елементи, такі як стрічки або ланцюгові механізми. Для різних етапів автомобільного виробництва можуть також, як і в попередньо розглянутих, використовуватися електричні, гідравлічні або комбіновані привідні системи. Електричні приводи найпоширеніші через їхню ефективність і можливість точного контролю, але на окремих ділянках можуть використовуватися гідравлічні системи для роботи з важкими компонентами або під час обробки на високих швидкостях [9].

Стрічка або ланцюг конвеєра рухаються по роликових або напрямних опорах, що забезпечують стабільне транспортування компонентів та автомобілів по лінії. Для забезпечення стабільного натягу стрічки або ланцюга використовуються спеціальні натяжні пристрої, що дозволяють уникнути ковзання і забезпечити безперебійний процес складання на всіх етапах виробництва. Такі системи дозволяють зменшити виробничі витрати, підвищити швидкість виробництва і поліпшити якість продукції [9].



Рис. 1.5 – Приклад конвеєрної лінії в автомобільній промисловості [10]

1.2. Основні типи і конструкція конвеєрних ліній.

Сучасний складський комплекс не обходиться без різноманітних конвеєрних систем. Існує понад 10 типів конвеєрів, кожен з яких має свої особливості та призначення. Наприклад, стрічкові конвеєри ідеально підходять

для транспортування великих об'ємів вантажу, а роликові конвеєри забезпечують гнучку конфігурацію лінії. Далі, в розділі магістерської роботи, розглянемо найбільш поширені рішення для складів, які дозволяють підвищити продуктивність і автоматизувати складські процеси.

1) Шнековий конвеєр.

Шнековий конвеєр (рис. 1.6), також відомий як гвинтовий транспортер, є важливим елементом багатьох промислових процесів, які вимагають транспортування сипучих матеріалів. Його робота базується на обертанні гвинтової поверхні (шнека) всередині циліндричного корпусу, що дозволяє ефективно переміщувати вантаж уздовж осі конвеєра. Цей тип обладнання ідеально підходить для переміщення матеріалів на короткі відстані в умовах обмеженого простору [11].



Рис. 1.6 – Шнековий конвеєр [12]

Конструкція шнекового конвеєра відносно проста. Основним робочим елементом є шнек, який обертається навколо своєї осі всередині закритого або відкритого трубчастого корпусу. Зазвичай, шнек виготовляється зі сталі та має гвинтову форму, яка створює тиск на сипучі матеріали, примушуючи їх переміщуватися вперед. Шнек може бути або безперервним, або мати сегментовану конструкцію залежно від конкретних виробничих потреб [11].

Привід шнекового конвеєра забезпечує обертальний рух, необхідний для транспортування матеріалів. Приводи можуть бути різними за потужністю, залежно від розміру шнека, довжини транспортування та типу матеріалу. Важливим елементом конструкції є підшипникові вузли, які забезпечують підтримку шнека та дозволяють йому обертатися з мінімальним тертям. Підшипники встановлюються на кінцях і можуть бути проміжними для довгих конвеєрів, що дозволяє рівномірно розподілити навантаження та зменшити зношування [11].

Цей тип конвеєра часто використовується для транспортування сипучих матеріалів як горизонтально, так і під кутом, а в окремих випадках – вертикально. Шнекові конвеєри можуть бути стаціонарними або мобільними, що дозволяє адаптувати їх під різні виробничі потреби [11].

2) Стрічковий конвеєр.

Стрічковий конвеєр (рис. 1.7) є одним із найпоширеніших типів транспортерів, що використовуються в різних галузях промисловості для переміщення матеріалів на великі відстані. Його конструкція складається з нескінченної гнучкої стрічки, натягнутої між двома або більше барабанами. Один із барабанів є приводним і забезпечує рух стрічки, яка транспортує матеріал. Конвеєр також має підтримуючі ролики, які допомагають утримувати стрічку на своєму шляху і запобігають її провисанню. Стрічкові конвеєри можуть бути горизонтальними або похилими, а також закритими чи відкритими, що дозволяє їх використовувати для транспортування різних матеріалів у різних умовах [13].



Рис. 1.7 – Стрічковий конвеєр [14]

Особливістю стрічкових конвеєрів є можливість налаштування різних типів стрічок залежно від характеристик матеріалів, що транспортуються. Стрічка може бути виготовлена з різних матеріалів, включаючи гуму, полімери або метал, що дозволяє адаптувати її для транспортування вантажів з різною абразивністю, температурою або вагою. Наприклад, у харчовій промисловості часто використовуються стрічки, які відповідають санітарним нормам та легко очищаються. У гірничодобувній галузі застосовуються стрічки з підвищеною зносостійкістю, щоб витримувати абразивні матеріали та важкі умови роботи [13].

Крім того, для забезпечення надійної роботи конвеєра використовуються системи натягу та автоматизації. Вони дозволяють контролювати рівномірність

руху стрічки та її навантаження, а також забезпечують захист від перевантажень [13].

3) Скребковий конвеєр.

Скребковий конвеєр (рис. 1.8) — це тип механічної системи для транспортування матеріалів, який використовується переважно для переміщення сипучих і дрібних твердих вантажів, таких як вугілля, пісок, зерно або металеві стружки. Основний принцип роботи полягає в переміщенні матеріалу по жорсткій поверхні за допомогою рухомих скребків, прикріплених до ланцюга або троса [15].

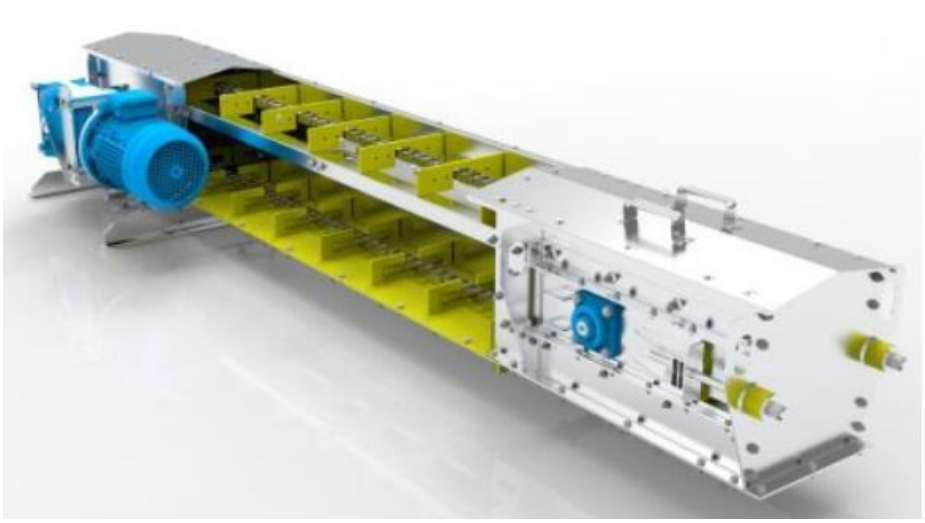


Рис. 1.8 – Скребковий конвеєр [16]

Конструкція скребкового конвеєра включає в себе замкнений жолоб, по якому пересуваються скребки. Скребки прикріплені до нескінченної ланцюгової системи, яка, обертаючись, транспортує матеріал уздовж жолоба. Матеріал завантажується в конвеєр через спеціальний бункер і, рухаючись вздовж жолоба, вивантажується у потрібному місці. Зазвичай конвеєри цього типу виготовляються зі стійких до зносу матеріалів, щоб витримувати абразивні та важкі вантажі [15].

4) Роликовий конвеєр.

Роликовий конвеєр (рис. 1.9) є важливим компонентом у сфері матеріалів і вантажів, що транспортуються в багатьох промислових і комерційних

середовищах. Основна мета цього типу конвеєра — забезпечити ефективне і безперервне переміщення вантажів, зокрема, коробок, контейнерів та інших товарів, між різними стадіями обробки чи транспортування [17].



Рис. 1.9 – Роликовий конвеєр [17]

Конструкція роликового конвеєра складається з кількох ключових елементів. Першим із них є рама, яка забезпечує основу для установки всіх інших компонентів. Рама може бути виготовлена зі сталі, алюмінію або інших матеріалів, що надають необхідну міцність та стійкість. На рамі розміщуються ролики, які можуть бути розташовані у вертикальному або горизонтальному положенні. Кожен ролик зазвичай обертається на підшипниках, що забезпечує легкість руху вантажів по поверхні конвеєра [17].

Ролики можуть мати різні діаметри і ширину, що дозволяє адаптувати конвеєр під специфічні вимоги до перевезення вантажів. Деякі конвеєри оснащуються приводами, які автоматично рухають ролики, тоді як інші можуть функціонувати за рахунок гравітаційного руху вантажів, що спускаються під власною вагою. Це робить роликові конвеєри універсальними і придатними для різних промислових умов [17].

Крім того, роликові конвеєри можуть бути обладнані додатковими елементами, такими як сенсори, що контролюють швидкість і напрямок руху вантажів, а також системами для автоматичного завантаження та вивантаження. У деяких випадках вони можуть включати механізми для кутастого перевантаження, що дозволяє переміщати вантажі в різних напрямках [17].

Завдяки своїй простій конструкції і можливості швидкої адаптації до різних умов експлуатації, роликові конвеєри знаходять застосування в складських приміщеннях, логістичних центрах, на виробничих лініях і в розподільчих центрах, де важливо підтримувати безперервний процес переміщення товарів. Вони є важливим інструментом для забезпечення ефективності та автоматизації процесів у багатьох галузях промисловості [17].

1.3. Переваги та недоліки.

Для оптимізації виробничих процесів важливо визначити, чи відповідають переваги конвеєрних систем конкретним потребам підприємства, а також оцінити можливі ризики, пов'язані з їх використанням.

1) Переваги.

Конвеєрні лінії стали невід'ємною частиною сучасного виробництва завдяки своїм численним перевагам. Вони дозволяють значно підвищити продуктивність, забезпечуючи безперервний рух виробів, а також збільшити точність виконання операцій, зменшуючи кількість браку. Крім того, конвеєри сприяють поліпшенню якості продукції, зменшенню фізичних навантажень на працівників та економії виробничих площ.

Гнучкість конвеєрних ліній дозволяє швидко адаптуватися до змін у виробничих програмах, а автоматизація процесів забезпечує підвищення якості контролю.

Конвеєри створюють більш безпечні та комфортні умови праці для персоналу та сприяють зменшенню витрат на виробництво. Завдяки можливості масштабування, конвеєрні лінії можуть бути адаптовані до потреб будь-якого виробництва.

Конвеєрні лінії стали невід'ємною частиною сучасного виробництва завдяки своїм численним перевагам. Вони дозволяють значно підвищити продуктивність, забезпечуючи безперервний рух виробів, а також збільшити точність виконання операцій, зменшуючи кількість браку. Крім того, конвеєри сприяють поліпшенню якості продукції, зменшенню фізичних навантажень на працівників та економії виробничих площ. Гнучкість конвеєрних ліній дозволяє швидко адаптуватися до змін у виробничих програмах, а автоматизація процесів забезпечує підвищення якості контролю.

Конвеєри створюють більш безпечні та комфортні умови праці для персоналу та сприяють зменшенню витрат на виробництво.

2) Недоліки.

Хоча конвеєрні лінії мають безліч переваг, вони також мають свої недоліки, які необхідно враховувати при їх впровадженні:

- Висока вартість: Впровадження конвеєрної лінії потребує значних інвестицій, особливо для великих виробництв.
- Обмежена гнучкість: Після встановлення конвеєрної лінії зміна її конфігурації може бути складною та дорогою, що обмежує можливість швидкої адаптації до змін у виробничих процесах.
- Можливість простоїв: Збій будь-якого елемента конвеєрної лінії може призвести до зупинки всього виробничого процесу.
- Високі вимоги до обслуговування: Конвеєрні лінії потребують регулярного технічного обслуговування та ремонту.
- Можливі пошкодження продукції: При неправильному налаштуванні конвеєра або при транспортуванні крихких виробів можливі їхні пошкодження.
- Стандартизація процесів: Конвеєрні лінії часто вимагають стандартизації виробничих процесів, що може обмежити можливості для інновацій.

- Залежність від електроенергії: Більшість конвеєрних ліній працюють від електроенергії, що робить їх залежними від безперебійного електропостачання.

Вибір конвеєрної лінії – це завжди компроміс між перевагами та недоліками. Перед прийняттям рішення необхідно ретельно проаналізувати всі фактори, враховуючи специфіку виробництва та бюджетні обмеження.

Висновок до Розділу 1.

Конвеєрні лінії є невід'ємною частиною сучасного виробництва, забезпечуючи ефективну організацію технологічних процесів та підвищення продуктивності підприємств. Їх широке застосування зумовлено універсальністю та можливістю адаптації до різних типів вантажів та умов експлуатації.

Аналіз різних типів конвеєрів, таких як шнекові, стрічкові, скребкові та роликові, дозволяє зробити висновок про їхню різноманітність та спеціалізацію. Кожен тип має свої переваги і недоліки, що обумовлює їх застосування в конкретних галузях промисловості та для вирішення певних завдань.

Переваги конвеєрних ліній полягають у підвищенні продуктивності, якості продукції, зниженні трудових витрат та автоматизації виробничих процесів. Однак, слід враховувати і недоліки, такі як висока вартість впровадження, обмежена гнучкість та залежність від електроенергії.

Таким чином, вибір конвеєрної лінії є індивідуальним рішенням для кожного підприємства і вимагає детального аналізу виробничих процесів, характеристик вантажів та бюджетних обмежень. Оптимальне рішення дозволить не тільки підвищити ефективність виробництва, але й забезпечить довготривалу і надійну роботу обладнання.

Отже, метою даної роботи є підвищення продуктивності стрічкових конвеєрів.

Для досягнення поставленої мети потрібно визначити такі завдання, які необхідно вирішити під час виконання роботи: розробити математичну модель стрічкового конвеєра, враховуючи регулювання швидкості і гнучкості стрічки

для підвищення продуктивності; підібрати оптимальні компоненти, такі як двигун постійного струму, черв'ячний редуктор та елементи керування; створити креслення для виробництва черв'ячного редуктора, його деталювання; розробити електрорелейну схему керування стрічковим конвеєром; виконати комплексний аналіз ринку для провадження стартап-проєкту.

РОЗДІЛ 2. ПІДБІР І РОЗРАХУНОК СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОРЕЛЕЙНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ

Наступний розділ присвячено підбору та розрахунку складових елементів до конвеєрної лінії і розробці електрорелейної схеми керування для неї. Тому, було взято за основні параметри вихідні дані стрічкових конвеєрних ліній, які використовуються у логістичній лінії збірки автомобілебудування.

Для виконання задаємось вихідними даними для розрахунків:

Максимальна вага вантажу – 200 кг (який може пересуватися на лінії);

Ширина стрічки – 800 мм (0,8 м);

Довжина стрічки – 30 м;

Швидкість руху – 5 м/хв;

Коефіцієнт запасу міцності – 1,5;

Коефіцієнт запасу потужності – 1,2;

Швидкість обертання приводного валу – 50 об/хв;

Швидкість обертання двигуна – 1500 об/хв.

2.1. Розрахунок стрічки.

Стрічка є одним з ключових елементів конвеєрних систем, які транспортують матеріали та вироби між різними етапами виробничого процесу. Основне призначення стрічок – безперервне переміщення вантажів по фіксованій траєкторії, завдяки чому підвищується ефективність виробництва і знижуються витрати ручної праці.

Залежно від умов експлуатації та характеристик вантажу, стрічки можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як гума, полімер, які дозволяють конвеєрним системам адаптуватися до високих температур, хімічної активності або абразивних впливів. Наприклад, стрічки з підвищеною стійкістю до стирання і довговічністю використовуються в гірничодобувній промисловості, а стрічки зі спеціальними антибактеріальними властивостями застосовуються в харчовій промисловості для дотримання гігієнічних стандартів.

Таким чином, стрічки відіграють важливу роль у забезпеченні безперебійної, економічної та надійної роботи конвеєрів. Такі технічні характеристики, як зносостійкість, гнучкість і хімічна стійкість, мають значний вплив на продуктивність виробничої лінії і скорочення часу простою, тому вибір і обслуговування стрічки є ключовими факторами ефективної роботи конвеєрних систем.

а) Розрахунок сили натягу.

Міцність конвеєрної стрічки повинна витримувати силу натягу, створену вагою вантажу і зовнішніми силами [19]. Розрахуємо силу натягу стрічки T за формулою (1):

$$T = F_t + F_n + F_v, \quad (1)$$

де:

F_t – сила, необхідна для транспортування вантажу, F_n – сила натягу для подолання внутрішнього тертя в підшипниках і валиках, F_v - сила натягу для подолання сили ваги стрічки.

Розрахунок сили для транспортування вантажу F_t (2):

$$F_t = W \cdot g \cdot \mu, \quad (2)$$

де:

W – вага вантажу (200 кг), g – прискорення вільного падіння (9,81 м/с^2), μ – коефіцієнт тертя між стрічкою і поверхнею (звичайно 0,15−0,25; візьмемо 0,2 для гуми).

Підставляємо значення:

$$F_t = 200 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}2 = 392{,}4\ H.$$

Розрахунок сили натягу для подолання тертя в підшипниках (F_n). Сила натягу через тертя в підшипниках зазвичай становить 2–5% від сили натягу для транспортування вантажу [19]. Візьмемо середнє значення – 3%:

$$F_n = F_t \cdot 0{,}03 = 392{,}4 \cdot 0{,}03 = 11{,}77\ H.$$

Розрахунок сили натягу для подолання сили ваги стрічки F_v.

Визначимо масу стрічки, виходячи з товщини та матеріалу. Якщо стрічка має товщину 10 мм і виготовлена з гуми (щільність гуми близько 1200 кг/м³):

$$m_s = b \cdot d \cdot L \cdot \rho,$$

де:

b=0,8 м – ширина стрічки, d=0,01 м – товщина стрічки, L=30 м – довжина конвеєра, ρ=1200 кг/м^3 — щільність гуми.

Отже:

$$m_s = 0{,}8 \cdot 0{,}01 \cdot 30 \cdot 1200 = 288 \text{ кг}.$$

Тоді сила натягу для подолання сили ваги стрічки:

$$F_v = m_s \cdot g = 288 \cdot 9{,}81 = 2825{,}28\ H,$$

Загальна сила натягу стрічки (T):

$$T = F_t + F_n + F_v = 392{,}4 + 11{,}77 + 2825{,}28 = 3229{,}45\ H.$$

б) Розрахунок міцності стрічки.

Розрахуємо мінімальну міцність стрічки на одиницю ширини (S) з урахуванням коефіцієнта запасу міцності (3):

$$S = \frac{T}{b \cdot n}, \quad (3)$$

де: b=800 мм; n=1,5.

Підставимо значення:

$$S = \frac{3229{,}45}{800 \cdot 1{,}5} = 2{,}69 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}.$$

в) Вибір товщини та типу матеріалу стрічки:

Оскільки мінімальна міцність стрічки на одиницю ширини становить 2.69 Н/мм, рекомендується використовувати гумову або поліуретанову стрічку з армуванням, яка здатна витримувати такі навантаження. Стрічка товщиною 10 мм із 2-3 шарами армування забезпечить достатню міцність і довговічність.



Рис. 2.1 – Конвеєрна стрічка [21]

Підсумок вибору стрічки (рис 2.1):

Ширина стрічки: 800 мм.

Товщина стрічки: 10 мм.

Тип матеріалу: армована гума або поліуретан.

Мінімальна міцність стрічки: 2,69 Н/мм.

Кількість шарів армування: 2-3 шари (з поліестеру або нейлону).

Ці розрахунки дають змогу якісно підібрати стрічку, що відповідає технічним вимогам конвеєра для транспортування деталей вагою до 200 кг.

2.2. Розрахунок і підбір привідного механізму.

Приводний механізм є основним елементом конвеєрної системи, відповідальним за забезпечення руху стрічки або інших транспортувальних компонентів уздовж конвеєра. Його основна функція полягає у передачі механічної енергії від джерела приводу — електродвигуна, гідравлічного або пневматичного приводу — до робочих елементів системи, забезпечуючи безперервний рух матеріалів на різних етапах виробництва або обробки [19].

Приводний механізм також оснащений системами регулювання та контролю, що дозволяють точно керувати швидкістю і напрямком руху конвеєра.

Це забезпечує високу точність у виробничих процесах, таких як сортування, пакування або дозування продуктів. Крім того, на багатьох підприємствах впроваджуються інтелектуальні системи моніторингу та діагностики приводу, що дозволяють своєчасно виявляти зношування чи несправності елементів механізму, мінімізуючи простої та знижуючи експлуатаційні витрати [19].

а) Розрахунок сили тяги.

Розрахуємо силу тяги F_t, яка необхідна для переміщення вантажу на конвеєрі. Сила тяги (4) залежить від ваги вантажу і коефіцієнта тертя між стрічкою і опорною поверхнею [20].

$$F_t = W \cdot g \cdot \mu, \tag{4}$$

де:

W=200 кг – вага вантажу, g=9.81 м/с^2 – прискорення вільного падіння, μ=0.2 – коефіцієнт тертя для гумової стрічки.

Отже:

$$F_t = 200 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}2 = 392{,}4 \text{ Н}$$

б) Розрахунок потужності приводу.

Потужність приводу залежить від сили тяги та швидкості конвеєра [20]. Формула для розрахунку потужності P (5):

$$P = \frac{F_t \cdot v}{1000}, \tag{5}$$

де:

F_t=392.4 Н – сила тяги,

v=5/60≈0.0833 м/с — швидкість руху стрічки (переведена з м/хв у м/с).

Отже:

$$P = \frac{392{,}4 \cdot 0{,}0833}{1000} = 0{,}0327 \text{ кВт.}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу потужності 1.2, скоригована потужність приводу буде:

$$P_{\text{запас}} = 0{,}0327 * 1{,}2 \approx 0{,}0392 \text{ кВт } \approx 0{,}04 \text{ кВт.}$$

в) Вибір типу приводу.

Відповідно до отриманої потужності, для конвеєра можна обрати такі варіанти приводу:

Асинхронний електродвигун потужністю 0.04 кВт — для легких навантажень.

Редукторний мотор для зменшення швидкості обертання і збільшення крутного моменту.

г) Розрахунок крутного моменту.

Крутний момент на приводному валу конвеєра розраховується за формулою:

$$M = \frac{P_{\text{запас}} \cdot 9550}{n},$$

де:

$P_{запас}$=0.04 кВт — потужність приводу з запасом, n — швидкість обертання приводного валу (в об/хв).

Отже:

$$M = \frac{0{,}04 \cdot 9550}{50} = 7{,}64 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

г) Підбір редуктора.

Редуктор (рис. 2.2) підбирається за передавальним відношенням і, яке знижує швидкість обертання валу до потрібної [20]. Передавальне відношення визначається як (6):

$$i = \frac{n_{\text{двигуна}}}{n_{\text{виходу}}}, \quad (6)$$

де:

$n_{двигуна}$ — швидкість обертання двигуна , $n_{виходу}$= 50 об/хв.

Отже:

$$i = \frac{1500}{50} = 30,$$

Отже, потрібен редуктор з передавальним відношенням 30:1.



Рис. 2.2 – Черв’ячний редуктор [21]

2.3. Системи контролю стрічкового конвеєра.

Система контролю є важливим компонентом конвеєрної системи, що забезпечує її ефективну, безпечну та стабільну роботу. Основна функція системи контролю полягає в управлінні і моніторингу всіх робочих процесів конвеєра, включаючи швидкість, напрямок руху, рівень натягу стрічки, а також виявлення й усунення можливих несправностей. За допомогою автоматизованого контролю забезпечується безперервний процес транспортування, що є критичним для підприємств із високою продуктивністю [22].

Система контролю зазвичай складається з датчиків, контролерів, інтерфейсів користувача та систем діагностики. Датчики здійснюють безперервний збір даних про ключові параметри роботи конвеєра, такі як навантаження, температура, швидкість руху стрічки та рівень зношення компонентів. Отримані дані передаються на контролери, які приймають відповідні рішення для корекції параметрів, що дозволяє уникати збоїв і підвищує надійність конвеєрної системи. Наприклад, при виявленні перевантаження система може автоматично знизити швидкість конвеєра або зупинити його для запобігання пошкодженням [22].

а) Підбір датчиків для системи контролю.

- Датчики швидкості: для моніторингу швидкості стрічки використовуються енкодери [22]. Вони зчитують швидкість руху і передають сигнал на контролер, який регулює швидкість двигуна.

Тип енкодера: оптичний або магнітний.

Роздільна здатність: min 1000 імпульсів на оберт.

Інтерфейс підключення: RS485 або аналоговий вихід 4-20 мА.



Рис. 2.3 – Оптичний енкодер [23]

- Датчики натягу стрічки: використовуються тензометричні датчики (рис. 2.4), які монтуються на вали привідного механізму. Ці датчики вимірюють натяг стрічки і передають сигнал у систему контролю.

Тип датчика: тензометричний.

Максимальне навантаження: відповідно до максимальної сили натягу, розрахованої для стрічки (понад 3229.45 Н).

Точність: висока (до 0.1% від максимального значення).



Рис. 2.4 – Тензометричний датчик [24]

- Датчики виявлення вантажу: Для виявлення наявності вантажу на стрічці можуть використовуватися оптичні (рис. 2.5) або індуктивні датчики в залежності від матеріалу вантажу.

Тип датчика: інфрачервоний або ультразвуковий.

Діапазон дії: відповідно до ширини стрічки (понад 0.8 м).

Розташування: на початку і кінці конвеєра для виявлення надходження та виходу вантажу.



Рис. 2.5 – Оптичний датчик [25]

- Датчики аварійного захисту: встановлюються кінцеві вимикачі та аварійні кнопки (рис. 2.6) зупинки по всій довжині конвеєра. Вони дозволяють оперативно зупинити конвеєр у разі виявлення будь-яких збоїв або аварійної ситуації.

Тип датчика: механічний або ємнісний.

Розташування: кожні 5-10 м уздовж конвеєра.

Вимоги: легкий доступ для обслуговування.



Рис. 2.6 – Аварійна кнопка [26]

б) Вибір контролера.

Контролер — це основний елемент системи управління, який приймає дані від датчиків і забезпечує їхню обробку. Для цього вибирається програмований логічний контролер (PLC), який забезпечить надійну роботу всієї системи [27].

Тип контролера: PLC середнього рівня з можливістю підключення до HMI-панелі для візуалізації.

Інтерфейси зв’язку: RS485, Modbus, Ethernet.

Кількість входів/виходів: мінімум 16 дискретних і 8 аналогових входів для підключення датчиків.

Пам'ять і процесор: достатня для обробки даних і збереження програм управління.

Відповідний контролер (рис. 2.7): Siemens S7-1200, Mitsubishi FX5U або Allen-Bradley MicroLogix 1400.



Рис. 2.7 – Контролер [28]

в) Вибір приводу з частотним перетворювачем.

Частотний перетворювач є важливим компонентом конвеєрної системи, що дозволяє точно регулювати швидкість і крутний момент електродвигуна, відповідального за рух конвеєрної стрічки. Його головна функція полягає в зміні частоти живлення електродвигуна, що забезпечує плавне керування швидкістю та оптимізує роботу конвеєра відповідно до виробничих потреб. Це дозволяє

адаптувати конвеєрну систему для роботи з різними типами вантажів та регулювати швидкість їх транспортування, знижуючи енергоспоживання і знос обладнання [29].

Частотні перетворювачі особливо корисні для виробництв з високими вимогами до гнучкості та точності роботи конвеєрної системи. Наприклад, у складальних цехах вони дозволяють поступово змінювати швидкість руху стрічки, що підвищує точність і контроль за процесом. Частотний перетворювач також забезпечує плавний запуск і зупинку двигуна, що мінімізує ударні навантаження на механічні компоненти конвеєра та зменшує ризик збоїв і пошкоджень [29].

Отже, для даного стрічкового конвеєра потрібно такий тип приводу: асинхронний електродвигун, з потужністю - 0.05 кВт .

Частотний перетворювач: діапазон частоти: 0-60 Гц, можливість реверсування, інтерфейси зв’язку: Modbus, RS485 для інтеграції з контролером.



Рис. 2.8 – Асинхронний електродвигун [31]

2.4. Узагальнений вибір обладнання.

Отже, здійснивши підбір та розрахунок обладнання складових елементів до конвеєрної лінії, сформована узагальнена таблиця, яка наведена нижче (таб.2.1).

Таблиця 2.1. Вибране обладнання для стрічкового конвеєру

Категорія	***Обраний елемент***	***Характеристики***

Стрічка	Гумова або поліуретанова стрічка з армуванням	Ширина: 800 мм; Товщина: 10 мм; Міцність: ≥2,69 Н/мм; Кількість шарів: 2-3 шари (поліестер або нейлон).
Привідний механізм	Асинхронний електродвигун	Потужність: 0,05 кВт; Частотний перетворювач: 0-60 Гц; Передавальне відношення редуктора: 30:1.
Редуктор	Черв'ячний редуктор	Передавальне відношення: 30:1.
Система контролю	Програмований логічний контролер (PLC)	Тип: Siemens S7-1200 або аналогічний; Інтерфейси: RS485, Modbus, Ethernet; Мінімум 16 дискретних входів/виходів.
Датчики	Енкодер (швидкість), тензометричний (натяг), оптичний або ультразвуковий (вантаж)	Роздільна здатність енкодера: ≥1000 імпульсів/оберт; Тензометричний датчик: точність 0,1%; Оптичний: >0,8 м.
Аварійний захист	Аварійні кнопки та кінцеві вимикачі	Аварійні кнопки та кінцеві вимикачі

2.5. Розробка електрорелейної схеми керування стрічковим конвеєром.

Електричні схеми відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного та безпечного керування стрічковими конвеєрами, які є невід'ємною частиною автоматизованих виробничих процесів. Саме електричні схеми дозволяють автоматизувати запуск, зупинку, регулювання швидкості стрічки та захист від аварійних ситуацій, що сприяє підвищенню продуктивності обладнання та зменшенню ризиків його пошкодження [31].

Релейно-контактне управління, яке реалізовано в схемі (рис. 2.9), вирізнятися простотою, надійністю та доступністю. Такий підхід буде забезпечувати мінімальні витрати на обслуговування, зручність експлуатації та можливість швидкої адаптації до вимог конкретного виробничого процесу. Використання реле і контакторів дозволяє реалізувати функції дистанційного керування та інтеграцію різних захисних елементів у єдину систему [31].

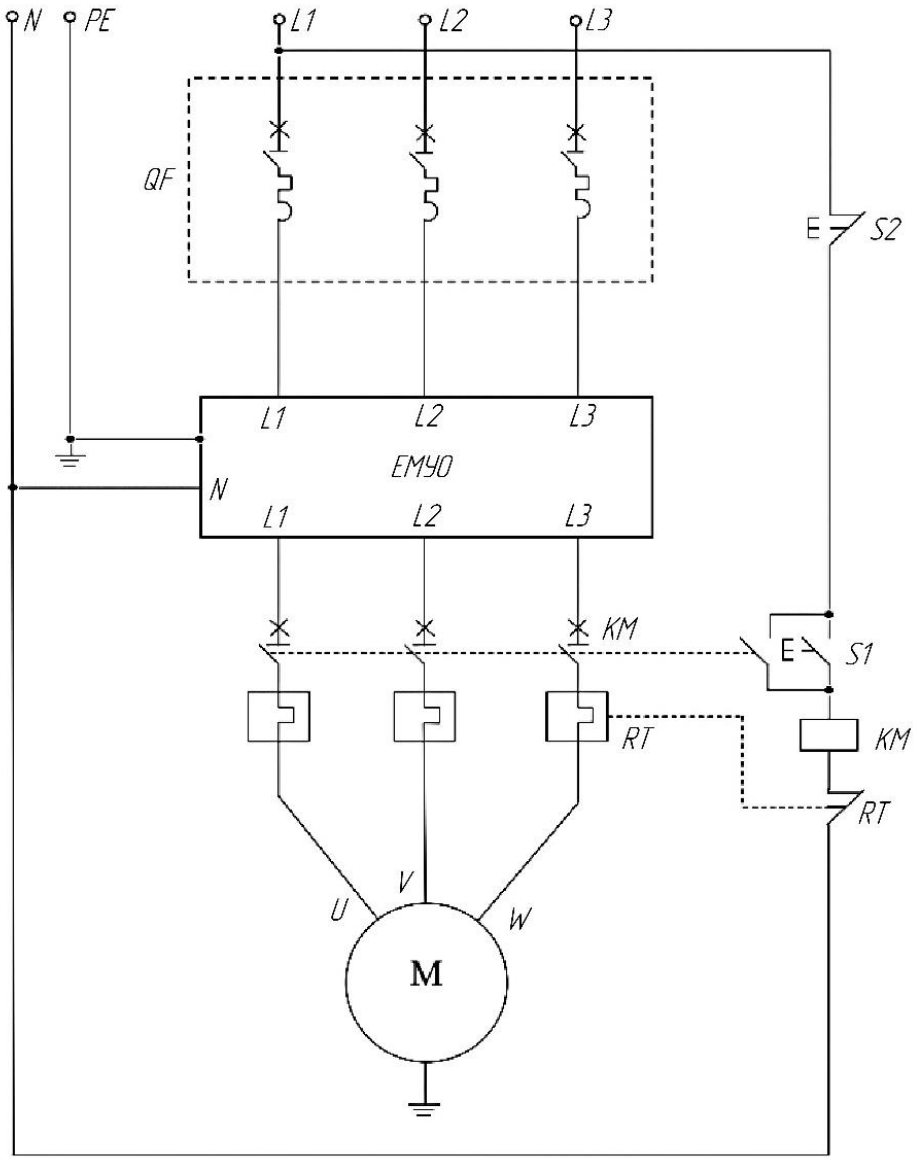


Рис. 2.9 – Електрорелейна схема керування стрічковим конвеєром

Розроблена схема виконує основні завдання, необхідні для ефективної роботи конвеєра. Вона забезпечує запуск двигуна шляхом активації відповідних контактів за допомогою кнопки "Пуск" (S1) і його зупинку через кнопку "Стоп" (S2) або спрацювання захисних пристроїв. Захист від перевантажень реалізується через теплове реле (RT), яке автоматично вимикає двигун у разі виникнення небезпечних умов експлуатації. Додатково, використання електронного модуля управління (ЕМУО) дозволяє регулювати швидкість стрічки, забезпечуючи її адаптацію до змін у завантаженні або виробничих умовах.

Таким чином, електрична схема забезпечує надійну та безпечну роботу конвеєра, поєднуючи простоту конструкції з ефективністю функціонування, що робить її оптимальним рішенням для застосування у промисловості.

1) Загальний опис схеми.

Електрорелейна схема керування стрічковим конвеєром забезпечує ефективне та безпечне функціонування всієї системи шляхом координації роботи електричних компонентів. До основних елементів схеми належать автоматичний вимикач (QF), контактори (KM), теплове реле (RT), кнопки управління (S1 і S2), асинхронний двигун (M) та електронний модуль управління (ЕМУО). Кожен із цих компонентів виконує важливу функцію у забезпеченні безперебійної роботи обладнання.

Автоматичний вимикач (QF) є початковим елементом схеми, призначеним для захисту системи від коротких замикань і надмірних струмів. Він контролює подачу трифазного живлення на інші компоненти та забезпечує безпечний запуск конвеєра.

Контактори (KM) виконують функцію комутаційних пристроїв, які відповідають за подачу або відключення живлення двигуна залежно від команд керування. Вони працюють разом із кнопками управління, такими як кнопка "Пуск" (S1) і кнопка "Стоп" (S2). Кнопка S1 ініціює замикання контактів контактора, подаючи живлення на двигун, тоді як S2 розмикає коло, зупиняючи його роботу.

Теплове реле (RT) інтегроване в систему для захисту двигуна від перевантаження. У разі надмірного нагріву або збільшення струму вище допустимого рівня, реле розриває коло, зупиняючи двигун і запобігаючи його пошкодженню.

Асинхронний двигун (M) є виконавчим елементом схеми, який приводить у рух стрічку конвеєра. Живлення на двигун подається через контактори KM, а регулювання швидкості його роботи забезпечується електронним модулем управління (ЕМУО).

Електронний модуль управління (ЕМУО) дозволяє змінювати частоту та амплітуду напруги, що подається на двигун. Це забезпечує гнучке регулювання швидкості руху стрічки конвеєра залежно від навантаження або умов роботи, підвищуючи продуктивність і адаптивність системи.

2) Принцип роботи схеми**.**

Схема починає роботу після активації автоматичного вимикача QF, який подає живлення на контактори та інші елементи системи. При натисканні кнопки "Пуск" (S1) замикається коло контактора KM, який подає живлення на двигун. Завдяки цьому двигун починає обертатися, приводячи в рух стрічку конвеєра.

Захист від перевантаження забезпечується тепловим реле RT, яке контролює струм у ланцюзі двигуна. У разі перевищення допустимих параметрів струму RT автоматично розриває ланцюг, відключаючи двигун і запобігаючи його пошкодженню.

Зупинка двигуна здійснюється натисканням кнопки "Стоп" (S2), яка розриває ланцюг управління контактором KM, припиняючи подачу живлення на двигун.

Регулювання швидкості руху стрічки виконується модулем ЕМУО, який змінює параметри напруги, що подається на двигун. Це дозволяє адаптувати роботу конвеєра до змін у завантаженні або інших виробничих вимогах, забезпечуючи оптимальну продуктивність і зменшуючи енерговитрати.

3) Гнучкість і автоматизація.

Електронний модуль управління (ЕМУО) є ключовим елементом, який забезпечує автоматизацію та адаптивність роботи конвеєра. Завдяки можливості змінювати параметри напруги та частоти, що подаються на двигун, ЕМУО дозволяє: регулювати швидкість стрічки залежно від завантаження. Наприклад, при низькому завантаженні швидкість може бути зменшена для економії енергії, а при високому — збільшена для підвищення продуктивності; реалізувати плавний запуск двигуна, що знижує механічне навантаження на компоненти системи; змінювати параметри роботи у режимі реального часу відповідно до сигналів від датчиків або інших елементів автоматизації.

Також, важливо, що схема забезпечує безпеку шляхом інтеграції теплового реле (RT), яке миттєво реагує на перевищення допустимого рівня струму, а також автоматичного вимикача (QF), що запобігає коротким замиканням. У разі аварійної ситуації живлення розривається, що виключає можливість пошкодження двигуна або інших компонентів.

4) Переваги використання розробленою схемою.

Дана електрорелейна схема керування стрічковим конвеєром має низку важливих переваг, які роблять її ефективним вибором для автоматизації промислових процесів. Основною перевагою є простота реалізації**.** Завдяки використанню стандартних елементів, таких як автоматичні вимикачі, контактори та теплові реле, дана схема легко впроваджується у виробництво та не потребує складного програмування чи дорогого обладнання.

Другою значущою перевагою є надійність релейно-контактного управління. Таке рішення відзначається довговічністю компонентів, стійкістю до перевантажень та стабільною роботою навіть за несприятливих умов, наприклад, при коливаннях напруги чи високих температурах. Це забезпечує безперебійне функціонування конвеєра.

Важливою функціональною перевагою є можливість плавного регулювання швидкості стрічки за допомогою електронного модуля управління (ЕМУО). Це дозволяє адаптувати роботу конвеєра до змін у виробничому процесі, наприклад, до різного рівня завантаження, що сприяє підвищенню продуктивності та енергоефективності.

Крім того, схема забезпечує захист від аварійних ситуацій, зокрема від короткого замикання та перевантажень. Завдяки автоматичному вимикачу (QF) та тепловому реле (RT), система швидко реагує на небезпеку, зупиняючи двигун і запобігаючи виходу обладнання з ладу. Це мінімізує ризики та витрати на ремонт.

Таким чином, електрорелейна схема поєднує простоту, надійність, гнучкість у регулюванні та високий рівень безпеки, що робить її ефективним рішенням для конвеєрних систем.

Висновок до Розділу 2.

Отже, у даному розділі здійснено комплексний підбір та розрахунок елементів системи контролю для конвеєра, що використовується в автомобільній промисловості. Визначено основні вимоги до системи, серед яких контроль швидкості та натягу стрічки, виявлення вантажу на стрічці, а також захист від аварійних ситуацій. Для забезпечення заданих функцій було обрано такі ключові компоненти: програмований логічний контролер (PLC) для управління системою, частотний перетворювач для плавного регулювання швидкості приводу, датчики швидкості, натягу та виявлення вантажу.

Запропонована система контролю забезпечує безпечну і стабільну роботу конвеєра, знижує ризик перевантажень та збоїв, а також підвищує ефективність виробничих процесів завдяки можливості точного регулювання швидкості та оперативної зупинки в разі виникнення критичних ситуацій. Таким чином, розроблена система відповідає вимогам сучасних виробничих процесів і дозволяє оптимізувати роботу конвеєрного обладнання в умовах автомобільного виробництва.

На додаток до цього, електрорелейна схема керування, що розглянута у роботі, сприяє підвищенню надійності функціонування конвеєра. Її ключові елементи, такі як автоматичний вимикач (QF), контактори (KM), теплове реле (RT) та електронний модуль управління (ЕМУО), забезпечують стабільну роботу системи та її захист від перевантажень, коротких замикань і аварійних ситуацій. Використання релейно-контактного управління дозволяє легко інтегрувати систему у виробничі процеси, підтримуючи високу ефективність і безпеку.

Таким чином, представлена система керування і контролю, поєднуючи сучасні технології з традиційними підходами, повністю відповідає завданням оптимізації роботи конвеєрного обладнання, забезпечуючи гнучкість, надійність та безпеку експлуатації в умовах автомобільної промисловості.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОНВЕЄРНОЇ СТРІЧКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ПОДУКТИВНОСТІ

Головна мета, яка буде розглядатися в даному розділі це забезпечити стабільну та продуктивну роботу конвеєра, навіть за умов змінних зовнішніх впливів, таких як навантаження, що може змінюватися під час транспортування матеріалів. Для цього нам необхідно сформулювати основні вимоги до системи, які враховують як технічні характеристики приводу, так і умови експлуатації конвеєра.

Тому, однією з ключових вимог є збереження сталої швидкості транспортування, яка визначається потребами виробничого процесу. Швидкість конвеєра має залишатися стабільною незалежно від змін навантаження, таких як збільшення маси вантажу, нерівномірне розподілення матеріалів або вплив зовнішніх сил, наприклад тертя чи опору. Адже, це критично важливо для підтримання ритмічності виробничих операцій, уникнення простоїв або перевантаження наступних етапів лінії. Нестабільна швидкість може спричинити певний збій в роботі, накопичення матеріалів або їх пошкодження.

Отже, щоб гарантувати стабільну швидкість, система повинна бути оснащена адаптивним механізмом управління, який дозволяє адаптувати потужність приводу залежно від поточного навантаження. Потужність двигуна має автоматично збільшуватися або зменшуватися відповідно до потреб для компенсації змін у динаміці системи. Це забезпечить постійну швидкість роботи без втрат енергії та зайвих перевантажень двигуна.

Тому, наступним важливим аспектом є визначення параметрів дослідження, які дозволять оцінити ефективність роботи системи. Сюди входить визначення діапазону зміни навантаження — від мінімального до максимального рівня, що може виникати під час експлуатації. Наприклад, це може бути зміна маси вантажу від кількох кілограмів до десятків чи сотень кілограмів, залежно від типу конвеєра. Також необхідно врахувати зміну характеру навантаження: воно може бути плавним або різким, рівномірним або нерівномірним.

Таким чином, постановка задачі охоплює формулювання основних технічних вимог до конвеєрної системи, включаючи стабільність швидкості, адаптацію потужності та діапазон дослідження. Це створює основу для проєктування, моделювання та подальшої оптимізації системи управління конвеєром.

3.1. Розробка схеми моделі автоматизованої системи управління стрічковим транспортером.

Отже, розробка схеми для регулювання потужності конвеєрної системи— це один із ключових етапів дослідження. Тому зараз ми детально розглянемо вибір основних компонентів системи, процес створення схеми в середовищі Simulink, а також налаштування параметрів моделі для симуляції.

Отже, для створення системи регулювання швидкості конвеєра використовуються наступні основні компоненти:

- Джерело бажаної швидкості

Використовується блок Constant (рис. 3.1) (з бібліотеки Sources), який задає постійне значення бажаної швидкості конвеєра. Значення встановлюємо 1 м/с (рис. 3.2). Цей блок визначає еталонну швидкість, до якої система буде прагнути.

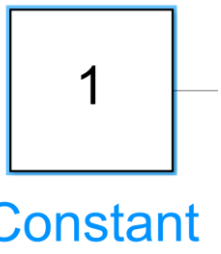


Рис. 3.1 – Блок Constant в середовищі Simulink

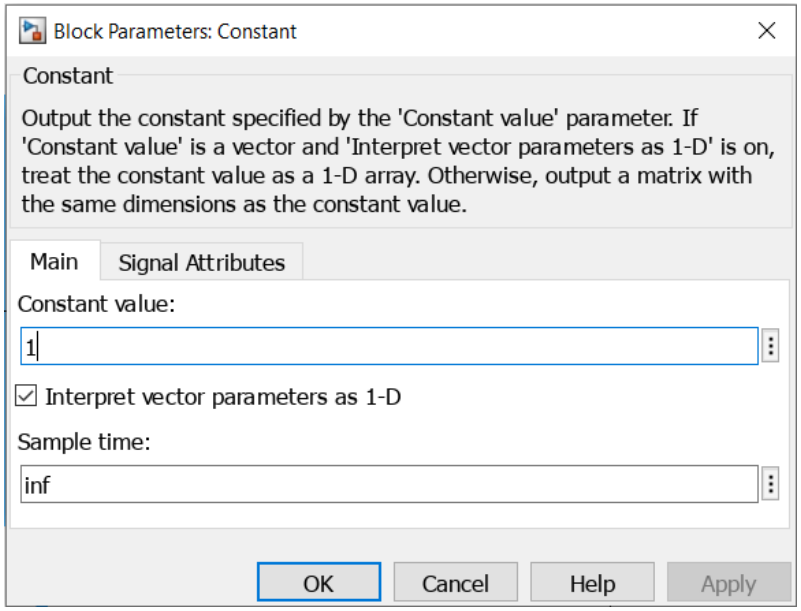


Рис. 3.2 – Панель налаштування параметрів блоку Constant

- Джерело змінного навантаження

Блок Step (рис. 3.3) (з бібліотеки Sources) моделює зміну навантаження на систему. Цей блок задає стрибкоподібну зміну навантаження, яке транслюється як сила, що впливає на двигун.

Тому, задаючи параметри (рис. 3.4) такі як : початкове значення (Initial value): 0; кінцеве значення (Final value): 1; час спрацьовування (Step time): 1 секунд; часовий перехід (Sample time): 0 (неперервний час), ми можемо побачити як блок Step моделює вхідний сигнал, який використовується для імітації різкої зміни вхідного параметра (запуск конвеєра або зміна навантаження). Початкове значення 0 показує, що система перебуває в спокої, а перехід до 1 після 1 секунди означає, що система починає працювати під впливом нового сигналу.

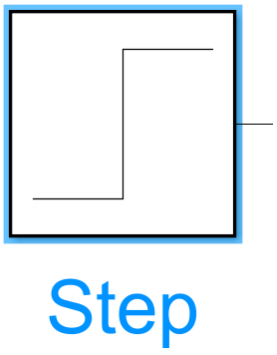


Рис. 3.3 – Блок Step в середовищі Simulink

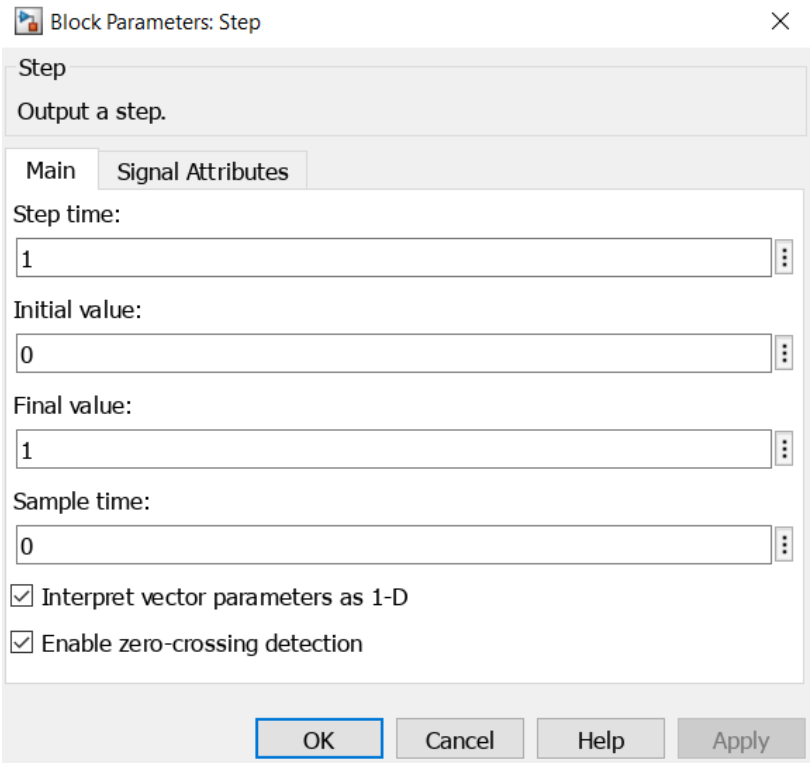


Рис. 3.4 – Панель налаштування параметрів блоку Step

- PID-контролер

Використовується блок PID Controller (рис. 3.5) (з бібліотеки Continuous або Discrete). Цей контролер регулює потужність приводу таким чином, щоб компенсувати зміну навантаження та підтримувати постійну швидкість. Також, слід зауважити, що регулятор отримує сигнал помилки (різницю між бажаною та фактичною швидкістю) та генерує відповідний сигнал керування.

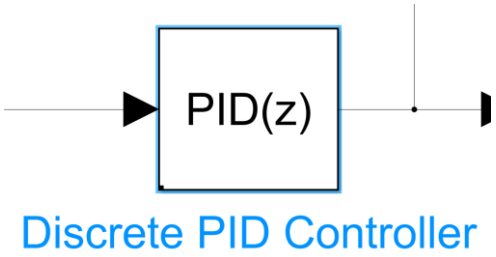


Рис. 3.5 – Блок PID Controller в середовищі Simulink

Отже, задаємо основні значення у вікні параметрів (рис. 3.6): пропорційний коефіцієнт (Kp): 10; інтегральний коефіцієнт (Ki): 5; диференційний коефіцієнт (Kd): 0; тип дії: Позиційний PID (Position).

PID-регулятор використовується для забезпечення стабільності і точності керування швидкістю стрічки конвеєра.

Kp (пропорційний коефіцієнт) визначає реакцію системи на поточну похибку (різницю між бажаною і фактичною швидкістю стрічки).

Ki (інтегральний коефіцієнт) усуває систематичну похибку, накопичену з часом.

Kd (диференційний коефіцієнт) згладжує коливання при різких змінах сигналу.

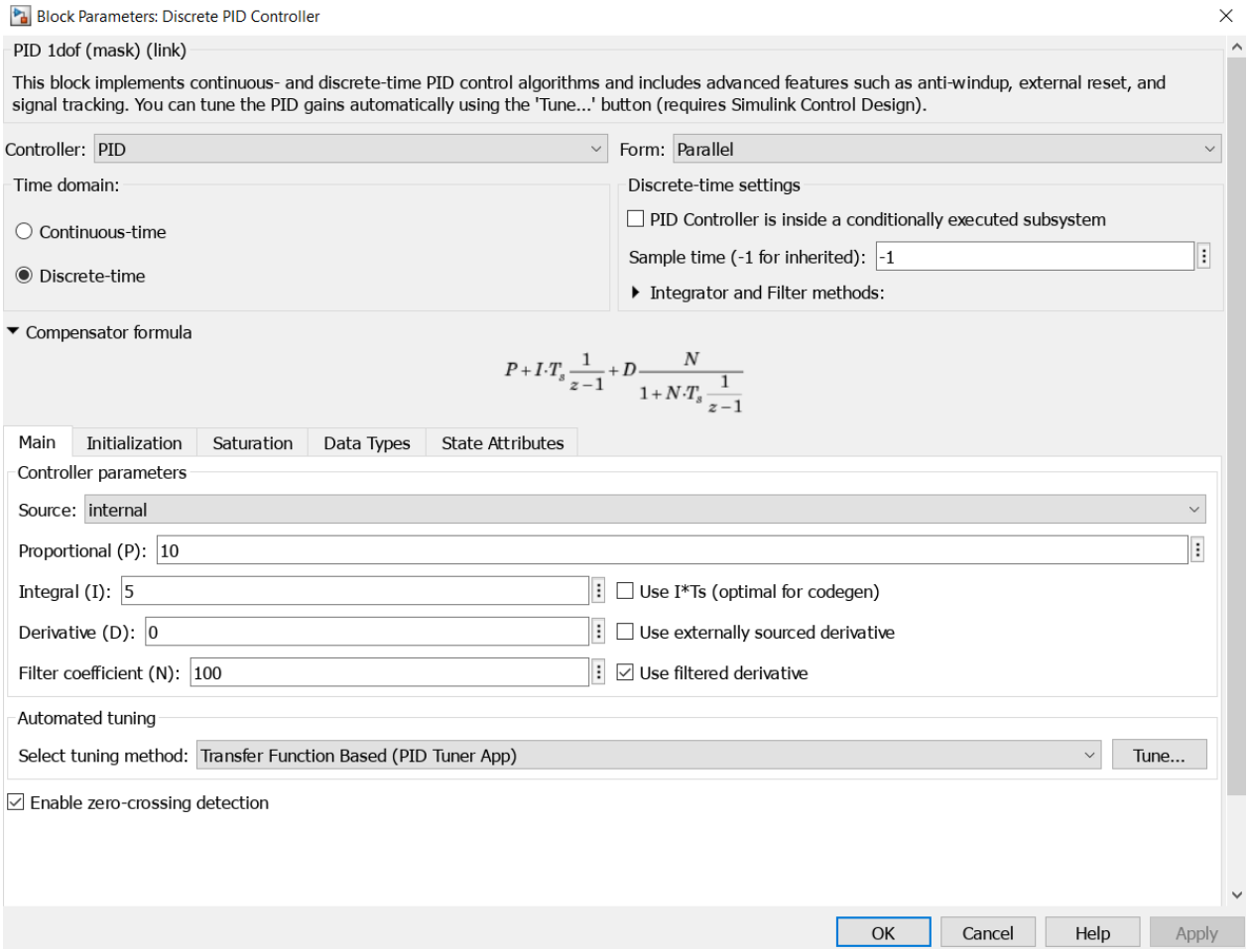


Рис. 3.6 – Панель налаштування параметрів блоку PID Controller

- Динамічна модель конвеєра

- Integrator (рис. 3.7) (з бібліотеки Continuous) використовується для моделювання інерційної динаміки системи. Цей блок використовується для обчислення накопичувального ефекту вхідного сигналу, наприклад, положення стрічки конвеєра залежно від часу. Початкове значення 0 (рис. 3.8) вказує, що на початку моделювання система ще не рухалася.

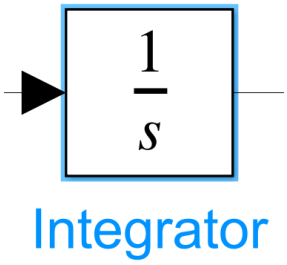


Рис. 3.7 – Блок Integrator в середовищі Simulink

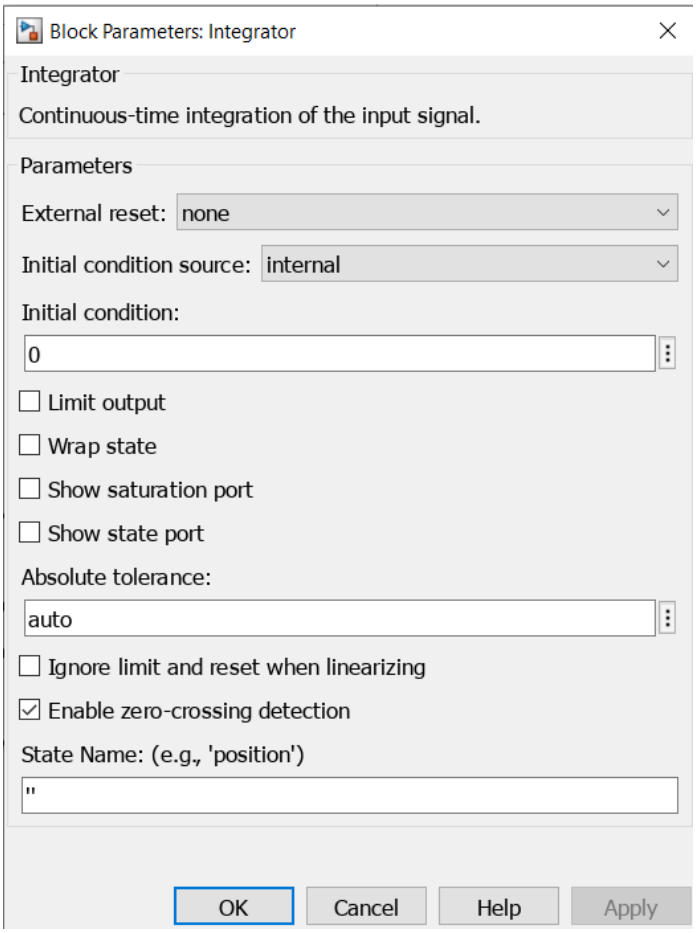


Рис. 3.8 – Панель налаштування параметрів блоку Integrator

- Gain (рис. 3.9) (з бібліотеки Math Operations) масштабує вхідний сигнал, представляючи залежність між потужністю двигуна та фактичною швидкістю конвеєра.

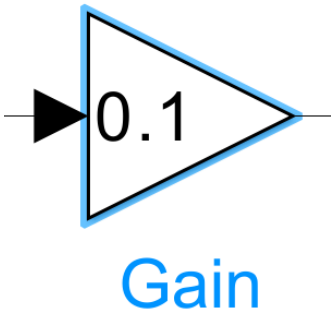


Рис. 3.9 – Блок Gain в середовищі Simulink

- Sum

Логічне джерело, яке обчислює різницю між бажаним значенням і фактичним значенням, що використовується як вхід для PID-регулятора.

Підключення блоку Sum (рис. 3.10) і правильність його налаштувань є критичними для забезпечення коректної роботи всієї системи, тому що Sum обчислює помилку регулювання між бажаною швидкістю конвеєра та фактичною швидкістю, враховуючи вплив потужності від PID-регулятора.

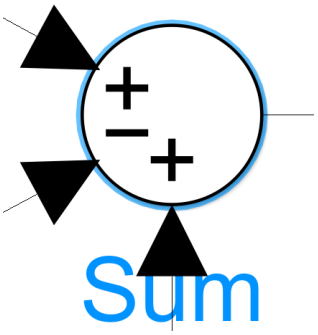


Рис. 3.10 – Блок Sum в середовищі Simulink

Також, важливо, щоб у полі вікна налаштувань (рис. 3.11) List of signs має бути правильно налаштовано значення |+-+. Символи в List of signs визначають, як система обчислює результуючий сигнал: "+" для верхнього входу (Constant)- додається бажана швидкість; "-" для середнього входу (Gain)- вплив потужності віднімається, щоб зберігати баланс; "+" для нижнього входу (Integrator) - додається зворотний зв'язок, щоб врахувати поточний стан системи. Отже, неправильне налаштування цього параметра призведе до некоректного обчислення помилки, що порушить роботу PID-регулятора.

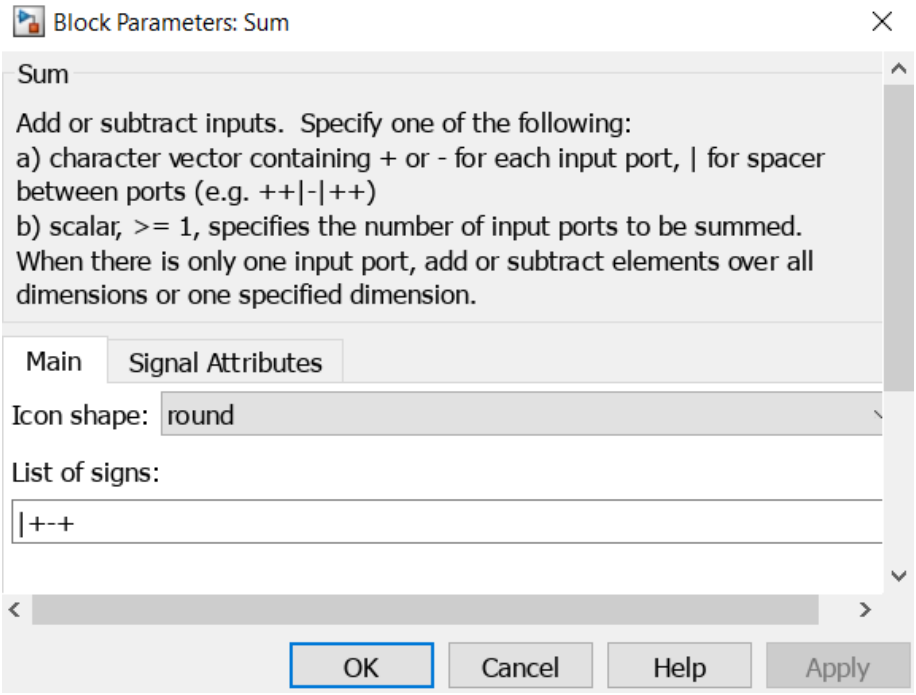


Рис. 3.11 – Панель налаштування параметрів блоку Sum

Отже, розглянувши основні блоки та параметри схеми для забезпечення стабільної та продуктивної роботи конвеєра, можемо її візуалізувати в середовищі Simulink для подальших досліджень (рис. 3.12).

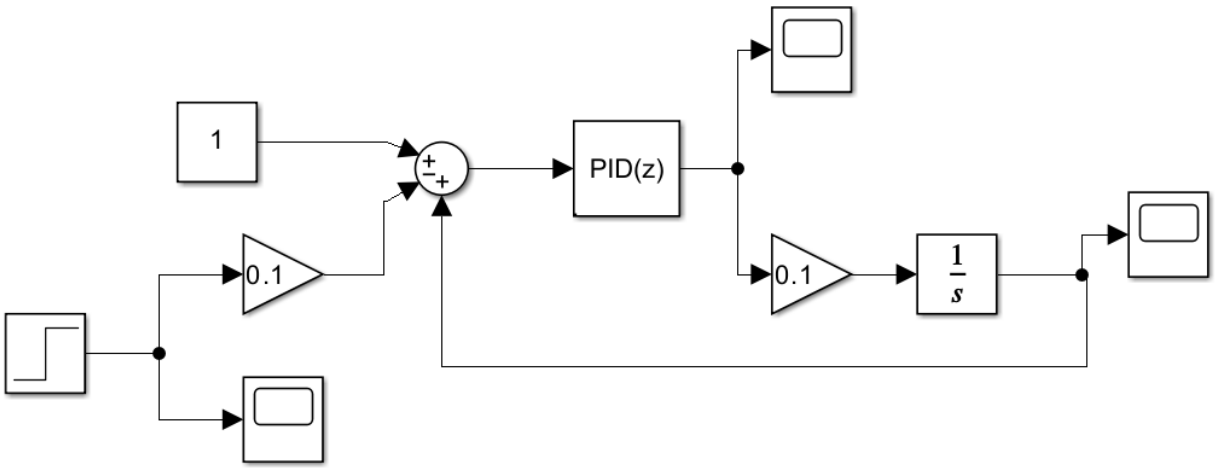


Рис. 3.11 – Схема для забезпечення стабільної та продуктивної роботи конвеєра

3.2. Аналіз роботи моделі системи керування конвеєром та результати моделювання.

Отже, розглянувши в попередньому пункті налаштування для математичного моделювання роботи конвеєрної лінії була розроблена схема в середовищі Simulink, що включає систему керування швидкістю стрічки за

допомогою PID-регулятора. Тому, після завершення налаштування блоків і параметрів, зокрема блоку *Step* (початкове значення — 0, кінцеве значення — 1, час спрацьовування — 1 секунда), виконано запуск симуляції. Час моделювання було встановлено на рівні 10 секунд (рис. 3.12).

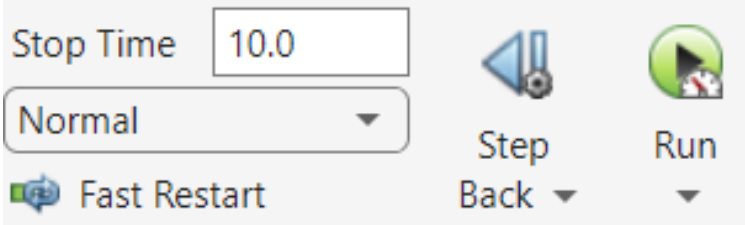


Рис. 3.12 – Панель налаштування часу моделювання

Отже, при запуску моделі спостерігається наступна послідовність процесів:

- У перший момент часу система перебуває в стані відсутності навантаження. Блок Step генерує сигнал із початковим значенням 0, що моделює нульовий опір руху конвеєра. PID-регулятор, отримуючи помилку між бажаною (1 м/с) і фактичною швидкістю стрічки, генерує потужність для стабілізації системи. На початковому етапі фактична швидкість конвеєра, яку моделює блок Integrator, стабільна й дорівнює заданому значенню.
- У момент часу t=1с відбувається зміна сигналу блоку Step, який моделює появу навантаження. Його значення зростає до 1 (умовні одиниці), що відповідає впливу додаткового опору на стрічку. Ця зміна викликає короткочасне зниження фактичної швидкості конвеєра через інерційність системи.
- PID-регулятор автоматично компенсує зміни, збільшуючи потужність двигуна. Завдяки цьому швидкість стрічки поступово повертається до бажаного значення 1 м/с. Процес стабілізації завершується через 1−2с, після чого система працює в умовах нового навантаження без помітних коливань.

Результати симуляції аналізуються за допомогою блоків Scope (рис. 3.13), підключених до ключових вузлів схеми.

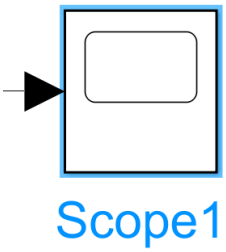


Рис. 3.13 – Блок Scope в середовищі Simulink

Отже, графіки, які отримані за допомогою блоків Scope, детально демонструють динаміку роботи системи управління конвеєрною стрічкою, побудованої на основі PID-регулятора. Кожен графік є відображенням взаємодії елементів моделі в середовищі MATLAB Simulink і дає уявлення про те, як система реагує на вхідні сигнали та змінні параметри. Розглянемо детально кожен графік.

- Графік з виходу Step (рис. 3.14).

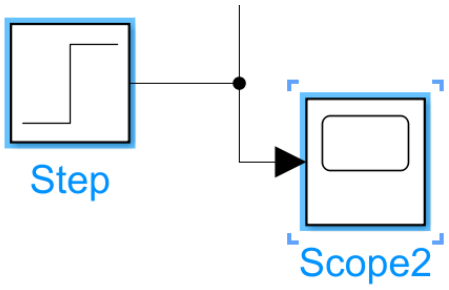


Рис. 3.14 – З’єднання блоків Step і Scope в середовищі Simulink

Цей графік (рис. 3.15) виникає як результат роботи блоку Step, який генерує ступінчастий сигнал. Стрибок відбувається в заданий момент часу (через 1 секунду від початку моделювання), і сигнал змінюється з початкового значення (зазвичай 0) до кінцевого (1). Це імітує різку зміну умов, наприклад, подачу команди на збільшення навантаження або активацію конвеєрної системи.

На графіку видно стрибок сигналу до рівня 1, після чого значення залишається стабільним. Цей сигнал є вхідним для PID-регулятора і використовується для оцінки його здатності реагувати на зміну умов роботи. Графік Step відображає зовнішнє збурення або задачу, поставлену перед системою, і є початковою умовою для формування динамічного процесу в моделі.

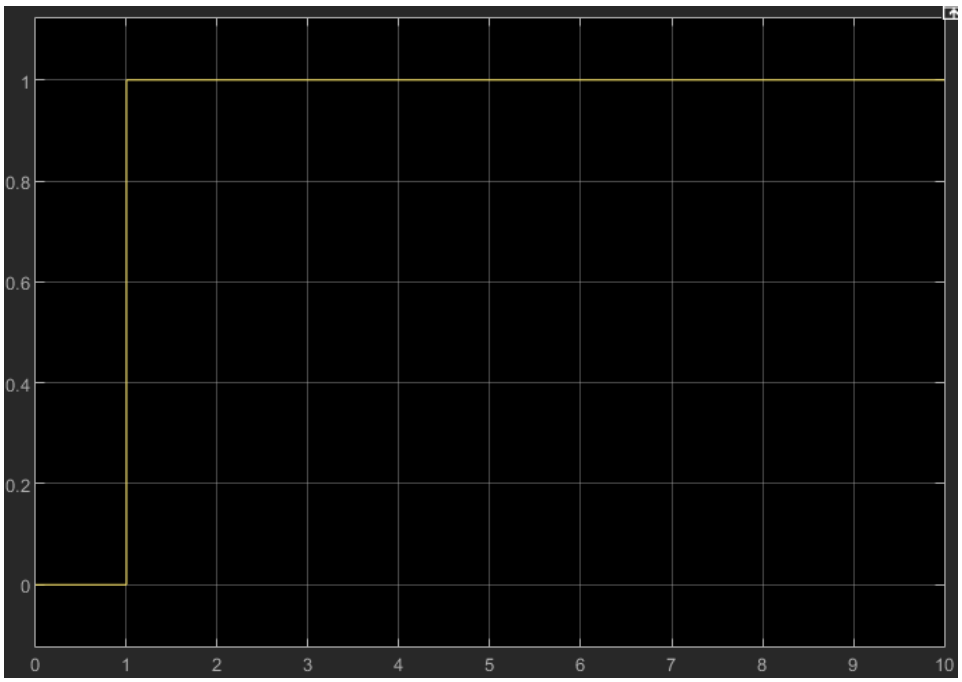


Рис. 3.15 – Графік з виходу Step

- Графік з виходу PID-регулятора (рис. 3.16).

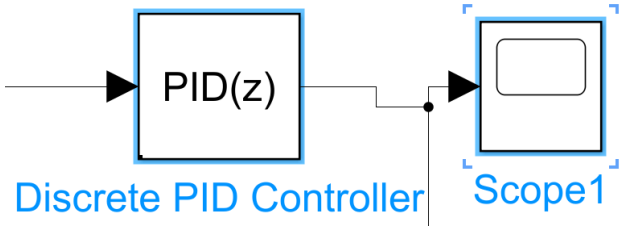


Рис. 3.16 – З’єднання блоків PID Controller і Scope в середовищі Simulink

Цей графік (рис. 3.17) демонструє реакцію PID-регулятора на вхідну похибку, яка виникає через відмінність між бажаною та фактичною швидкістю стрічки. PID-регулятор генерує керуючий сигнал на основі трьох компонентів: пропорційного (Kp), який забезпечує негайну реакцію на похибку; інтегрального (Ki), що компенсує постійні похибки з часом; диференційного (Kd), який реагує на швидкість зміни похибки.

На графіку видно ступінчастий або пусково-лінійний сигнал, що є характерним для роботи PID-регулятора в дискретному режимі. На початковому етапі (до 5 секунд) сигнал залишається на нулі, оскільки система працює в стабільному стані. Після активації Step PID-регулятор починає формувати вихідний сигнал, який поступово змінюється, компенсуючи похибку. Ступінчастий характер зростання може бути зумовлений дискретністю моделі

або високим значенням пропорційного коефіцієнта. Також, цей графік відображає динаміку керування системою і показує, як регулятор стабілізує процес.

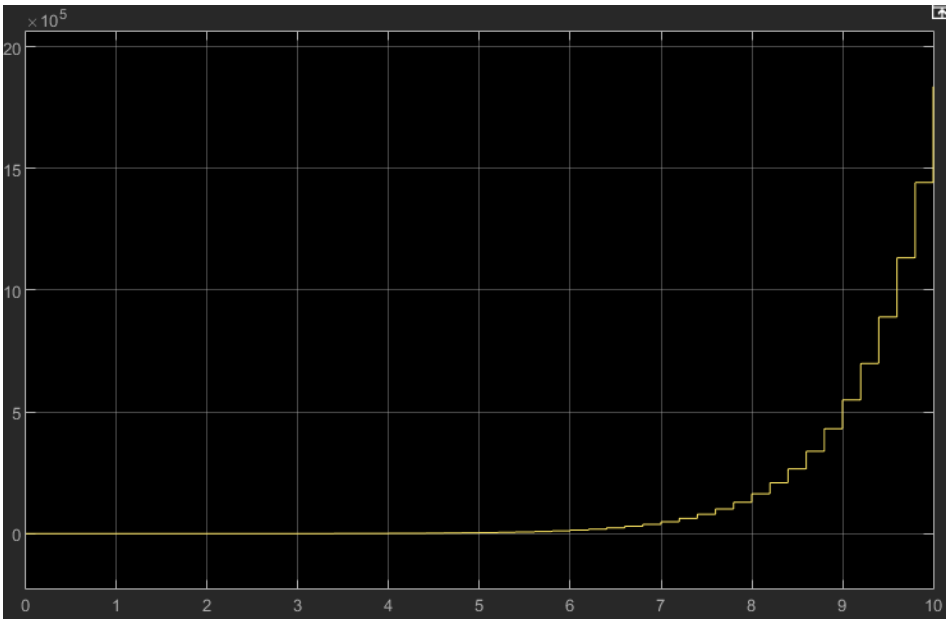


Рис. 3.17 – Графік стабілізації

- Графік з виходу Integrator (рис. 3.18).

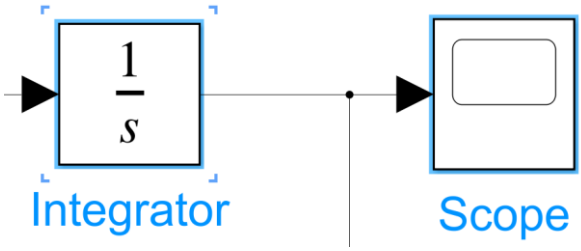


Рис. 3.18 – З'єднання блоків Integrator і Scope в середовищі Simulink

Інтегратор моделює накопичення вхідного сигналу з часом. На цьому графіку (рис. 3.19) видно, що до 5 секунд (поки Step не активується) вихід інтегратора залишається на нульовому рівні, оскільки вхідний сигнал також дорівнює нулю. Після активації Step інтегратор починає накопичувати сигнал, що надходить від PID-регулятора, і графік демонструє плавне зростання.

Цей графік відображає накопичувальний ефект дії регулятора на систему. Він дозволяє оцінити, наскільки стабільно система адаптується до змінних умов. Наприклад, якщо вихід інтегратора зростає надто швидко або коливається, це може вказувати на надмірну інтегральну дію (Ki) або на необхідність додаткової корекції параметрів PID-регулятора.

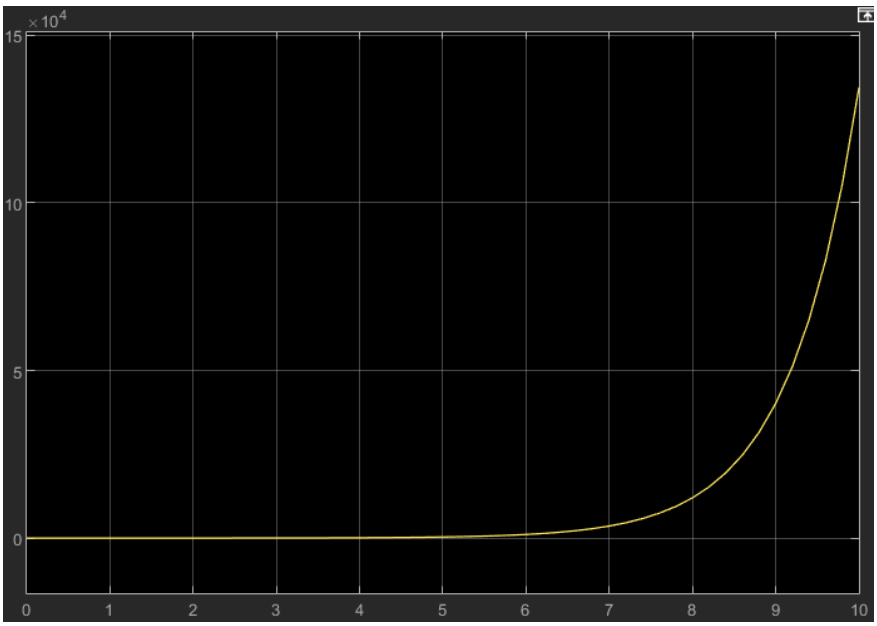


Рис. 3.19 – Графік накопичення

Усі три графіки взаємопов’язані:

- Графік Step задає зовнішнє збурення для системи.

- Графік PID демонструє, як регулятор формує керуючий сигнал для компенсації похибки.

- Графік Integrator відображає, як система накопичує результат впливу регулятора, відображаючи зміну ключового параметра (наприклад, швидкості стрічки або її положення).

Загалом, ці графіки дають змогу аналізувати динаміку роботи системи, оцінювати її стабільність, а також визначати ефективність налаштувань PID-регулятора. Вони є важливими інструментами для оцінки коректності роботи моделі та її відповідності реальним умовам.

Висновок до Розділу 3.

У даному розділі здійснено детальний аналіз та моделювання системи управління швидкістю конвеєрної стрічки з використанням PID-регулятора, який забезпечує стабільність роботи системи за змінних умов навантаження. Основна мета цього підходу — гарантувати постійну швидкість транспортування матеріалів, незалежно від змін зовнішніх факторів, таких як маса вантажу, нерівномірний розподіл матеріалів або вплив тертя.

Математична модель, побудована на основі PID-регулятора, передбачає автоматичне коригування потужності приводу в залежності від навантаження, що дозволяє підтримувати стабільну швидкість без значних енергетичних витрат та перевантаження системи. Для цього були сформульовані технічні вимоги, включаючи необхідність збереження сталої швидкості конвеєра, адаптації потужності двигуна та оптимізації діапазону зміни навантаження.

Під час моделювання, використовуючи середовище MATLAB Simulink, було побудовано схему управління з використанням таких основних блоків:

- Блок Constant, який задає бажану швидкість конвеєра (1 м/с).
- Блок Step, що моделює зміну навантаження, імітуючи різке збільшення опору на конвеєр.
- PID-регулятор, який регулює потужність приводу для компенсації змін у навантаженні та підтримки заданої швидкості.
- Блок Integrator, що моделює накопичення сигналу, що дозволяє врахувати зміни швидкості конвеєра.
- Блок Sum, який обчислює похибку між бажаною та фактичною швидкістю для коректної роботи PID-регулятора.

Результати моделювання демонструють, що при зміні навантаження, система стабільно підтримує задану швидкість, завдяки коригуванню потужності двигуна. На графіках, отриманих за допомогою Simulink, видно чітку взаємодію між блоками: сигнал від блоку Step викликає зміну швидкості, на що реагує PID-регулятор, а інтегратор накопичує результат впливу регулятора, стабілізуючи систему.

Графіки демонструють характерні для PID-регулятора коливання, які швидко згладжуються, забезпечуючи плавний процес стабілізації. Графік виходу Step показує миттєвий стрибок сигналу, що відображає зміну навантаження на систему. Графік виходу PID-регулятора демонструє реакцію регулятора на похибку, що виникає в результаті змін навантаження. Вихід інтегратора, у свою чергу, відображає накопичення впливу PID-регулятора, що дозволяє підтримувати стабільну швидкість конвеєра.

Загалом, результати моделювання підтверджують ефективність запропонованої системи управління для досягнення стабільної та продуктивної роботи конвеєра навіть при змінних навантаженнях. Визначені ключові параметри для налаштування PID-регулятора та вплив зміни навантаження на швидкість конвеєра дозволяють оптимізувати систему для реальних умов експлуатації, знижуючи енергетичні витрати та забезпечуючи безперебійну роботу конвеєрної лінії.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Даний розділ присвячений комплексному дослідженню ринку для стартап-проєкту. Ми проведемо аналіз, який дозволить нам зрозуміти, чи є попит на наш продукт, тобто модернізовану конвеєрну систему, визначити наших потенційних клієнтів та розробити стратегію виходу на ринок.

4.1. Опис стартап проєкту.

Отже, спочатку ми розглянемо зміст ідеї, можливі напрямки застосування, основні вигоди, що може отримати користувач модернізованої системи та чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Перші три пункти подаємо у вигляді таблиці (табл. 4.1) і додаємо цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів [32].

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	***Напрямки застосування***	***Вигоди для користувача***
Створення інноваційного стрічкового конвеєра з автоматичним регулюванням швидкості під навантаження; забезпечення стабільної швидкості конвеєра незалежно від ваги вантажу; використання сучасних технологій для підвищення	Промисловість (виробництво, логістика, харчова промисловість), будівництво, сільське господарство, аеропорти, порти, склади	Збільшення ефективності виробництва, зниження витрат на енергію, підвищення безпеки праці, зменшення простоїв обладнання, покращення якості продукції
	Переробка відходів, автоматизація складів, роздрібна торгівля	Збільшення пропускної здатності, мінімізація пошкоджень вантажів, підвищення точності дозування

ефективності виробництва	Електроніка, фармацевтика	Зменшення трудомісткості процесів, підвищення точності виробництва, можливість дистанційного моніторингу та управління

Також, ми розглянемо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї по збільшенню продуктивності конвеєрних ліній (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів, який передбачає:

- визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) [див. додаток А (табл. 4.2)] [32].

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей розробленої модернізованої системи є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності [32].

4.2. Технологічний аудит ідеї проєкту.

В межах даного пункту ми проведемо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення системи) [32].

Тобто, зробимо аналіз таких складових (табл. 4.3):

- за якою технологією буде виготовлено система згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проєкту?

Таблиця 4.2. Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№	*Ідея проєкту*	*Технології її реалізації*	*Наявність технологій*	*Доступність технологій*
1	Стрічковий конвеєр із стабільною швидкістю	Інтелектуальне управління швидкістю конвеєра	Так (існують на ринку)	Так
2	Автоматичне підлаштування потужності двигуна	Автоматичні регулятори потужності, PID-контролери	Так, але потребує налаштування	Частково
3	Енергоефективність при змінному навантаженні	Використання енергоефективних приводів та датчиків	Так	Так
4	Гнучкість налаштування під різні типи вантажів	Програмовані логічні	Так	Так

		контролери (PLC)		
5	Надійність під час безперервної роботи	Системи охолодження та моніторингу	Так, але потрібна адаптація	Частково
6	Інтеграція з іншими конвеєрними системами	Програмні інтерфейси для управління лінією	Частково, потрібно доопрацювання	Частково

Обрана технологія реалізації ідеї проєкту:

Для реалізації стрічкового конвеєра, що підтримує постійну швидкість при змінному навантаженні, обрано поєднання інтелектуального управління швидкістю, енергоефективних приводів, автоматичних регуляторів потужності та програмованих логічних контролерів (PLC). Така технологія дозволяє динамічно регулювати потужність двигуна відповідно до навантаження, забезпечуючи стабільну швидкість конвеєра та високу енергоефективність.

Крім того, системи охолодження та моніторингу допоможуть забезпечити надійність обладнання під час безперервної роботи. Деякі елементи технології, як-от програмні інтерфейси для інтеграції з іншими системами, потребують адаптації, але наявність цих рішень на ринку дозволяє реалізувати проєкт без необхідності розробки з нуля.

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту.

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проєкту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проєкту, дозволяє спланувати напрями розвитку проєкту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів [32].

1) Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 4.4).

Таблиця 4.3. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№	***Показники стану ринку (найменування)***	***Характеристика***
1	Кількість головних гравців, од	5-7 основних виробників конвеєрних систем на локальному ринку
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	10-20 млн грн щорічно, з тенденцією до зростання
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає: збільшується попит на автоматизацію та інтелектуальні рішення в промисловості
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Високі початкові витрати, необхідність доступу до сертифікованих компонентів та обладнання
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Необхідність відповідності стандартам безпеки, сертифікація на відповідність промисловим нормам
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	10-15% залежно від рівня автоматизації та типу конвеєрного обладнання

Проаналізувавши показники попиту на проект стрічкового конвеєра зі стабільною швидкістю, можна зробити такі висновки:

- Динаміка ринку свідчить про зростання попиту на автоматизовані конвеєрні системи, що створює позитивні перспективи для входження на ринок. Це зростання спричинене посиленою автоматизацією виробничих процесів у промислових галузях, які шукають енергоефективні та інтелектуальні рішення.

- Середня норма рентабельності в галузі, що становить 10-15%, порівняно із банківським відсотком на вкладення, є досить конкурентоспроможною. Якщо банківський відсоток на вкладення суттєво нижчий, інвестування в проект може бути більш привабливим, оскільки ринок автоматизованих конвеєрів має тенденцію до зростання і обіцяє стабільний попит.

- Бар'єри для входження, такі як високі початкові витрати та необхідність сертифікації, є значними, але не обов'язково обмежуючими, якщо компанія має доступ до необхідних ресурсів для покриття цих витрат.

Загалом, ринок можна вважати привабливим для входження за попереднім оцінюванням, особливо якщо середня норма рентабельності перевищує банківські відсоткові ставки на вкладення. Рекомендовано додатково оцінити доступні фінансові ресурси та можливості залучення інвестицій, що дозволить ефективно увійти в сектор автоматизованих конвеєрних систем.

2) Надалі визначимо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформуємо орієнтовний перелік вимог до модернізованої системи для кожної групи [див. Додаток Б (табл. 4.5)] [32].

3) Після визначення потенційних груп клієнтів проведемо аналіз ринкового середовища: складемо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проєкту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. №№ 4.6-4.7). Фактори в таблиці подаємо в порядку зменшення значущості [32].

Таблиця 4.4. Фактори загроз

№ п/п	***Фактор***	***Зміст загрози***	***Можлива реакція компанії***
1	Високий рівень конкуренції	Велика кількість конкурентів, які пропонують подібні	Позиціонування продукту на унікальних перевагах

		рішення, що може знизити частку ринку	(стабільна швидкість, енергоефективність)
2	Високі вимоги до стандартизації	Необхідність відповідати строгим стандартам безпеки та сертифікації для промислового обладнання	Інвестування в сертифікацію та відповідність міжнародним стандартам
3	Залежність від постачальників	Затримки в поставках або зростання вартості матеріалів можуть вплинути на виробничий процес	Диверсифікація постачальників та укладання довгострокових контрактів
4	Високі початкові витрати	Високі капітальні вкладення можуть уповільнити вихід на ринок або збільшити ризик для інвесторів	Залучення інвесторів або використання альтернативних джерел фінансування
5	Нестабільність економічної ситуації	Економічні коливання можуть вплинути на платоспроможність клієнтів	Пропозиція гнучких умов оплати, лізингу або розстрочки для клієнтів

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

№ п/п	***Фактор***	***Зміст загрози***	***Можлива реакція компанії***

1	Зростання попиту на автоматизацію	Збільшення потреби у рішеннях для автоматизації виробництва, що забезпечує стабільний попит	Активне просування продукту на ринок автоматизації та інтелектуальних рішень
2	Підвищення інтересу до енергоефективності	Розширення попиту на енергоефективні рішення для зниження витрат на електроенергію	Позиціонування конвеєра як енергоефективного рішення, що знижує експлуатаційні витрати
3	Державні програми підтримки виробництва	Можливість отримання грантів, субсидій або податкових пільг для інноваційних виробничих проектів	Пошук можливостей для участі у державних програмах підтримки
4	Розширення ринку в суміжних галузях	Застосування технології в різних промислових галузях, включаючи логістику, сільське господарство	Розширення асортименту продуктів і вихід на нові ринки

5	Розвиток інтернету речей (IoT)	Можливість інтеграції IoT для віддаленого моніторингу та управління конвеєрами	Розробка та впровадження додаткових функцій для моніторингу через IoT

4) Надалі проведемо аналіз пропозиції: визначимо загальні риси конкуренції на ринку [див. Додаток В (табл. 4.8)] [32].

5) Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера) [див. Додаток Д (табл. 4.9)] [31].

На основі аналізу конкурентного середовища та факторів впливу за моделлю Портера можна зробити такі висновки: ринок пропонує перспективи для входження, зокрема завдяки наявності технологічних рішень, здатних задовольнити потреби споживачів у ефективному та стабільному транспортному обладнанні. Однак високий рівень конкуренції та можливий вплив постачальників і споживачів вимагають від компанії ретельного підходу до побудови конкурентних переваг.

Існують значні бар’єри, такі як потреба у великих початкових інвестиціях, сертифікація, а також вплив основних постачальників. Це може знижувати гнучкість на етапі запуску, але пропонує перспективу надійного закріплення на ринку після подолання цих бар’єрів.

Також, існує ймовірність загрози з боку товарів-замінників, таких як автоматизовані роботи або конвеєри з більшою енергоефективністю, але унікальні характеристики проекту (стабільність швидкості під час навантаження, економічність) можуть стати конкурентними перевагами.

6) На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 5 (табл. 4.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проєкту (табл. 4.2), вимог споживачів до товару (табл. 4.5) та факторів маркетингового середовища (табл. №№ 4.6-4.7)

визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 4.10 в Додатку Е [32].

7) За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.10) проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проєкту (табл. 4.11) [32].

Таблиця 4.11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	**Фактор конкурентоспроможності**	**Бали 1-20**	**Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні**						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Енергоефективність	18						x	
2	Гнучкість у налаштуванні для різних умов	17					x		
3	Надійність і довговічність	16				x			

8) Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження даного проєкту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.11) [32].

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [32].

Таблиця 4.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

	Сильні сторони	**Слабкі сторони**

Внутрішні фактори	- Висока енергоефективність, що знижує експлуатаційні витрати. - Стабільність швидкості конвеєра незалежно від ваги вантажу. - Гнучкість у налаштуванні для різних умов.	- Високі початкові витрати на розробку і впровадження. - Можлива недостатня довіра до нового бренду. - Обмежений досвід у деяких аспектах технічної підтримки.
	Можливості	***Загрози***
Зовнішні фактори	- Зростання попиту на автоматизацію та енергоефективні рішення. - Можливість залучення клієнтів, зацікавлених у стабільності роботи конвеєра при змінних навантаженнях. - Розширення ринку завдяки зростаючій важливості екологічно чистих технологій.	- Посилення цінової конкуренції з боку вже відомих брендів. - Можливі обмеження у стандартизації, що потребують додаткових витрат на сертифікацію. - Зниження доходів потенційних споживачів, що посилить значущість ціни.

SWOT-аналіз демонструє, що проєкт має сильні сторони в енергоефективності та стабільності, що можуть залучити споживачів. Водночас існують слабкі сторони, такі як високі початкові витрати та можливий брак досвіду. Ринкові можливості включають підвищений попит на

автоматизацію та екологічність, однак, можливі загрози з боку конкуренції та сертифікаційних вимог потребують особливої уваги.

9) На основі SWOT-аналізу розробимо альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проєкту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 4.9, аналіз потенційних конкурентів).

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів [див. Додаток Ж (табл. 4.13)] [32].

Для виведення стартап-проєкту на ринок обрано альтернативу №1. Вона має високу ймовірність отримання ресурсів, а також стислий термін реалізації (3-6 місяців). Ця стратегія дозволить швидко створити обізнаність про продукт серед цільової аудиторії та забезпечити ефективний старт продажів.

4.4. Розроблення ринкової стратегії проєкту.

1) Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку, тому зробимо опис цільових груп потенційних споживачів [див. Додаток К (табл. 4.14)] [32].

На основі аналізу потенційних груп споживачів у Таблиці 4.14, проєкт орієнтований на такі цільові групи:

- Великі виробничі підприємства, які мають високу готовність сприйняти продукт і високий орієнтовний попит.
- Склади ритейлерів, які мають високу простоту входу в сегмент і середню інтенсивність конкуренції.

Особлива увага в проєкті приділяється впровадженню модернізованих конвеєрних ліній з підвищеною продуктивністю. Такі лінії здатні забезпечувати швидше транспортування вантажів, оптимізацію енергоспоживання та підвищену надійність завдяки застосуванню сучасних технологій управління, таких як:

- використання частотних перетворювачів, які дозволяють плавно регулювати швидкість руху конвеєра;
- інтеграція системи моніторингу і діагностики, що підвищує термін служби обладнання;
- застосування високоефективних електродвигунів, які забезпечують кращий ККД і знижують витрати на електроенергію.

Такі рішення дозволяють знизити витрати на експлуатацію і обслуговування, що робить продукт привабливим для великих виробників і складів, які прагнуть до оптимізації своїх логістичних процесів.

Оскільки проєкт охоплює кілька сегментів, для кожного з яких можуть бути розроблені спеціалізовані програми ринкового впливу, стратегією охоплення ринку обрано стратегію диференційованого маркетингу.

Ця стратегія дозволить оптимально адаптувати характеристики модернізованої конвеєрної системи до потреб різних груп клієнтів, забезпечуючи конкурентоспроможність та ефективне проникнення на ринок.

2) Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 4.15) [32].

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№	***Обрана альтерна-тива розвитку проєкту***	***Стратегія охоплення ринку***	***Ключові конкурентоспромо жні позиції відповідно до обраної альтернативи***	***Базова стратегія розвитку****
1	Орієнтаці я на великі виробничі підприємств а	Диференці-йований маркетинг	Висока надійність, продуктивність, адаптація до промислових умов	Стратег ія лідерства за якістю

2	Вихід на ринок складів ритейлерів	Диференці-йований маркетинг	Оптимальна ціна, проста інтеграція з існуючими системами	Стратегія мінімізації витрат
3	Розширення пропозиції для аграрних підприємств	Диференційований маркетинг	Простота використання, підвищена енергоефективність	Стратегія ніші

*Базова стратегія розвитку визначається за підходами конкурентоспроможності, зокрема:

Стратегія лідерства за якістю – передбачає максимальну увагу до інновацій, довговічності та функціональних можливостей продукту.

Стратегія мінімізації витрат – орієнтується на зниження вартості виготовлення та ціни для споживача.

Стратегія ніші – фокус на вузькому сегменті ринку з пропозицією унікального рішення.

3) Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16) [32].

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії розвитку конкурентної поведінки

№	Чи є проєкт «першопро-хідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Шукати нових споживачів	Ні, акцент на унікальних технічних рішеннях	Стратегія інноваційного диференціювання
2	Так	Шукати нових споживачів	Ні, створення товару з новими властивостями	Стратегія ринкового проникнення
3	Ні	Забирати існуючих споживачів у конкурентів	Частково, орієнтація на конкурентоспроможну ціну	Стратегія цінової конкуренції

*Стратегія конкурентної поведінки може включати:

Стратегія інноваційного диференціювання – пропозиція унікальних функцій та переваг.

Стратегія ринкового проникнення – впровадження продукту на ринок із відсутньою або мінімальною конкуренцією.

Стратегія цінової конкуренції – конкурентоспроможність за рахунок оптимальної вартості товару.

4) На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника та до продукту (табл. 4.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16)

розробимо стратегію позиціонування (табл. 4.17), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельний проєкт [32].

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№	***Вимоги до продукту цільової аудиторії***	***Базова стратегія розвитку***	***Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту***	***Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)***
1	Надійність, довговіч-ність, зручність використання	Стратегія іннова-ційного диферен-ціювання	Унікальне технічне рішення, висока якість, екологічність	Інноваційність, екологічність, високий стандарт якості
2	Ефектив-ність та економічна доцільність	Стратегія ринкового проникнення	Доступна ціна, універсальність, енерго-ефективність	Енергоефек-тивність, доступність, універсальність
3	Швидкість обслуговування, адаптованість до потреб клієнта	Стратегія цінової конкуренції	Гнучкість виробництва, конкурентоспромож на ціна, швидкість поставок	Доступність, швидкість, клієнтоорієн-тованість

На основі таблиці сформована узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії. Це визначає її напрями роботи на ринку:

розвиток конкурентоспроможних позицій, які відповідають потребам цільової аудиторії, забезпечення унікальності товару через асоціації інноваційності, екологічності та високої якості.

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту

1) Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 4.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару [32].

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного продукту

№	Потреба	Вигода, яку пропонує продукт	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Надійність і довговічність	Забезпечення тривалого терміну служби	Унікальні технічні рішення, гарантія якості
2	Ефективність та економічна вигода	Зниження витрат споживача	Енергоефективність, доступна ціна
3	Зручність та простота використання	Легкість у встановленні та експлуатації	Універсальність, модульність конструкції
4	Екологічність	Зменшення негативного впливу на довкілля	Використання екологічно чистих матеріалів, енергоощадні технології
5	Індивідуальний підхід та	Адаптація до потреб клієнта, швидкі поставки	Гнучкість виробництва, мінімальний термін виконання замовлень

	швидкість обслуговування		

2) Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проєкту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.19). Аналіз проводиться експертним методом [32].

Таблиця 4.19. Визначення меж встановлення ціни

№	***Рівень цін на товари-замінники***	***Рівень цін на товари-аналоги***	***Рівень доходів цільової групи споживачів***	***Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу***
1	Роликові системи: 15 000 – 40 000 грн	Конвеєри інших типів: 20 000 – 50 000 грн	Середній дохід: 30 000 – 60 000 грн/міс	Нижня: 25 000 грн, Верхня: 45 000 грн
2	Гравітаційні транспортери: 10 000 – 25 000 грн	Конвеєри з іншими механізмами приводу: 35 000 – 60 000 грн	Високий дохід: понад 60 000 грн/міс	Нижня: 35 000 грн, Верхня: 55 000 грн
3	Автоматизовані системи: понад 60 000 грн	Вертикальні конвеєри: 50 000 – 80 000 грн	Низький дохід: до 30 000 грн/міс	Нижня: 20 000 грн, Верхня: 40 000 грн

3) Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення [див. Додаток Л (табл. 4.20)]:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників [32].

4) Останньою складової маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів [див. Додаток М (табл. 4.21)] [32].

Маркетингова програма стартапу стрічкового конвеєра охоплює концепцію товару, збуту, просування, ціноутворення та аналіз ринкового середовища. Продукт забезпечує підвищену продуктивність, надійність та знижує витрати на обслуговування, що робить його привабливим на ринку завдяки високій якості та інноваційним технологіям.

Збут буде здійснюватися через комбіновану систему: прямий збут для великих клієнтів та посередників для малих і середніх підприємств. Канали включатимуть інтернет-ресурси, виставки та партнерства з дистриб'юторами. Стратегія просування полягає в активній рекламі через соціальні мережі, B2B-платформи та галузеві події, з акцентом на інноваційні технології.

Ціноутворення базуватиметься на конкурентоспроможних цінах, що відповідатимуть якості та вигодам для споживачів. Ринок для стрічкових конвеєрів демонструє стабільне зростання, з високою конкуренцією і великим попитом на автоматизацію виробництва.

У рамках стратегії ринкової поведінки стартап орієнтується на диференційований маркетинг, пропонуючи різні рішення для різних сегментів ринку. Загалом, маркетингова програма сприятиме успішному впровадженню проекту на ринок.

Висновки до Розділу 4.

У результаті проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

1. Можливість ринкової комерціалізації проєкту: на основі аналізу попиту, динаміки ринку та рентабельності, можна стверджувати, що існує реальна можливість ринкової комерціалізації проєкту. Сегмент стрічкових конвеєрів демонструє стабільне зростання, а попит на автоматизацію виробництва та зниження витрат на обслуговування є високим. Проєкт модернізації стрічкових конвеєрів із підвищенням їхньої продуктивності має значний потенціал завдяки перевагам, таким як висока надійність, знижені витрати на обслуговування та інтеграція сучасних технологій.

2. Перспективи впровадження: існують перспективи впровадження проєкту, з огляду на потреби потенційних клієнтів у високопродуктивних і надійних конвеєрних системах. Сегмент стрічкових конвеєрів знаходиться на етапі активного розвитку, і багато підприємств прагнуть автоматизувати свої виробничі процеси для досягнення конкурентних переваг. Бар'єри входження на ринок помірні, але рівень конкуренції залишається високим. Однак проєкт модернізації конвеєрів підтверджує свою конкурентоспроможність завдяки інноваційним характеристикам, як-от застосування частотних перетворювачів, систем моніторингу та високоенергоефективних електродвигунів.

3. Альтернатива впровадження: для ринкової реалізації доцільно обрати стратегію диференційованого маркетингу, орієнтуючись на різні сегменти ринку. Основний фокус слід зробити на великих виробничих підприємствах, які потребують високої продуктивності, а також на складах ритейлерів, для яких важливі надійність та мінімальні експлуатаційні витрати. Такий підхід дозволить задовольнити потреби різних груп клієнтів.

4. Доцільність подальшої імплементації проєкту: враховуючи позитивні перспективи та аналіз конкурентоспроможності, подальша імплементація проєкту є доцільною. Проєкт модернізації стрічкових конвеєрів може забезпечити стабільний попит серед виробничих підприємств та складів.

Запровадження маркетингової програми, ефективне ціноутворення та належна стратегія просування сприятимуть успішному виходу на ринок.

Особливу увагу слід приділити перевагам модернізованих конвеєрних ліній, які включають підвищену продуктивність, зменшення часу транспортування вантажів, оптимізацію енергоспоживання та забезпечення довготривалого ресурсу обладнання. Усі ці аспекти відповідають сучасним ринковим вимогам, що робить проект привабливим для потенційних споживачів.

ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ

У даній магістерській роботі було розглянуто актуальні аспекти підвищення продуктивності стрічкових конвеєрних систем шляхом вдосконалення їх конструкції та системи керування. Проведено аналіз сучасних конвеєрних ліній, їх технічних особливостей, сфер застосування та основних недоліків. Це дозволило визначити ключові напрямки для оптимізації системи.

Розроблено математичну модель стрічкового конвеєра, яка враховує змінне навантаження та дозволяє підтримувати стабільну швидкість стрічки. Виконано інженерні розрахунки для підбору основних компонентів, таких як двигун постійного струму, черв’ячний редуктор та елементи контролю. Особливу увагу приділено створенню електрорелейної схеми керування, що забезпечує запуск, зупинку, захист від аварійних ситуацій та можливість регулювання швидкості.

Моделювання роботи системи в MATLAB Simulink підтвердило ефективність запропонованих рішень і дозволило оптимізувати параметри роботи конвеєра. Креслення основних елементів, включаючи редуктор, а також розробка технологій для виготовлення його деталей, забезпечують практичну реалізацію проєкту.

Результати дослідження демонструють, що запропонована система керування підвищує надійність і продуктивність конвеєра, сприяє зниженню енерговитрат і забезпечує відповідність сучасним вимогам автоматизації виробничих процесів. Таким чином, розроблені рішення мають значний потенціал для впровадження в автомобільній промисловості та інших галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2004. — Т. 1 : А — К. —640 с.
2. Гірнича промисловість / Компанія "Destal" // Запоріжжя. – 2024. https://destal.net/industries/girnichodobuvna-promislovist/
3. Онищенко В.О. Організація виробництва: Навч.посібник/ [В.О. Онищенко, О.В.Редкін, А.С. Старовірець та ін.]-К.:Лібра.-2005.-376с.
4. Металургійний комплекс України. Чорна металургія [Електронний ресурс] // Світ презентацій. – Режим доступу: https://svitppt.com.ua/geografiya/metalurgiyniy-kompleks-ukraini-chorna-metalurgiya1.html
5. Сміт Р., Томас Л. Автоматизація та системи обробки у харчовій промисловості. Лондон: Wiley, 2005. 289 с.
6. Харчова промисловість: апетит хороший, але є над чим працювати [Електронний ресурс] // ZN.UA. – Режим доступу: https://zn.ua/ukr/macrolevel/kharchova-promislovist-apetit-khoroshij-ale-je-nad-chim-pratsjuvati.html
7. Тернер, Д., Браш, Р. Автоматизація в сучасних конвеєрних системах. Берлін: Springer Science, 2010. 320 с.
8. Нова пошта планує інвестувати понад 1 млрд гривень у інноваційний термінал [Електронний ресурс] // Property Times. – Режим доступу: https://propertytimes.com.ua/novosti/nova_poshtaplanue_investuvati_ponad_1mlrd_griven_uinnovatsiyniy_terminal
9. Сміт, Дж. Промислова революція та механізація. Оксфорд: Oxford University Press, 1987. 224 с.
10. В яких країнах розвинута автомобільна промисловість [Електронний ресурс] // Finance.ua. – Режим доступу: https://news.finance.ua/ua/v-yakyh-krainah-rozvynuta-avtomobil-na-promyslovist
11. Шнекові конвеєри [Електронний ресурс] // Creative Silo. – Режим доступу: https://www.creative-silo.com/shnekovye-konvejery?lang=uk
12. Шнекові конвеєри [Електронний ресурс] // Creative Silo. – Режим доступу: https://www.creative-silo.com/shnekovye-konvejery
13. Конвеєри стрічкові [Електронний ресурс] // Konsort. – Режим доступу: https://konsort.com.ua/productcat/belt-conveyors/
14. Конвеєр стрічковий пересувний [Електронний ресурс] // Prom.ua.– Режим доступу: https://prom.ua/ua/p118095958-lentochnyj-konvejer-peredvizhnoj.html
15. Механізм стрічкового конвеєра [Електронний ресурс] // Studfile.net. – Режим доступу: https://studfile.net/preview/9025269/page:2/
16. Конвеєр скребковий [Електронний ресурс] // МЗВ. – Режим доступу: https://mzv.com.ua/product/skrebkovyj-konvejer/

17. Рольганги (роликові транспортери) [Електронний ресурс] // Konsort. – Режим доступу: https://konsort.com.ua/vse-pro-rolgangy-rolykovi-transportery/

18. Конвеєрні стрічки [Електронний ресурс] // Гідросила. – Режим доступу: https://gidrosila.com.ua/g4246262-konvejernye-lenty/

19. Кірієнко О.А. Теорія механізмів і машин: навчальний посібник для студентів ВНЗ / О.А.Кірієнко ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін.-т». – К. : НТУУ «КПІ», 2013. – 232 с. : іл.

20. Проектування транспортних систем енергоємних виробництв. /В.О. Будішевський, В.О. Гутаревич, О.О. Пуханов та ін. Під. ред. В.О. Будішевського, А.О. Суліми.– Донецьк, 2008.– 454с.

21. Черв'ячний редуктор NMRV [Електронний ресурс] // Asyn.com.ua. – Режим доступу: https://asyn.com.ua/ua/p2297988471-chervyachnyj-reduktor-nmrv.html

22. Система моніторингу конвеєра [Електронний ресурс] // Gram Conveyor. – Режим доступу: https://www.gramconveyor.com/uk/conveyor-monitoring-system/

23. Каталог продукції. Енкодери / Компанія "Specialist" // Львів. – 2024. https://spc.com.ua/products/splc-sen-hy-38a6-l5ar-4096-encoder

24. Тензометричне обладнання [Електронний ресурс] // ESIT. – Режим доступу: https://esit.com.ua/shop/hsc/

25. Оптичний датчик M.D. Micro Detectors [Електронний ресурс] // Епіцентр. – Режим доступу: https://epicentrk.ua/shop/mplc-optichnii-datchik-m-d-micro-detectors-priimach-sn-20m-pnp-no-nc-z-kabelem-2-m.html

26. Кнопка-грибок STOP [Електронний ресурс] // Електроімпульс. – Режим доступу: https://eimpuls.com.ua/knopka-gribok-stop-krasnaya-hv2-vr42-d=60mm-asko-ukrem

27. Контролери SIMATIC S7-1200 [Електронний ресурс] // TopSity. – Режим доступу: https://topsity.com.ua/shop/simatic-s7-1200

28. Центральний процесор контролера Siemens SIMATIC S7-1200 [Електронний ресурс] // Епіцентр. – Режим доступу: https://epicentrk.ua/shop/mplc-central-nij-procesor-kontroler-siemens-simatic-s7-1200.html

29. Види редукторів [Електронний ресурс] // Привод. – Режим доступу: https://privod.kiev.ua/ua/index.php?route=revolution/revblog_blog&revblog_id=7

30. Електричні схеми: види та призначення [Електронний ресурс] // Все-Е. – Режим доступу: https://vse-e.com/ua/novosti/elektricheskie-shemy-vidy-naznachenie

31. Асинхронний двигун AIR71 [Електронний ресурс] // Епіцентр. – Режим доступу: https://epicentrk.ua/shop/mplc-dvigun-asinhronnij-air71.html

32. Гавриш О.А. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша; М-во освіти і науки України, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с. – Мережне електронне навчальне видання.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту

n/n	***Техніко-економічні характеристики ідеї***	***(потенційні) товари/концепції конкурентів***				***W (слабка сторона)***	***N (нейтральна сторона)***	***S (сильна сторона)***
		Мій проєкт	*Конкурент1*	*Конкурент 2*	*Конкурент 3*			
1.	Швидкість конвеєра при змінному навантаженні	Підтримує	Не підтримує	Підтримує	Не підтримує			S
2.	Потужність двигуна підлаштовується автоматично	Підтримує	Частково	Підтримує	Частково			S
3.	Енергоефективність при великих навантаженнях	Висока	Середня	Низька	Середня			S

4.	Стабільність швидкості незалежно від ваги вантажу	Висока	Низька	Середня	Низька			S
5.	Вартість установки та обслуговування	Вища за середню	Середня	Низька	Середня	W		
6.	Гнучкість налаштування під різні типи вантажів	Висока	Низька	Середня	Низька			S
7.	Технологічна складність (управління та автоматика)	Висока	Середня	Низька	Середня			
8.	Надійність системи в умовах постійної роботи	Висока	Середня	Низька	Середня			S

Додаток Б

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№	***Потреба, що формує ринок (Базова потреба, яку задовольняє товар)***	***Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)***	***Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів***	***Вимоги споживачів до товару (до продукції / до компанії-постачальника)***
1	Автоматизоване переміщення вантажів на виробництві	Великі промислові підприємства (металургія, хімічна промисловість, тощо)	Високі вимоги до надійності, енергоефективності; стандарти безпеки і сертифікації	- Продукт: стабільна швидкість, автоматичне регулювання потужності, висока надійність; - Постачальник: досвід роботи з промисловими підприємствами, гарантійне обслуговування.
2	Транспортування вантажів в умовах обмеженого простору	Логістичні центри та склади	Потреба у гнучкості конфігурації, модульності та	- Продукт: модульність конструкції, компактність,

			мінімізації витрат	легкість обслуговування; - Постачальник: швидка техпідтримка, можливість адаптації під специфічні умови.
3	Зниження витрат на обслуговування та енергоефективність	Середні виробничі підприємства з обмеженими ресурсами	Фокус на економічності, відповідність бюджетам, можливість довгострокового використання	- Продукт: енергоефективність, довговічність, низькі витрати на обслуговування; - Постачальник: конкурентна ціна, можливість лізингу або розстрочки на обладнання.
4	Покращення швидкості та ефективності	Харчова промисловість та підприємств	Стандарти гігієни, особливі вимоги до матеріалів,	- Продукт: матеріали, стійкі до корозії та

	виробничих процесів	а легкої промисловості	простота очищення	легкі в очищенні, безпека; - Постачальник: сертифікація обладнання для харчової промисловості, доступність запасних частин.

Додаток В

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	***В чому проявляється дана характеристика***	***Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)***
Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/монополістична/ чиста	Олігополія: на ринку представлено декілька великих компаній, які пропонують аналогічні конвеєрні системи	Створення унікальних продуктів, інноваційний підхід у розробці та технічній підтримці, співпраця з нішевими сегментами
За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/…	Національний рівень конкуренції: більшість конкурентів діють по всій країні	Зосередження на локальних потребах клієнтів, відкриття сервісних центрів та надання швидкої технічної підтримки
За галузевою ознакою - міжгалузева/внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева конкуренція: основні конкуренти спеціалізуються на автоматизації та конвеєрних системах	Позиціонування продукту на внутрішньогалузевих перевагах, таких як енергоефективність та адаптованість до змінних навантажень
Конкуренція за видами товарів: -	Товарно-видова: конкуренція серед	Підвищення якості та пропозиція розширених

товарно-родова, товарно-видова, між бажаннями	подібних товарів у категорії конвеєрних систем	функцій, таких як інтеграція з IoT, які покращать ефективність використання
За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Нецінова конкуренція: фокус на інноваційності, енергоефективності та зниженні експлуатаційних витрат	Вдосконалення унікальних характеристик продукту, таких як стабільність швидкості під час зміни навантажень
За інтенсивністю - марочна/не марочна	Марочна конкуренція: присутність великих гравців з відомими брендами	Розвиток власного бренду через якісний продукт, маркетинг, репутацію та високу кваліфікацію технічної підтримки

Додаток Д

Таблиця 4.9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку [31]

Особливості конкурентного середовища	***В чому проявляється дана характеристика***	***Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)***
Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Олігополія: на ринку представлено декілька великих компаній, які пропонують аналогічні конвеєрні системи	Створення унікальних продуктів, інноваційний підхід у розробці та технічній підтримці, співпраця з нішевими сегментами
За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/…	Національний рівень конкуренції: більшість конкурентів діють по всій країні	Зосередження на локальних потребах клієнтів, відкриття сервісних центрів та надання швидкої технічної підтримки
За галузевою ознакою - міжгалузева/внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева конкуренція: основні конкуренти спеціалізуються на автоматизації та	Позиціонування продукту на внутрішньогалузевих перевагах, таких як енергоефективність та

	конвеєрних системах	адаптованість до змінних навантажень
Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова, товарно-видова, між бажаннями	Товарно-видова: конкуренція серед подібних товарів у категорії конвеєрних систем	Підвищення якості та пропозиція розширених функцій, таких як інтеграція з IoT, які покращать ефективність використання
За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Нецінова конкуренція: фокус на інноваційності, енергоефективності та зниженні експлуатаційних витрат	Вдосконалення унікальних характеристик продукту, таких як стабільність швидкості під час зміни навантажень
За інтенсивністю - марочна/не марочна	Марочна конкуренція: присутність великих гравців з відомими брендами	Розвиток власного бренду через якісний продукт, маркетинг, репутацію та високу кваліфікацію технічної підтримки

Додаток Е

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	***Фактор конкурентоспроможності***	***Обґрунтування (чинники значущості для порівняння конкурентних проектів)***
1	Енергоефективність	Висока енергоефективність забезпечує зниження експлуатаційних витрат, що особливо важливо для клієнтів у галузях із великим обсягом виробництва та транспортування.
2	Стабільність швидкості конвеєра	Підтримка стабільної швидкості незалежно від навантаження дозволяє уникнути збоїв у процесах виробництва та збільшує продуктивність.
3	Гнучкість у налаштуванні для різних умов	Можливість адаптації конвеєра для різних типів вантажів та умов роботи розширює коло потенційних клієнтів і дозволяє обслуговувати більші сегменти ринку.
4	Надійність і довговічність	Надійність обладнання та його стійкість до зношування знижують потребу в частому обслуговуванні і підвищують загальну лояльність клієнтів.
5	Післяпродажне обслуговування та технічна підтримка	Швидка підтримка, гарантійне та післягарантійне обслуговування сприяють підвищенню задоволеності

		клієнтів і є вагомим чинником у ринковій конкуренції.
6	Відповідність стандартам і сертифікація	Наявність сертифікації та відповідність міжнародним стандартам підвищують довіру клієнтів, розширюючи можливості експорту та доступу на нові ринки.

Додаток Ж

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

№	***Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки***	***Ймовірність отримання ресурсів***	***Строки реалізації***
1	Проведення активної рекламної кампанії для створення обізнаності про продукт. Встановлення початкових партнерств із постачальниками та логістичними компаніями.	Висока	3-6 місяців
2	Розробка пілотної версії продукту з подальшим тестуванням у вибраних клієнтів. Участь у виставках та ярмарках для демонстрації продукту потенційним замовникам.	Середня	6-12 місяців
3	Вихід на ринок через співпрацю з великим партнером, який вже має канали збуту. Інтеграція продукту у систему автоматизації існуючого партнера.	Висока	12-18 місяців
4	Залучення додаткових інвестицій для розширення виробництва та розширення географічного покриття.	Низька	18-24 місяці

	Підвищення надійності та модернізація обладнання.		
5	Створення програмного забезпечення для оптимізації роботи конвеєра, яке може пропонуватися як додатковий продукт або сервіс. Просування продукту через онлайн-платформи.	Середня	6-12 місяців

Додаток К

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	***Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів***	***Готовність споживачі в сприйняти продукт***	***Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)***	***Інтенсивність конкуренції в сегменті***	***Простота входу у сегмент***
1	Великі виробничі підприємства, які потребують автоматизації перевезення вантажів	Висока	Високий	Середня	Середня
2	Логістичні компанії, які займаються обробкою великих обсягів вантажів	Середня	Середній	Висока	Низька
3	Склади ритейлерів,	Висока	Високий	Середня	Висока

	де потрібна оптимізація внутрішніх процесів				
4	Малі підприємства із середнім обсягом виробництва	Низька	Низький	Низька	Висока
5	Аграрні підприємства, які потребують транспортування сипких матеріалів	Середня	Середній	Низька	Середня

Додаток Л

Таблиця 4.20. Формування системи збуту

№	***Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів***	***Функції збуту, які має виконувати постачальник товару***	***Глибина каналу збуту***	***Оптимальна система збуту***
1	Клієнти купують конвеєри для великих виробничих ліній, де важлива висока точність та надійність.	Технічна консультація, проектування, доставка, монтаж, гарантійне обслуговування.	Прямий канал (без посередників)	Власна система збуту з урахуванням технічної підтримки та персоналізованих консультацій.
2	Клієнти часто порівнюють різні варіанти та вибирають за параметрами ціна-якість.	Презентація товару, демонстрація ефективності, реклама, пост-продажне обслуговування.	Прямий канал + дилери	Залучення дилерів для регіональних продажів та доставки.
3	Малий та середній бізнес купує для автоматизації	Обробка замовлень, доставка, консультація по	Прямий канал	Пряма система збуту з регіональними партнерами для

	дрібних і середніх ліній.	встановленню, технічна підтримка.		доставки та монтажу.
4	Великі підприємства замовляють великі партії конвеєрів для комплексних проектів.	Консультації, проектування, забезпечення великих партій, монтаж, гарантія.	Прямий канал + великі посередники	Власна система збуту з великими міжнародними партнерами для реалізації великих контрактів.

Додаток М

Таблиця 4.21. Концепція маркетингових комунікацій

№	***Специфіка поведінки цільових клієнтів***	***Канали комуні-кацій, якими користуються цільові клієнти***	***Ключові позиції, обрані для позиціонування***	***Завдання рекламного повідом-лення***	***Концепція рекламного звернення***
1	Виробничі під-приємства, які потре-бують високо-точних та надійних стрічкових конвеєрів для автома-тизації.	Онлайн-платформи, професійні виставки, B2B-рекламні кампанії, рекомендації партнерів.	Надійність, інноваційні технології, довговіч-ність, підвищення ефектив-ності вироб-ництва.	Підвищити впізнаваність бренду серед великих виробників.	«Збільшуйте продуктивність за допомогою високо-якісних і надійних конвеєрних систем. Обирайте якість, яка відповідає вимогам вашого вироб-ництва»

2	Малі та середні підприємства, які шукають економічно вигідні рішення для автоматизації.	Соціальні мережі, веб-сайт, онлайн-обговорення, email-розсилки.	Доступність, вигідна ціна, простота у використанні та монтажу.	Підкреслити економічну вигоду та зручність використання.	«Автоматизація вашого виробництва за доступною ціною! Простота монтажу та високий рівень надійності»
3	Потенційні дистриб'ютори та дилери конвеєрних систем.	Онлайн-платформи, бізнес-форуми, галузеві виставки, прямі переговори.	Партнерство, вигідні умови для співпраці, підтримка бренду, навчання та супровід.	Заохочення до партнерства, забезпечення стабільних поставок.	«Станьте частиною нашої мережі дистриб'юторів і розвивайте свій бізнес разом із лідером у виробництві конвеєрних систем.»
4	Споживачі, які шукають інноваційні рішення	Професійні журнали, блогери в індустрії,	Технологічні інновації, ефективність,	Позиціонування як технологічно прогресивн	«Модернізуйте ваше виробництво з найно-вішими техноло-

	для модер-нізації своїх вироб-ничих ліній.	конференці ї.	зменшення витрат на експлуа-тацію.	ого виробника.	гіями! Прогресивні рішення для максималь-ного результату.»