

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

_____ М. І. Сіделєв

« __ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
на тему **«АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНВЕЄРНОЇ ДІЛЯНКИ НА**
ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ»

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Здобувач

Дмитро КОЛОДА

«__» _____ 20__ р.

Керівник роботи

к. т. н. , доцент
кафедри

Микола СІДЄЛЄВ

«__» _____ 20__ р.

Консультант

к. т. н. , доцент
кафедри

Анна АЛЕКСЄЄВА

«__» _____ 20__ р.

Миколаїв – 2025

Завдання на виконання кваліфікаційної роботи

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет	Комп'ютерних наук
Кафедра	Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Рівень вищої освіти	Бакалаврський
Освітній ступінь	Бакалавр
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматизації
та комп'ютерно-інтегрованих
технологій

_____ М. І. Сіделєв

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу здобувача

Колоди Дмитра Юрійовича

1. Тема кваліфікаційної роботи «Автоматизована система конвеєрної ділянки на виробництві харчової промисловості» затверджена наказом ректора ЧНУ ім. Петра Могили № 299 від «30» жовтня 2024 р.
2. Строк представлення кваліфікаційної роботи «19» червня 2025 р.
3. Очікуваний результат роботи та початкові дані:

Очікуваним результатом роботи є: реалізація сервопривідного штовхача пакувальної машини. Вхідними даними роботи є: технічні вимоги до функціоналу автоматизованої системи конвеєрної ділянки та специфікації обраного апаратного і програмного забезпечення.

4. Перелік питань, що підлягають розробці:

- аналітичний огляд доступної інформації про автоматизовані конвеєрні системи у виробництві харчової промисловості, включаючи їхнє призначення, типи та значення для оптимізації процесів;
- огляд і аналіз існуючих систем пакування продукції з використанням штовхачів на виробничих ділянках, а також визначення їх переваг та недоліків;
- дослідження роботи пакувальної ділянки з метою визначення ключових параметрів її функціонування;
- розробка необхідних схем: функціональної схеми та блок-схеми алгоритму функціонування пакувальної ділянки, а також електрично-принципової схеми підключення сервопривідного штовхача;
- програмування логіки роботи штовхача та налаштування сервоприводу у програмному середовищі;
- реалізація сервопривідного штовхача у складі автоматизованої пакувальної ділянки загальної системи конвеєрного виробництва.

5. Перелік графічних матеріалів:

- схема технологічного процесу харчового виробництва;
- модифікована схема технологічного процесу харчового виробництва;
- функціональна схема автоматизованої пакувальної машини з інтегрованими вхідними та вихідними конвеєрами;
- блок-схема алгоритму функціонування пакувальної ділянки;
- електрично-принципова схема підключення сервопривідного штовхача.

6. Консультанти:

Консультант	Кафедра (організація)	Частина роботи
Алексєєва А. О. канд. техн. наук, доцент	кафедра екології навчально-наукового медичного інституту ЧНУ імені Петра Могили	Спеціальна частина з охорони праці

Дата видачі завдання «_____» _____ 20____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання кваліфікаційної роботи

Тема: «Автоматизована система конвеєрної ділянки на виробництві харчової промисловості»

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Обговорення пропозицій теми від керівника	23.09.2024	
2	Обговорення із студентом теми, яка вибрана	01.10.2024	
3	Формування завдання, затвердження теми	30.10.2024	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2024	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2024	
6	Виконання першої частини	02.12.2024	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	27.12.2024	
8	Опрацювання другої частини	14.03.2025	
9	Робота над третьою частиною (при наявності)	18.04.2025	
10	Робота над розділом з охорони праці	20.05.2025	
11	Передзахисти	27.05.2025	
12	Передача (ЕВ) кваліфікаційної роботи	19.06.2025	
13	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	20.06.2025	

*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Здобувач

Д. Ю. Колода

«__» _____20__р.

Керівник роботи

канд. техн. наук,

доцент

М. І. Сіделєв

«__» _____20__р.

АНОТАЦІЯ
до кваліфікаційної роботи бакалавра
«Автоматизована система конвеєрної ділянки на виробництві харчової
промисловості»

Студент 471 гр.: Колода Дмитро Юрійович

Керівник: кандидат технічних наук, доцент Сіделєв М.І.

Дана дипломна робота присвячена оптимізації автоматизованої системи конвеєрної ділянки на виробництві харчової промисловості за рахунок впровадження штовхачів із сервоприводом пакувальної машини.

У роботі розглянуто загальні відомості про конвеєрні системи на харчовому виробництві. Визначені можливості технологічного процесу та його вдосконалення, а також був виконаний аналіз існуючих рішень пакувальних машин на підприємствах.

Були розроблені функціональна схема пакувальної машини з інтегрованими вхідними та вихідними конвеєрами, блок-схема алгоритму функціонування пакувальної ділянки, а також електрично-принципова схема підключення сервопривідного штовхача. Здійснено програмування логіки роботи штовхача та виконано налаштування сервоприводу.

Реалізовано сервопривідний штовхач пакувальної машини за принципом абсолютного позиціонування з метою підвищення продуктивності загальної системи автоматизації конвеєрного виробництва.

Кваліфікаційна бакалаврська робота викладена на 99 сторінках (без додатків), містить 4 розділи, 36 рисунків, 5 таблиць, 5 схем та 41 джерело посилання.

Ключові слова: *автоматизовані конвеєрні системи, харчове виробництво, технологічний процес, пакувальна ділянка, сервопривідний штовхач, TIA Portal.*

ABSTRACT
of the Bachelor`s Thesis
«Automated conveyor section system in the food industry»
Student of group 471: Koloda Dmytro Yuriyovich
Supervisor: PhD., Docent Siddelev N. I.

This thesis is devoted to optimizing the automated conveyor section system in the food industry by introducing pushers with a servo drive of a packaging machine.

The paper considers general information about conveyor systems in the food industry. The possibilities of the technological process and its improvement were determined, as well as the analysis of existing solutions of packaging machines at Enterprises was carried out.

A functional diagram of a packaging machine with integrated input and output conveyors, a block diagram of the algorithm for the operation of the packaging section, as well as an electrical circuit diagram for connecting a servo Pusher were developed. Programming of the pusher Operation Logic was performed and the servo was configured.

The servo-driven pusher of the packaging machine is implemented on the principle of absolute positioning in order to increase the productivity of the overall automation system of conveyor production.

The paper consists of 99 pages (excluding appendices), contains 4 sections, 36 figures, 5 tables, 5 schemes and 41 references.

Keywords: *automated conveyor systems, food production, technological process, packaging section, servo pusher, TIA Portal.*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК АВТОМАТИЗОВАНИХ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	6
1.1 Загальні відомості про конвеєрні системи та їх застосування на ділянках харчової промисловості.....	6
1.2 Аналіз технологічного процесу конвеєрних систем	11
1.3 Місце пакувальних машин в конвеєрних системах харчової промисловості.....	13
1.4 Огляд існуючих автоматизованих пакувальних машин на підприємствах .	22
1.5 Завдання до проєктування.....	28
Висновки до розділу 1	29
2 УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНВЕЄРНОЇ СИСТЕМИ	30
2.1 Шляхи вдосконалення та оптимізація конвеєрних систем.....	30
2.2 Опис логіки роботи вхідних та вихідних конвеєрів пакувальної ділянки ...	32
2.3 Розробка функціональної схеми пакувальної машини з інтегрованими вхідними та вихідними конвеєрами	37
2.4 Створення блок-схеми алгоритму функціонування пакувальної ділянки ...	40
Висновки до розділу 2	46
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ШТОВХАЧА ПАКУВАЛЬНОЇ МАШИНИ.....	47
3.1 Визначення та обґрунтування основних компонентів сервопривідного штовхача.....	47
3.2 Розробка електрично-принципової схеми підключення сервопривідного штовхача.....	56
3.3 Вибір програмного забезпечення	59
3.4 Програмування та налаштування основного механізму штовхача в ТІА Portal	60

3.5 Впровадження НМІ дисплеїв.....	68
Висновки до розділу 3	71
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	72
4.1 Аналіз стану охорони праці у харчовій галузі	73
4.1.1 Загальні принципи та нормативне регулювання охорони праці у харчовій промисловості.....	73
4.1.2 Специфічні загрози та ризики у виробничих процесах харчової промисловості.....	76
4.1.3 Гігієнічні вимоги та санітарні норми як складова охорони праці у харчовій галузі.....	77
4.2 Забезпечення охорони праці при експлуатації автоматизованих конвеєрних систем на підприємствах харчової промисловості	80
4.2.1 Потенційні небезпеки та ризики, пов'язані з експлуатацією автоматизованих конвеєрних систем у харчовій промисловості.....	80
4.2.2 Технічні засоби забезпечення безпеки праці на автоматизованих конвеєрних ділянках	81
4.2.3 Організаційні та профілактичні заходи щодо забезпечення безпеки праці при роботі з автоматизованими конвеєрними системами	83
Висновки до розділу 4	84
ВИСНОВКИ.....	86
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	88

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ПЛК	—	програмований логічний контролер
HMI	—	людино-машинний інтерфейс
MCS	—	система з кількома несучими
ШІ	—	штучний інтелект
RFID	—	мініатюрний запам'ятовуючий пристрій
SCADA-система	—	програмно-апаратний комплекс, призначений для управління та збору даних у реальному часі
ZPA-логіка	—	логіка безконтактного накопичення
LAD	—	графічна мова програмування, заснована на принципах релейно-контактних схем
FBD	—	графічна мова програмування, заснована на функціональних блоках
SCL	—	мова програмування, заснована на структурованому тексті
STL	—	текстова мова програмування
ГДК	—	гранично допустимі концентрації
КМУ	—	Кабінет Міністрів України
ДСанПіН	—	Державні санітарні правила і норми
МОЗ	—	Міністерство охорони здоров'я
ДСТУ	—	Державні стандарти України

ВСТУП

У сучасному світі автоматизація виробництва – це ключ до успіху підприємств, що масово випускають та упаковують продукцію. Зростаючі вимоги до швидкості, точності та ефективності створюють необхідність впровадження сучасних технологічних рішень, які підвищують продуктивність та забезпечують стабільну якість продукції. Одним із таких рішень є використання автоматизованих систем із сервоприводами, які гарантують високу точність управління, плавність рухів та гнучкість адаптації до різних виробничих обставин.

Актуальність теми полягає в тому, що сучасні підприємства харчової промисловості активно впроваджують автоматизовані системи для оптимізації технологічного процесу, мінімізації людського фактора і підвищення ефективності виробництва.

Метою роботи є підвищення продуктивності конвеєрної системи на виробництві харчової промисловості за рахунок використання штовхачів із сервоприводом пакувальної машини на основі абсолютно-координованого алгоритму позиціонування.

Об'єктом дослідження є процес автоматичного пакування продукції на виробничих лініях, технічні засоби автоматизації ділянок конвеєра та вплив використання пакувальних машин на ефективність виробничого процесу.

Предметом дослідження є автоматизована система керування конвеєрною ділянкою з пакувальною машиною на виробництві харчової промисловості.

Практична цінність роботи полягає в можливості впровадження розробленої системи автоматизації на підприємствах різної промисловості, що дозволить підвищити ефективність процесу пакування, знизити виробничі витрати та покращити загальну якість продукції.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК АВТОМАТИЗОВАНИХ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1 Загальні відомості про конвеєрні системи та їх застосування на ділянках харчової промисловості

Конвеєрні системи – це автоматизовані чи напіваавтоматичні рішення, що застосовуються для транспортування сировини, продукції або компонентів між різними пунктами в рамках виробничого циклу. Ці системи ефективно переміщують товари в межах виробничих ліній, оптимізуючи робочі процеси та покращуючи продуктивність.

Ключова функція конвеєрів – не лише переміщення, а й підтримка безперервного виробництва та раціональне використання ресурсів. Автоматизуючи транспортування матеріалів, конвеєрні системи забезпечують більш синхронізований виробничий процес. Звідси вони зменшують переривання та час простою, що сприяє збільшенню обсягів виробництва та можливій економії коштів.

Основний принцип роботи конвеєрних систем полягає у підтримці безперервного виробництва. Обладнання розташовується у чіткій логічній послідовності. Це необхідно для ефективного транспортування сировини та матеріалів через усі стадії виробничого циклу. Ефективність усієї виробничої лінії визначається безпроблемним переміщенням матеріалів між етапами обробки. Саме конвеєри виступають ключовою ланкою у забезпеченні цього процесу, тим самим становлячись базовим компонентом сучасних виробничих процесів [1].

Підприємства, які використовують конвеєрні лінії для вдосконалення процесів, є основою сучасного ефективного виробництва. Їх ключова мета полягає в поєднанні безперервного переміщення товарів, завдяки конвеєрним

системам з чіткими та оптимізованими діями. Головне завдання такого методу – досягнення найвищої продуктивності, та скорочення витрат часу та ресурсів до мінімуму. А ще, це гарантування відповідності якості фінального виробу стандартом.

Фундаментом оптимізованого конвеєрного виробництва є детальна розробка технологічного процесу. Конвеєрна система забезпечує безперервне та ритмічне переміщення матеріалів між етапами, усуваючи зайві переміщення та час очікування. Швидкість конвеєра та тривалість кожної операції точно узгоджуються, отримуючи максимальну пропускну здатність лінії.

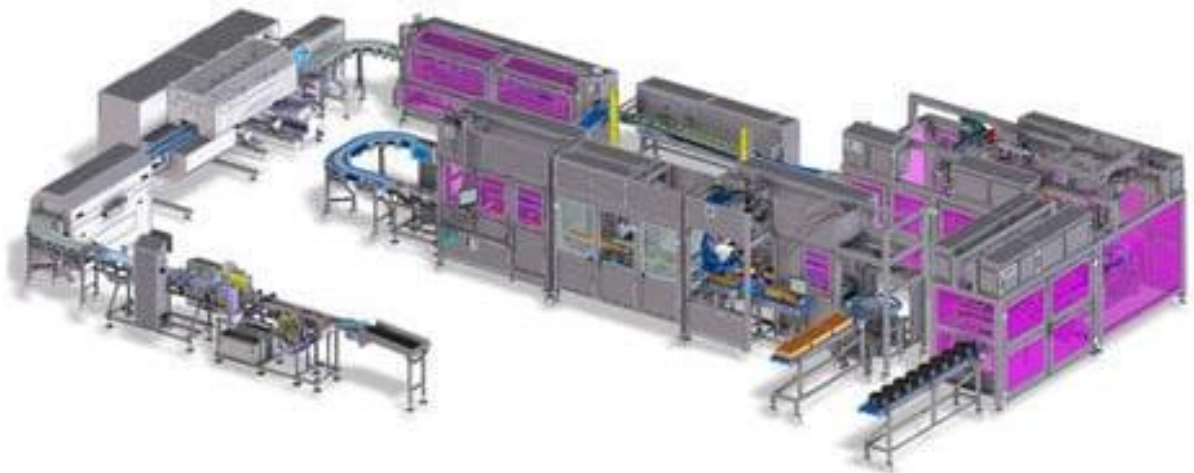


Рисунок 1.1 – Приклад конвеєрної системи на харчовому виробництві

Конвеєрні системи, що використовуються у харчовій галузі (рисунок 1.1), ставлять на перший план вимоги гігієни та чистоти. Це спонукає до застосування особливих та легких у догляді матеріалів (наприклад, нержавіюча сталь або харчовий пластик). Різноманітність виробничих процесів зумовлює потребу в адаптації конвеєрів для переміщення різних видів продукції. А саме: сипких, рідких, густих і штучних. Також для їхнього інтегрування з іншим

технологічним обладнанням для обробки, контролю якості, фасування, пакування тощо.

Врахування особливостей їжі – важливий нюанс. Він включає в себе липкість, ламкість, вміст вологи й температурні умови. Це впливає на вибір матеріалів стрічок та конструкцію конвеєрів. Безпечність продуктів харчування є першочерговою метою, тому конвеєрні системи мають відповідати нормам, знижуючи загрози забруднення [2].

Використання конвеєрних систем у харчовій промисловості кардинально збільшує ефективність. Це відбувається за рахунок автоматизації переміщення сировини та виробленої продукції. Як результат, спостерігається зростання обсягів випуску, пропускної спроможності та відбувається оптимізація всього виробничого процесу. Введення конвеєрів суттєво покращує безпеку праці. Зменшується потреба у ручному підніманні і перенесенні важких предметів. Звідси знижується вірогідність травмування працівників.

Використання конвеєрних систем зумовлює суттєве зменшення витрат на заробітну плату, оскільки для переміщення матеріалів потрібно менше робітників. Автоматизовані системи здатні працювати безперервно, що гарантує довготривалу економію фінансів. Спеціально спроектовані конвеєри для харчової промисловості відчутно покращують санітарію. Це сприяє зменшенню ймовірності забруднення їжі, а також відповідає встановленим санітарним нормам.

Однією з головних переваг конвеєрних систем є їхня універсальність. Вони здатні переміщувати великий асортимент харчових продуктів. Їх легко пристосовувати до специфічних вимог виробництва, враховуючи зміни висоти та траєкторії руху. Модульна конструкція дозволяє адаптувати обладнання до змінних потреб різних галузей харчової промисловості [3].

Попри значущі переваги, конвеєрні системи у харчовій галузі також мають певні недоліки та потенційні складнощі. Зокрема, слід звернути увагу на ризики

забруднення. Залишки їжі можуть викликати різні труднощі, а відкритість конвеєрів робить можливим попадання пилу та іншого забруднення з атмосфери. До того ж, скупчення пилу від порошкоподібних речовин може створити загрозу вибухів, а поверхні конвеєрів загалом можуть бути місцем поширення мікробів, якщо не дотримуватися необхідних правил гігієни.

Найбільш актуально це у конвеєрних системах, де важкодоступні місця сприяють накопиченню забруднень. Інтенсивне очищення стрічок може викликати відчутні простої та збільшення витрат. Особливо, якщо системи не враховують простоту санітарної обробки. Механічні складові конвеєрних установок підлягають зношенню, що вимагає періодичних перевірок та заміни комплектуючих.

А такі негаразди, як пошкодження стрічки та заклинювання, потребують безупинної технічної підтримки. Зокрема змащування рухомих деталей, аби гарантувати надійну роботу, звести до мінімуму простої та запобігти загрозам безпечності продуктів. Первинні витрати на конвеєрні системи, особливо на автоматизовані, можуть бути значущими, що є суттєвим аспектом для малих підприємств [4].

Типи застосовуваних конвеєрних систем:

У харчовій промисловості найчастіше застосовують декілька ключових видів конвеєрних систем. До них входять: стрічкові, у тому числі модульні конвеєри, ковшові елеватори, сортуючі конвеєри, роликові, ланцюгові і спіральні конвеєри (рисунки 1.2). Кожен з цих типів має свою унікальну конструкцію та механізми. Вони призначені для обробки певних видів продуктів харчування, або для забезпечення конкретних вимог до транспортування на різних етапах виробництва.



Рисунок 1.2 – Типи застосовуваних конвеєрів: стрічкові, ковшові та сортуючі

Різноманіття видів конвеєрів дає змогу виробникам харчової продукції обирати засоби транспортування матеріалів, орієнтуючись на специфіку своїх потреб. Різні чинники, зокрема фізичний стан харчового виробу (наприклад, твердий, рідкий, порошкоподібний). Його тендітність, чутливість до температурних змін – все це має вплив на визначення оптимальної конвеєрної системи.

Стрічкові транспортери набули широкого застосування для переміщення, зокрема сипких продуктів. Вони є частиною технологічних процесів з упакованими виробами у пекарнях та кондитерських. У м'ясокомбінатах та птахофабриках їх задіюють на різних стадіях, починаючи від обробки сирих заготовок, закінчуючи переміщенням готової продукції. Пневматичні транспортери гарно підходять для роботи з легкими, сухими та сипучими речовинами. Це може бути зерно, борошно або цукор, використовуючи тиск повітря.

Вони здатні переміщувати вантажі на далекі відстані й обходити перешкоди, функціонуючи як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах. Роликові конвеєри відмінно підходять для транспортування тари, коробок та

піддонів з фасованими харчовими продуктами. Їх широко застосовують на складах, у логістичних центрах та в пакувальних відділеннях [5].

Згадані системи транспортування продукції відіграють роль зв'язків між різними стадіями виробничого циклу. Вони гарантують безперервне переміщення продукції до ключових функціональних компонентів. Якщо візьмемо до уваги пакувальну ділянку, то стрічкові конвеєри здебільшого застосовують для акуратного та безперервного транспортування товарів. До пакувальних машин та від них. Роликові конвеєри часто використовують на фінальній стадії, вже для переміщення запечатаних коробок та пакувань. Ефективне інтегрування конвеєрних систем із пакувальним обладнанням забезпечує максимальну продуктивність та мінімізує періоди зупинки на автоматизованих виробничих лініях [6].

1.2 Аналіз технологічного процесу конвеєрних систем

Розробка й оптимізація технологічного процесу харчового виробництва з застосуванням конвеєрних систем – надзвичайно важливий етап. Конвеєрні системи використовуються практично на всіх стадіях виробництва: від транспортування сировини до пакування готової продукції. Схему технологічного процесу харчового виробництва можна побачити на рисунку 1.3. Сам технологічний процес виглядає наступним чином:

1. Приймання, підготовка та первинна обробка сировини:

В першу чергу, конвеєрні системи застосовуються для переміщення сировини (наприклад, зерна, овочів, фруктів, м'яса) з точок їх надходження до місць первинної обробки. Цього можна досягнути за допомогою стрічкових конвеєрів для сипких вантажів або роликових конвеєрів для ящиків чи контейнерів. Існують також спеціалізовані транспортувальні системи, пристосовані для певних видів сировини (наприклад, пневматичні транспортери для борошна).

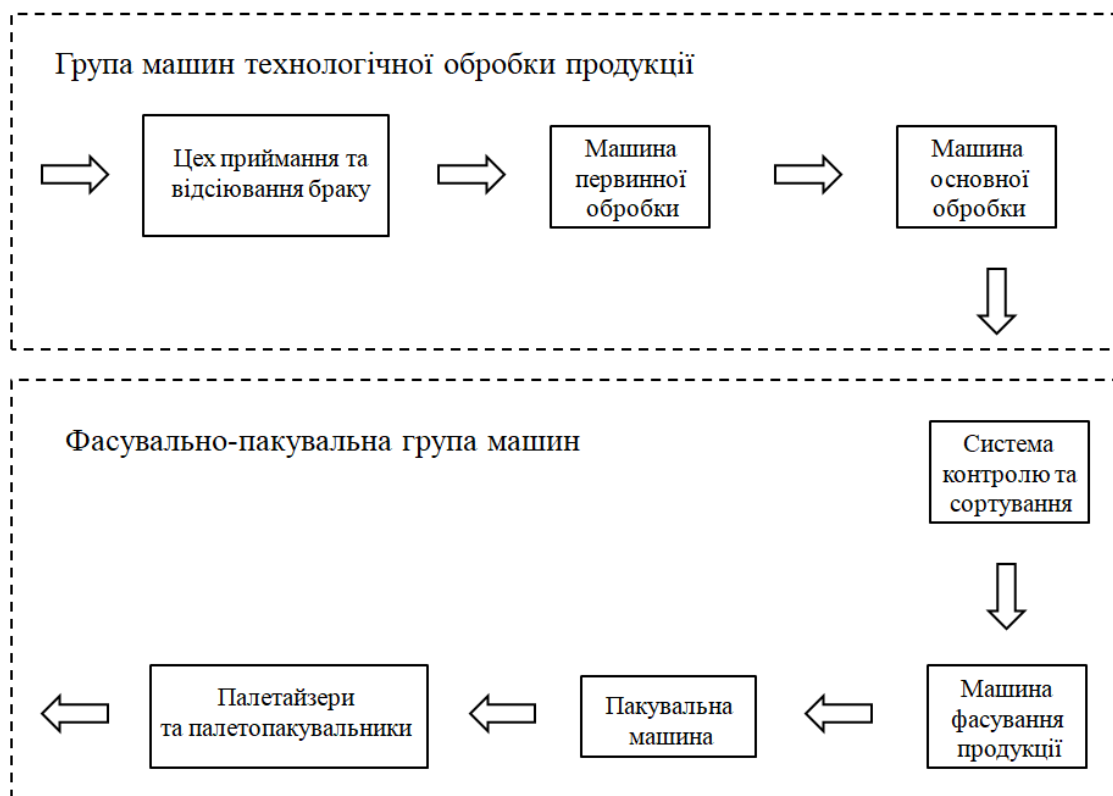


Рисунок 1.3 – Схема технологічного процесу харчового виробництва

2. Основні технологічні процеси переробки:

Після первинної обробки, сировина потрапляє на основні технологічні етапи обробки. Все залежить від типу харчового продукту (термічна обробка, змішування, подрібнення, ферментація тощо). Автоматизовані системи транспортують напівфабрикати між різними машинами та агрегатами. Конвеєри узгоджують активність та оптимізують час, який продукт проводить на кожному етапі обробки.

3. Контроль та сортування готової продукції:

Коли готова продукція проходить з основних технологічних ліній, вона піддається контролю якості. Датчики та спеціалізовані пристрої в режимі реального часу допомагають перевіряти відповідність продукції заданим параметрам. Невідповідні продукти автоматично відводяться або видаляються з основного потоку.

4. Автоматизоване пакування:

Після фасування, готова продукція транспортується до пакувальної машини за допомогою конвеєрної системи. Пакувальна машина виконує остаточний процес пакування. Продукція, що надходить на конвеєр, розташовується перед зоною пакування. Потім сервопривідний штовхач, керований точною системою керування, штовхає їх у кінцеву пакувальну коробку. Вона може бути попередньо сформована та доведена до місця наповнення іншою секцією пакувальної машини.

Потім, після заповнення, коробка буде транспортуватися іншою частиною конвеєрної системи до етапів запечатування, палетування, маркування або подальшого зберігання [7].

1.3 Місце пакувальних машин в конвеєрних системах харчової промисловості

Пакувальні машини – невід'ємна частина конвеєрних систем у харчовій промисловості, яка забезпечує автоматизацію та оптимізацію кінцевих етапів виробництва. Їхнє основне призначення – це точне та ефективне пакування готової продукції.

Картонажна машина або картонер – це пакувальна машина, яка формує картонні коробки (наприклад, вертикальні, щільно складені, з боковим швом, запечатані тощо). Далі вона запаковує певну продукцію у них та запечатує коробки [8].

Оскільки машина повністю автоматизована, більшість елементів керування знаходяться під комп'ютерною системою керування, яка регулює її роботу.

Принцип роботи картонерів:

Картонери придатні для використання різних видів картонних коробок, завантажуючи товари всередину декількома способами та маючи різні конфігурації залежно від бажаного кінцевого результату.

Основні типи картонажних машин:

- горизонтальний картонер;
- формувально-закривальні машини.

Незважаючи на різні конфігурації та принципи роботи, дещо можна розпізнати у обох машинах. Зображено на рисунках 1.4–1.5:

1. Магазин: станція, де складаються початкові коробки;
2. Формування картону: система формування картону;
3. Завантаження продуктів: пакетики/товари вкладаються в коробки;
4. Кодування: система кодування для друку змінних даних на коробці;
5. Закриття коробки: система закриття країв;
6. Вихід коробки: конвеєрна стрічка або відповідна система для транспортування готових коробок.

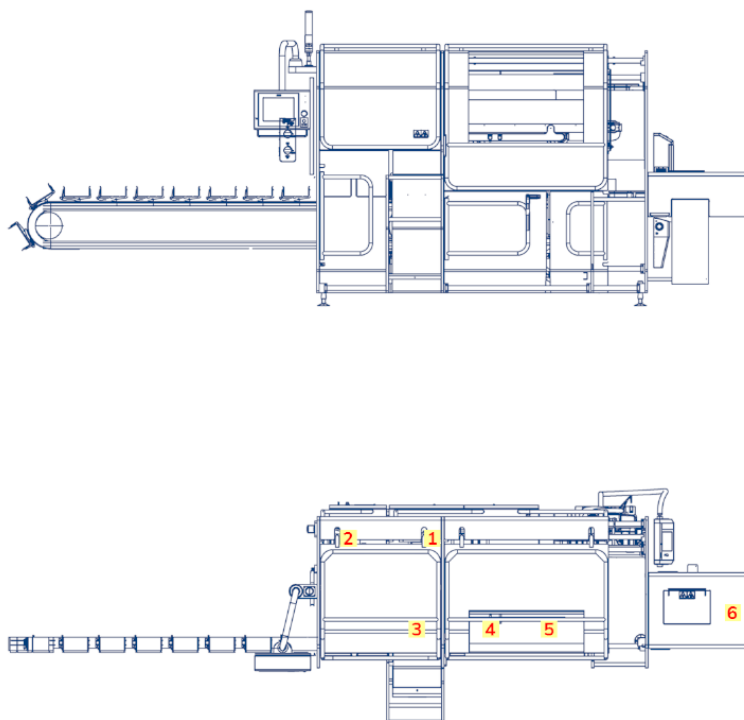


Рисунок 1.4 – Горизонтальний картонер

Горизонтальні картонажі працюють із попередньо склеєними коробками. Принцип роботи полягає в наступному: складена коробка відкривається та

транспортується до станції завантаження. Там продукти ланцюгом подаються та завантажуються в коробки. Краї картону остаточно закриваються, заправляються або клеяться.

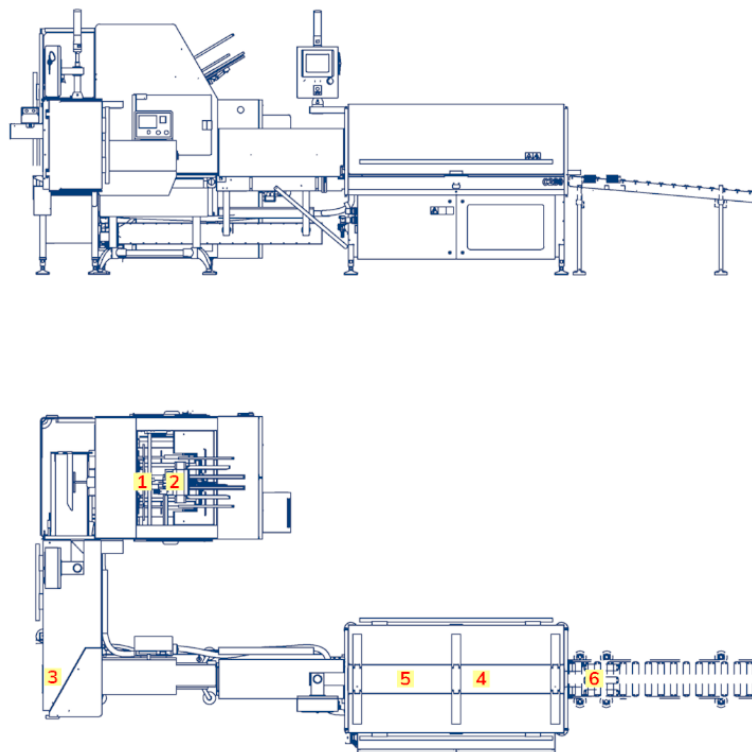


Рисунок 1.5 – Формувально-закривальна машина

Формувально-закривальні машини працюють із попередньо вирізаними плоскими заготовками. Принцип роботи полягає в наступному: попередньо вирізана коробка формується за допомогою прес-форми. Далі вона фіксується та переміщується до станції завантаження, де завантажуються товари. Краї картону (зазвичай верхні краї) остаточно закриваються [9].

Використання автоматизованих картонажних машин:

Автоматизований картонер має широкий функціонал. Деякі з основних застосувань включають:

- упаковка вертикальних та горизонтальних продуктів;
- автоматичне складання та транспортування картонних коробок;
- категоризація та подача картонних матеріалів і продуктів у систему;

- формування картонних коробок із заготовок, щоб вони могли стояти прямо для зручного пакування продукту;
- введення продукту в коробки або пакування продуктів у коробку;
- складання верхніх рукавів коробки;
- бічне зшивання стиків коробки за допомогою різних матеріалів, таких як скоби або клей;
- запечатування коробки для готовності до зберігання або транспортування;
- друк етикеток на картоні.

Модифікації автоматизованих картонерів:

1. Автоматизована картонувальна машина безперервного режиму (Continuous Motion):



Рисунок 1.6 – Автоматизована картонувальна машина безперервного режиму

Також відома як високошвидкісна картонувальна машина (рисунок 1.6). Призначена для високошвидкісних виробничих ліній, в основному для твердих товарів і коробок правильної форми. Використовує пневмо-фото-електро-механічний механізм для забезпечення високої швидкості роботи. У

безперервних картонажних машинах застосовується абсолютний принцип позиціонування, часто у поєднанні із синхронізацією руху.

Переваги:

- дуже висока швидкість роботи, що дозволяє збільшити випуск картону;
- висока точність, що підвищує ефективність картонування;
- потребує мінімальних або взагалі не потребує спеціальних операцій з обробки, що знижує виробничі витрати;
- прогресивний ланцюг, що полегшує виконання процедур упаковки;
- значна економія часу завдяки високій швидкості.

Недоліки:

- обмежує використання твердими товарами та коробками правильної форми;
- висока початкова вартість придбання та встановлення;
- висока швидкість картонування не передбачає цикл упаковки (тобто, не зупиняється для кожної коробки).

Основні характеристики:

- має чутливі датчики, які автоматично зупиняють машину за певних умов (відсутність продукту, листівки, коробки, низьке навантаження, тощо);
- має задній штовхач для зручніших операцій;
- наявна шкала дискової пластини для легкої та швидкої зміни розмірів за допомогою маховика;
- має захисний пристрій головного приводу у разі перевантаження;
- система завантаження з сервоприводом.

Принцип роботи:

Процес починається із встановлення коробки, яка переміщується в машину за допомогою направляючої рейки та штовхаючої пластини. Тут, на кожному етапі руху, використовується принцип абсолютного позиціонування. Система управління машини завжди точно знає фізичне місцезнаходження коробки та

кожного механізму в просторі. Далі машина встановлює та відкриває коробку, а пневматична система забезпечує всмоктування та закриття її нижньої частини. Після цього, підготовлена коробка переходить у зону завантаження на конвеєрі. На наступному етапі механічна система, завдяки позиціонуванню, точно завантажує продукти всередину коробки. Далі вона транспортується в зону згинання. Там машина автоматично згинає праві та ліві вушка коробки. Це відбувається одночасно, за допомогою обертового руху. В цьому допомагають штовхаючі пластини та двигуни з кулачковою муфтою.

Далі відбувається запечатування коробок. Машина закриває язичок коробки та надійно фіксує її, використовуючи склеювання або скріплення пломб за вибором. На завершальному етапі машина проводить перевірку цілісності коробок, відокремлюючи якісні від бракованих. Потім коробки надходять у зону друку, де струменевий принтер наносить етикетки та дати. Після цього процесу коробки повністю готові до зберігання та подальшого транспортування.

2. Автоматизована картонувальна машина переривчастого режиму (Intermittent Motion):



Рисунок 1.7 – Автоматизована картонувальна машина переривчастого режиму

Схожа на машину безперервного режиму, але працює приблизно в 150 разів повільніше (рисунок 1.7). Використовується для карток з ліками, пляшок, лотків для ін'єкцій, мазей, пігулок або прямокутних виробів. На відміну від безперервних, в цих машинах використовуються принципи, які враховують циклічну зупинку та відновлення руху. Як і в безперервних машинах, в основі лежить абсолютне позиціонування, його реалізація відрізняється.

Переваги:

- має цикл упаковки, що дає можливість створювати різні форми та розміри коробок;
- повністю автоматизована, що дозволяє контролювати більшість операцій за допомогою комп'ютерної системи;
- ефективна, швидка та точна, що значно економить час порівняно з напівавтоматичними машинами;
- не потребує великої кількості кваліфікованої робочої сили, що знижує загальну вартість виробництва;
- стабільна в роботі та легко регулюється системою.

Недоліки:

- повільніша порівняно з автоматичною картонувальною машиною безперервного режиму;
- дорога, особливо на початкових етапах придбання та встановлення.

Основні характеристики:

- регульований серводвигун, який допомагає в подачі матеріалів та упаковці коробок;
- автоматична система керування ПЛК з сенсорним інтерфейсом.
- система фотоелектричного моніторингу та виявлення, яка забезпечує захист від перевантаження, виявлення та індикацію несправності машини;
- може виявляти різні розміри картону в певному діапазоні без заміни деталей;

- інноваційна система безпеки, яка підвищує безпеку машини.

3. Вертикальна автоматизована картонувальна машина (Vertical Automatic):

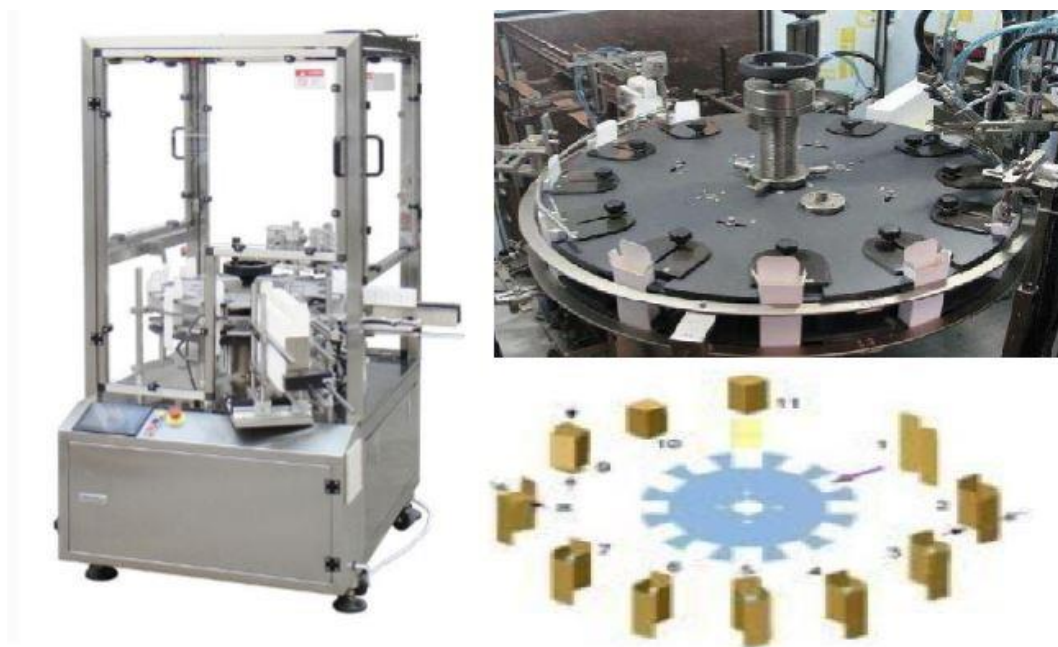


Рисунок 1.8 – Вертикальна автоматизована картонувальна машина

Ця машина здатна обробляти широкий спектр продуктів. Особливо ідеально підходить для обробки банок та пляшок (рисунок 1.8). Також може використовуватися для фармацевтичної, косметичної та харчової промисловості. Ці машини також опираються на принцип абсолютного позиціонування. Однак, через їх вертикальну орієнтацію і часте використання переривчастого режиму роботи, цей принцип реалізований з деякими видозмінами.

Переваги:

- може приймати принципи роботи як періодичного, так і вертикального картонування;
- має доступну робочу станцію, яку можна використовувати для інших функцій картонування;
- відкрита структура машини полегшує очищення;

- вертикальна орієнтація охоплює дуже мало місця, звідси потрібен невеликий простір для розміщення машини;
- вертикальна система подачі продукту знижує ризик пошкодження продукту, забезпечуючи безпеку продукту.

Недоліки:

- налаштування всієї машини на початкових етапах є дорогим, оскільки придбання машини дороге;
- може знадобитися більше часу для навчання співробітників, якщо машина не має системи керування НМІ;
- існує небезпека падіння предметів зверху вниз, що вимагає додаткових заходів безпеки.

Основні характеристики:

- має різні електричні компоненти, такі як: система керування ПЛК, НМІ для керування та горизонтальна орієнтація для підвищення стабільності;
- має сенсорний екран для відображення проблем та подачі сигналів тривоги.

Принцип дії:

В першу чергу, машина через систему подачі вибирає чисті картонні коробки з секції пустих коробок. Після цього, штовхальна пластина та напрямні рейки допомагають відкривати коробку. Як тільки коробка знаходиться під прямим кутом, вона переходить до зони завантаження. У цей момент машина завантажує продукти в коробку і штовхає їх до зони складання. Натискаючи пластина перевертає коробку, тим самим закриваючи нижній кінець і вушка верхнього кінця коробки.

Машина також використовує обертальний рух, щоб повністю скласти та притиснути вуха коробки. Тим самим вона не залишає жодного неповерненим. Далі згинає коробку до язика, а потім штовхає її за допомогою штовхальної пластини.

4. Повністю автоматична картонувальна машина (Fully Automatic):

Цей тип охоплює всі операції автоматичної картонувальної машини. Перевіряє цілісність картону та включає такі елементи, як струменеві принтери, системи склеювання гарячим клеєм, системи вставки брошур тощо. Її процеси залежать від блоку комп'ютерного керування. Звідси мінімальна допомога людини.

Повністю автоматична картонувальна машина використовує комплексний підхід, ґрунтуючись на безперервному та дуже точному абсолютному позиціонуванні всіх компонентів. Має тісну синхронізацію рухів, автоматизований зворотній зв'язок та програмну гнучкість.

Така машина використовується для упаковки флаконів, складання та транспортування листівок, класифікації та подачі матеріалів, формування коробок. Також для закриття нижньої частини, пакування продуктів, складання верхніх рукавів, запечатування тощо [10].

1.4 Огляд існуючих автоматизованих пакувальних машин на підприємствах

1. Пакувальна машина від ECONO-PAK

Горизонтальна машина для пакування в картонні коробки НК-S з сервокеруванням (рисунок 1.9) від компанії ECONO-PAK. Вона акуратно переміщує чутливі до подряпин тюбики продукції в картонні коробки. Система забезпечує надійне пакування з високою пропускну здатністю.

Оператори пакувальних машин мають чіткі вимоги до системи: вона повинна бути міцною, надійною та компактною. Також повинна забезпечувати високу пропускну здатність і легко керуватися. Вона вражає своєю компактністю та процесом пакування. Машина здатна акуратно упакувати до 120 тюбиків в складні коробки за одну хвилину.



Рисунок 1.9 – Горизонтальна пакувальна машина HK-S-Plug-in від ECONO-PAK

У процесі пакування важливо, щоб пакувальна машина і MCS (система з кількома несучими) працювали разом, у «гармонії». Оскільки від цього залежить ефективність машини. На стадії 1, конвеєр точно і паралельно транспортує тюбики на двох лініях до носіїв заготовок. Під час процесу завантаження носії зупиняються таким чином, щоб передача могла відбутися без пошкоджень. Потім носії прискорюються, щоб компенсувати втрачений час. Синхронізація проходить з точністю до швидкості паралельної роботи пакувальної машини та штовхача. Тюбики подаються на лінію пакування через шлюз і безперервно пакуються. Носії рухаються по конвеєру абсолютно без ривків і з мінімальною вібрацією.

На стадії 2, в зоні подачі, штовхачі продукту проштовхують тюбик через лотки для продуктів у картонні коробки (рисунок 1.10). Важливо, щоб носії були повністю синхронізовані зі штовхачем на цій ділянці, щоб уникнути зіткнень між тюбиком та коробкою. Як тільки штовхач продукту вийде із верхньої частини лотка, носій відновлює свою власну швидкість.



Рисунок 1.10 – Просування штовхачем тюбиків у коробки

Вертикальний зворотний рух носіїв дає простір і забезпечує компактну конструкцію системи. Важливо додати, що носії повертаються через зубчастий ремінь із сервокеруванням. Це означає, що несучий привід не залежить від технології лінійного двигуна в цій секції. Це знижує експлуатаційні витрати та підвищує ефективність управління системою [11].

2. Горизонтальна пакувальна машина від iXARACK GLOBAL

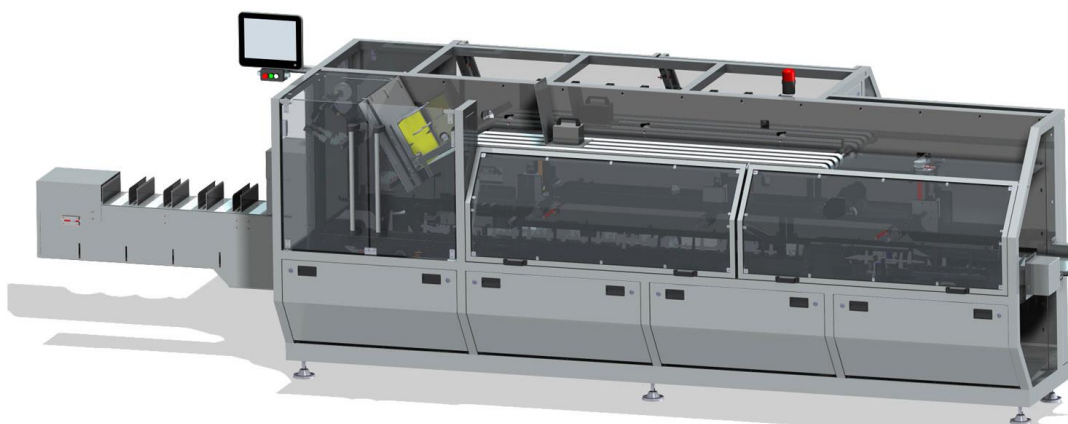


Рисунок 1.11 – Горизонтальна пакувальна машина від iXARACK GLOBAL

За концепцією iXAPACK GLOBAL, дана машина дозволяє створювати упаковки на базі картонних плоских заготовок і автоматично укладати продукт у картонну тару. Також вона закриває вже готове пакування (рисунок 1.11).

За допомогою проштовхування продукту в картонну тару, машина може упаковувати різні продукти будь-якої форми та текстури. Серед яких: упаковки хімії та товару для дому, супів, пакування кави, сирів, чаю, снєків, йогуртів, хлібобулочних виробів, десертів, кондитерських виробів тощо [12].

Переваги:

- простота використання, завдяки кольоровій сенсорній панелі керування 19";
- автоматична зміна формату;
- заміна картонного формату без інструменту;
- завантаження упаковки на зручному рівні для оператора;
- потрійне захоплення.

Більш точні технічні характеристики наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики

Продуктивність:	до 200 упаковок/хв (залежно від лінії)
Довжина упаковки:	від 100 мм до 300 мм
Ширина упаковки:	від 60 мм до 260 мм
Висота упаковки:	від 15 мм до 100 мм

3. Горизонтальний автоматизований картонер ACM-100

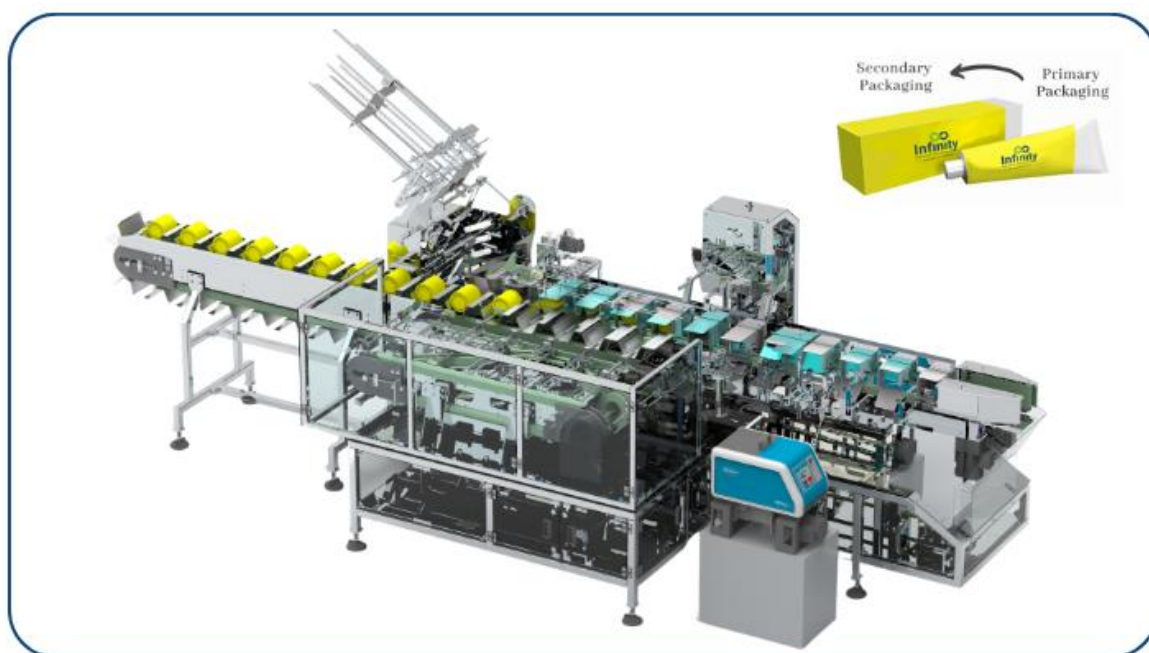


Рисунок 1.12 – Горизонтальний автоматизований картонер ACM-100

Автоматизована картонажна машина ACM-100 від Infinity Automated Solutions (рисунок 1.12) представляє передову технологію картонування. Ця система безперервного горизонтального картонування виймає коробки з магазину та точно вставляє продукти. Надійно запечатує їх за допомогою підкладки або клею.

Завдяки додатковій візуалізації продукту під час пакування, ACM-100 підвищує зручність використання. Кожен продукт проходить ретельну перевірку за допомогою лічильників і контрольних ваг на кінцевому етапі.

Оснащений найсучаснішою технологією керування та зручною концепцією НМІ, ACM-100 підтримує відомі стандарти якості. Тим самим забезпечує високу продуктивність за доступною ціною.

Ключові характеристики:

- автоматичне завантаження коробки: машина без особливих зусиль робить весь цикл пакування;

- регульовані розміри коробки: машина вміщує широкий діапазон розмірів картону, що забезпечує гнучкість потреб у пакуванні;
- висока продуктивність: завдяки можливостям машини, пакування проходить швидко та без шкоди для точності.
- контроль точності: кожна коробка запечатується з точністю, зберігаючи цілісність продукту протягом усього процесу пакування;
- зручний інтерфейс: машина має зручний інтерфейс, що спрощує роботу та обслуговування.

Переваги:

- підвищена ефективність: оптимізований процес пакування та підвищена загальна ефективність, дозволяє збільшити продуктивність і скоротити час виробництва;
- економія: мінімізовані витрати на оплату праці та зменшена кількість помилок у пакуванні;
- незмінна якість: забезпечення постійних та точних результатів упаковки, зберігаючи якість і цілісність продуктів;
- підвищена гнучкість: завдяки регулюванню розмірів коробок, підвищена гнучкість машини.

Автоматизований картонер АСМ-100 може використовуватися в різних галузях промисловості. Деякі з поширених застосувань включають [13]:

- фармацевтична промисловість;
- харчова промисловість та виробництво напоїв;
- індустрія косметики та особистої гігієни;
- догляд за домом і засоби для чищення;
- електричні та електронні компоненти.

1.5 Завдання до проєктування

В даній дипломній роботі поставлена задача полягає у розробці та впровадженні покращеного механізму пакування продукції на конвеєрній ділянці. Ця робота спрямована на підвищення продуктивності процесу пакування продукції за рахунок використання штовхачів із сервоприводом.

Пакувальна ділянка розглядається як елемент загальної системи автоматизації конвеєрного виробництва та головний елемент в підвищенні його ефективності.

Практично всі сучасні пакувальні машини використовують принцип абсолютного позиціонування, оскільки він сучасніший та більш точний, за рахунок постійної початкової 0 позиції. В роботі він буде взято за основу у логіці переміщення штовхача.

Для реалізації задачі, буде розроблена блок-схема алгоритму функціонування пакувальної ділянки. У ній одним із найефективніших елементів виступає сервопривідний штовхач. Блок-схему алгоритму можна побачити на рисунку 2.5.

Також було виконано вибір необхідних компонентів для розробки. Вони продемонстровані та детально описані у третьому розділі. На основі обраних компонентів, була розроблена електрично-принципова схема. В її основі використовується сервочастотний перетворювач, а основним функціонуючим елементом виступає серводвигун. Він має потужність 1 кВт та в основному працює при напрузі 400V. Схему продемонстровано на рисунку 3.8.

На основі схем та обраних елементів, виконано програмування штовхача та налаштування сервоприводу. Результати роботи описані та продемонстровані у третьому розділі дипломної роботи.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було досліджено теоретичну частину різних типів конвеєрних систем. Увагу було приділено принципам роботи конвеєрів загалом, що сформувало уявлення про їхню роль у технологічному процесі. Далі було проведено аналіз застосування конвеєрних систем в харчовій промисловості. Розглянуто їхні основні типи та особливості експлуатації в галузі.

Крім того, значну увагу в розділі було приділено відомостям про пакувальні машини. Оскільки одним із важливіших етапів всього виробництва є процес пакування, розглянуто їхню типологію та принципи роботи. Також були розглянуті вже існуючі автоматизовані пакувальні системи. Підсумовуючи проведений аналіз, можна зробити такі висновки:

1. Конвеєри – основа ефективності сучасного виробництва, адже вони забезпечують безперервність процесу, що скорочує час простою та збільшує обсяги випуску.
2. Конвеєрні системи є ключовою ланкою в оптимізації харчового виробництва, транспортуючи продукцію від сировини до пакування.
3. Пакувальна ділянка – головний елемент в підвищенні ефективності загальної системи автоматизації конвеєрного виробництва.
4. Сучасне пакувальне обладнання опирається на принцип абсолютного позиціонування, чим забезпечує високу точність рухів та синхронізації.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНВЕЄРНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Шляхи вдосконалення та оптимізація конвеєрних систем

У сучасному світі конвеєрні системи стрімко розвиваються, швидко оновлюються та модернізуються. З кожним роком вони демонструють передові технології та розширюють свій функціонал. Щоб краще зрозуміти, візьмемо за приклад цех харчового виробництва:

1. У відділах приймання та відбраковування продукції, головна мета – контроль якості. Це реалізується через камери машинного зору з використанням ШІ для виявлення дефектів. За рахунок інтелектуального управління, транспортні системи переміщують сировину та відводять браковану продукцію. А також системи ідентифікації на основі сканерів штрих-кодів або RFID-міток аналізують вже перевірену продукцію.

2. У машинах первинної обробки ключове значення має автоматичне регулювання робочих параметрів. Воно реалізується завдяки сенсорам та контролерам. Крім того, використовують роботизовані маніпулятори для завантаження та вивантаження заготовок.

3. Машини основної обробки виділяються повністю автоматизованим керуванням, що базується на ПЛК. Застосовуються системи зворотного зв'язку для контролю та автоматичного підстроювання параметрів. Також реалізується керування рецептами для адаптації обладнання відповідно до специфіки продукту.

4. В системі контролю та сортування, важливе місце відводиться високоточним вимірювальним системам. Додатково використовуються інтелектуальні алгоритми сортування, побудовані на принципах ШІ [14].

5. У фасувальній лінії важливими компонентами є автоматизовані дозувальні пристрої, а також роботизовані системи подачі. Вони інтегровані з системами вагової перевірки та маркування.

6. Пакувальна машина включає різні автоматизовані пристрої. До них можна віднести автоматичні пристрої формування коробок, роботизовані системи укладання продукції та автоматичні пристрої закривання коробок.

7. На етапі палетування і обмотки палет, застосовуються автоматизовані палетайзери та палетопакувальники. Вони повністю інтегруються з системою обліку і відстеження палет.

8. Моніторинг усього виробничого процесу здійснюється за допомогою SCADA-системи. Вона потрібна для централізованої візуалізації та управління, а також збору та аналізу інформації [15]. На рисунку 2.1 представлено модифіковану та автоматизовану схему технологічного процесу.

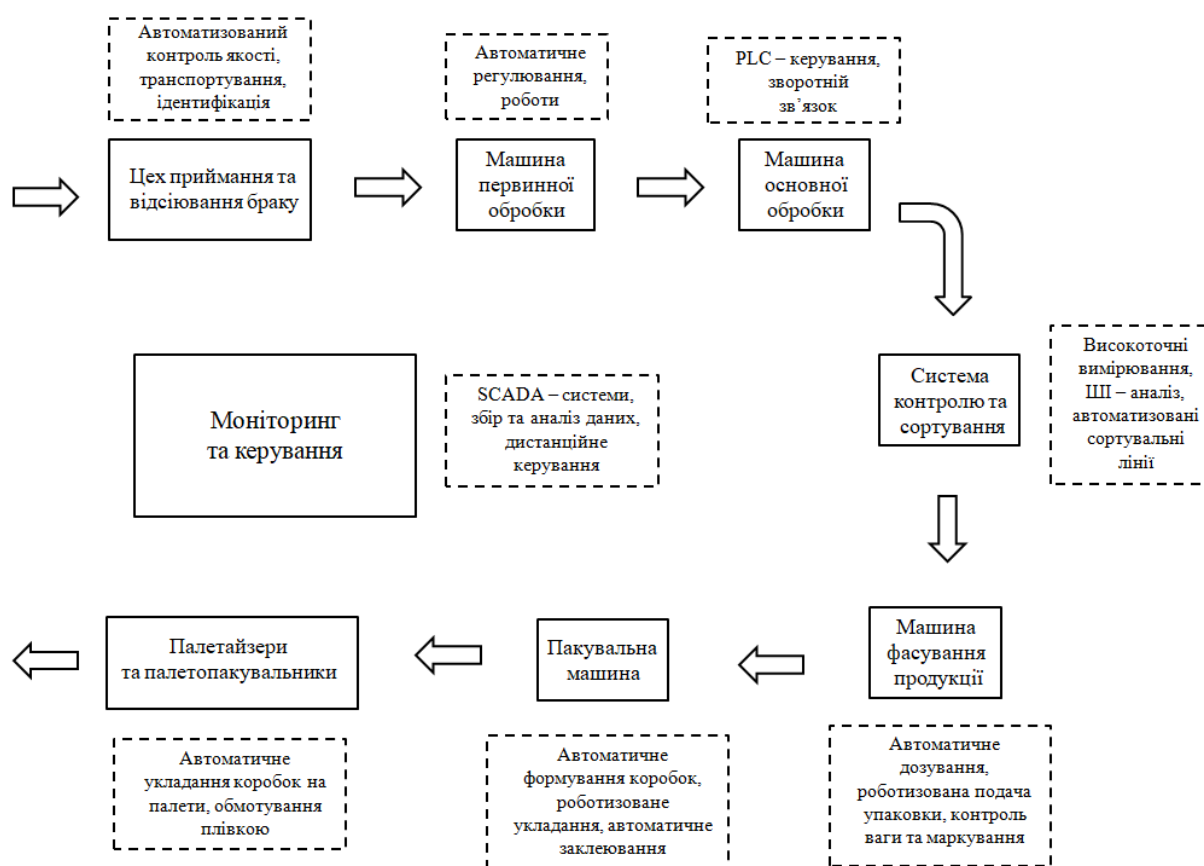


Рисунок 2.1 – Модифікована схема технологічного процесу харчового виробництва

Окрім ключових модернізацій виробництва, можливе впровадження більш цікавого та сучасного рішення – кастомізації виробництва й пакування з урахуванням потреб конкретного клієнта або партії. Ця ідея передбачає:

- додання системи відстеження конкретної партії сировини з моменту надходження, враховуючи специфічні вимоги замовника;
- гнучке налаштування параметрів обробки на машинах первинної та основної обробки, відповідно до замовлення;
- інтеграцію інтелектуальних систем контролю якості, з можливістю сортування продукції за нестандартними характеристиками;
- впровадження адаптивної системи фасування зі швидкою зміною об'єму дозування;
- пакування з автоматизованою зміною розмірів упаковки. Можливість використання різних пакувальних матеріалів та нанесення персоналізованого друку на етикетках;
- на стадії палетування та палетопакування задіяння інтелектуальних систем. Вони формують палети, керуючись індивідуальними запитами клієнта. Також враховується кількість коробок, спосіб їх розташування та необхідність спеціального маркування [16].

Отже, ми розглянули загальну модернізацію технологічного процесу харчового виробництва. Тепер перейдемо до більш конкретної її частини – до пакувальної ділянки. Саме на ній, завдяки автоматизації досягається збільшення ефективності роботи всієї системи конвеєрного виробництва.

2.2 Опис логіки роботи вхідних та вихідних конвеєрів пакувальної ділянки

Як і було зазначено у першому розділі, на виробництвах застосовують різні види і типи конвеєрів. Але окрім цього, застосовують й різні способи роботи цих конвеєрів. Тут увага буде зосереджена на одному із

найпопулярніших і сучасніших способів. У ньому використовуються зонові конвеєри.

Зоновий конвеєр – це сучасний тип конвеєрного обладнання. Він, на відміну від звичайних систем з одним спільним приводом, розділений на окремі, незалежно керовані ділянки. Кожна така зона оснащена власним приводом, а також фотодатчиками. Ці датчики постійно відстежують наявність та переміщення продукції в межах відповідної зони.

Опис системи управління конвеєрами PulseRoller ConveyLinx-Ai:

Для забезпечення стабільної роботи зонових конвеєрів та реалізації управління переміщенням продуктів, застосовується спеціальне обладнання. В даному випадку, основним елементом є міні-контролер PulseRoller ConveyLinx-Ai. Він розроблений компанією ConveyLinx (Interroll). Цей пристрій відповідає за роботу певної ділянки зонових конвеєра, а також він є елементом децентралізованого управління. Сам пристрій можна побачити на рисунку 2.2.

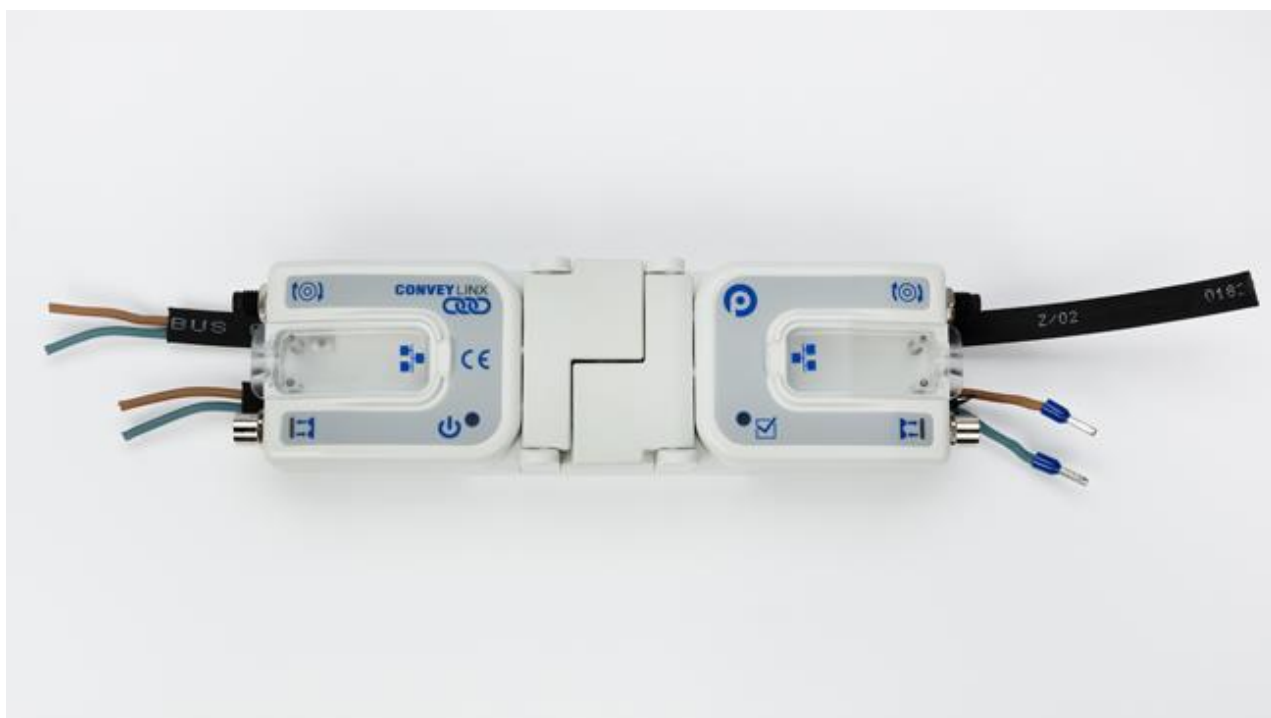


Рисунок 2.2 – Міні-контролер PulseRoller ConveyLinx-Ai

Його основні функції та можливості включають:

- Керування мотор-роликами. Пристрій підключається, безпосередньо, до мотор-роликів у відповідній зоні конвеєра. Тим самим забезпечує точне керування їхнім увімкненням/вимкненням, напрямком та швидкістю руху.
- Отримання сигналів від датчиків зони. ConveyLinx-Ai збирає дані від фотодатчиків та інших сенсорів, встановлених у зоні. Так він відстежує наявність продукції та її положення.
- Реалізація ZPA-логіки. Після певного налаштування, вбудоване програмне забезпечення автоматично виконує алгоритми безконтактного накопичення. Зупиняє рух продукту, якщо наступна зона зайнята. Тим самим запобігаючи зіткнення та пошкодження.
- Самостійна обробка та прийняття рішень. На відміну від централізованих систем, ConveyLinx-Ai самостійно обробляє інформацію зі своєї зони та приймає рішення про рух або зупинку. Цим розвантажує транспортний ПЛК.
- Комунікація із іншими системами. Пристрій оснащений Profinet. Це дозволяє йому обмінюватися даними як з транспортним ПЛК, так і безпосередньо з іншими машинами на лінії. В першу чергу – це пакувальна машина, для реалізації логіки та синхронізації потоків.

Логіка роботи вихідних конвеєрів:

Вихідні конвеєри пакувальної ділянки виконують функцію прийому та накопичення вже упакованої продукції від пакувальної машини. Їхня основна мета – забезпечити безпроблемне вивантаження продукції з машини. А також створити «буферну зону» для подальшої передачі на наступні етапи виробництва.

Для досягнення цієї мети та запобігання пошкодженню готової продукції, застосовується логіка безконтактного накопичення (ZPA-логіка). Ця логіка працює так, щоб вироби, що переміщаються, не контактували між собою. Кожен

об'єкт зупиняється у своїй зоні, чекаючи на звільнення наступної. Такий принцип забезпечує цілісність упакованих виробів, а також знижує вірогідність пошкоджень упаковки [17].

Реалізація ZPA-логіки (рисунок 2.3) на вихідних конвеєрах здійснюється за допомогою міні-контролерів PulseRoller ConveyLinx-Ai. Інформація про загальний стан вихідних конвеєрів та керуючі команди надходять на ConveyLinx-Ai від центрального транспортного ПЛК. Він координує роботу всієї конвеєрної системи ділянки.



Рисунок 2.3 – Реалізація ZPA-логіки на вихідних конвеєрах

Логіка роботи вхідних конвеєрів та їх взаємодія з пакувальною машиною:

Вхідні конвеєри пакувальної ділянки відповідають за контрольовану подачу готової продукції до пакувальної машини. Їхнє завдання – забезпечити синхронне та стабільне надходження продукції для процесу пакування.

Логіка роботи вхідних конвеєрів базується на принципі «рукостискання» між конвеєрною системою та пакувальною машиною. Іншими словами – це аналогія з дією, коли дві особи обмінюються рукостисканням аби підтвердити домовленість або готовність до взаємодії. У техніці це означає, що дві системи

(або два пристрої) обмінюються сигналами для встановлення зв'язку або підтвердження готовності до обміну даними [18].

Цей принцип передбачає чіткий обмін сигналами:

1. Системи керування вхідними конвеєрами та пакувальною машиною повинні підтверджувати наявність активного комунікаційного зв'язку.
2. Пакувальна машина, в даному випадку є приймаючою системою. Після завершення попереднього пакування надсилає сигнал «готова прийняти наступну партію» на систему керування вхідного конвеєра.
3. Вхідний конвеєр постійно зчитує цей сигнал готовності. Якщо сигнал активний, вхідний конвеєр подає наступний продукт або партію до пакувальної машини. Якщо ж сигнал про готовність не надходить, подача продукції припиняється.

Крім того, на вхідних конвеєрах може частково використовуватись ZPA-логіка. Це відбувається, якщо з будь-якої причини від пакувальної машини не надходить сигнал «готова» для отримання наступної партії продукту. У такому випадку, зони вхідних конвеєрів накопичують продукцію застосовуючи ZPA-принцип.

Взаємодія з центральним транспортним ПЛК:

Пакувальна ділянка, а саме її конвеєрні системи організовані за ієрархічним принципом керування. На нижньому рівні знаходяться міні-контролери PulseRoller ConveyLinx-Ai, які відповідають за локальне керування окремими зонами конвеєрів. Як вхідних, так і вихідних. А вже вони, в свою чергу, контролюються центральним транспортним ПЛК.

Транспортний ПЛК має такі основні функції:

- приймання рішення високого рівня, щодо маршруту та послідовності руху продуктів по всій конвеєрній системі;
- запуск/зупинка основних ділянок конвеєрів, обробка аварійних ситуацій та інтеграція з системами вищого рівня;

- збір інформації про статус роботи ConveyLinx-Ai. Також зайнятість зон, наявність заторів тощо.

Зв'язок між центральним транспортним ПЛК та міні-контролерами здійснюється по промисловій мережі Profinet. Вона забезпечує швидкий обмін даними. Тим самим дозволяє транспортному ПЛК надсилати керуючі команди як всім ConveyLinx-Ai, так і окремим пристроям. Також дає можливість отримувати вже зворотній зв'язок про поточний стан ділянок. Таким чином, ця система делегує рутинні операції та розвантажує центральний транспортний ПЛК.

2.3 Розробка функціональної схеми пакувальної машини з інтегрованими вхідними та вихідними конвеєрами

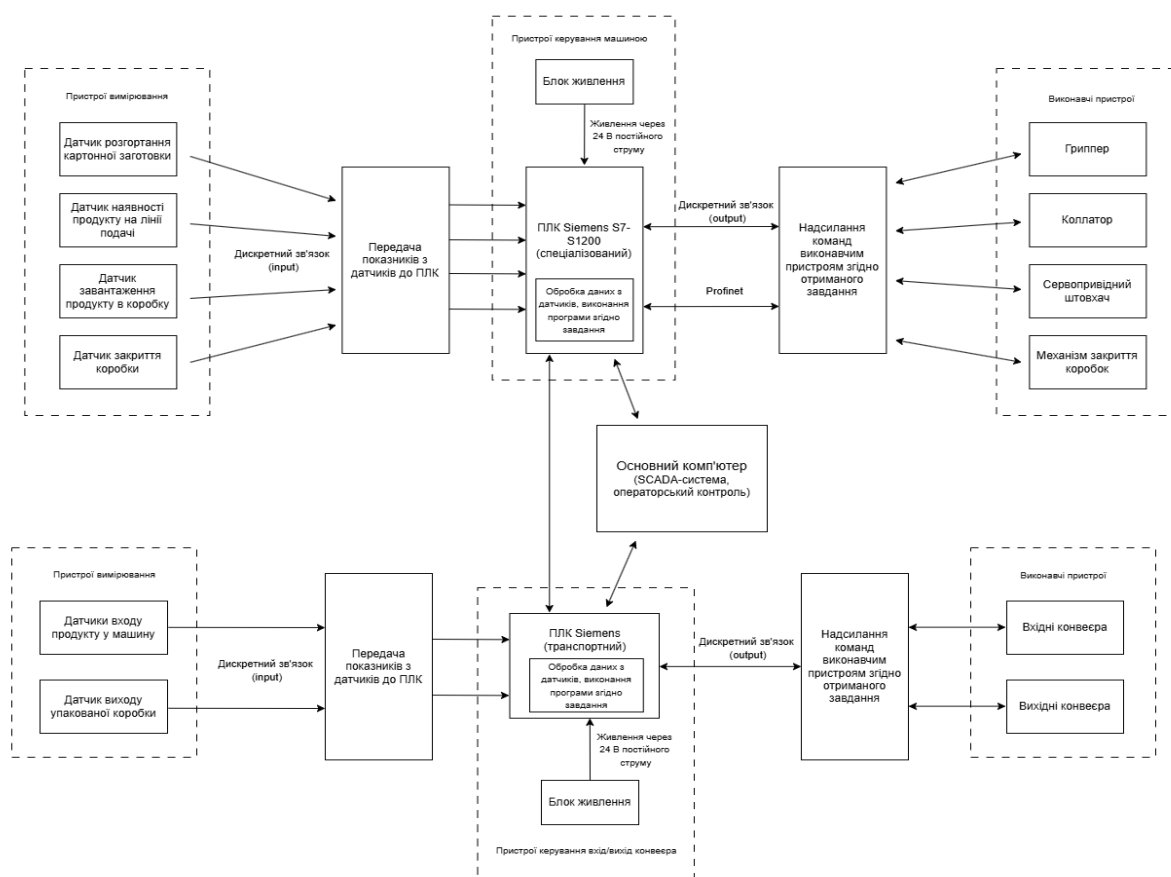


Рисунок 2.4 – Функціональна схема автоматизованої пакувальної машини з інтегрованими вхідними та вихідними конвеєрами

Пакувальна ділянка складається з двох основних частин (рисунок 2.4). Верхня – пакувальна машина, яка виконує основний процес пакування. Нижня – вхідні та вихідні конвеєри, які призначені для подачі, прийому та транспортування готової продукції. Їх взаємозв'язок та синхронна робота – ключ до високої продуктивності та надійності всієї системи.

Основні частини умовно розділені на 3 зони: Пристрої вимірювання, Пристрої керування та Виконавчі пристрої. Розглянемо їх більш детально.

Пакувальная машина:

1. ПЛК Siemens S7-1200. Це контролер, що керує виконанням алгоритмів пакування, координує рухи та взаємодіє з робочими механізмами машини. Живлення подається блоком живлення через 24 В постійного струму.

2. Пристрої вимірювання. Це датчики, що надають інформацію про стан процесу пакування. До них відносяться: датчик розгортання картонної заготовки, датчик наявності продукту на лінії подачі, датчик заповнення продукту в коробку та датчик закриття коробки. Сигнали від них до ПЛК передаються дискретним типом зв'язку.

3. Виконавчі пристрої. Це механізми, якими керує ПЛК для виконання операцій пакування. Серед них: гриппер, коллатор, сервопривід штовхач та механізм закриття коробки. Команди від ПЛК до виконавчих пристроїв надходять як дискретним типом зв'язку, так і промисловим Profinet. В залежності від виконавчого механізму.

Вхідні та вихідні конвеєри:

1. ПЛК Siemens (транспортний). Це контролер, який відповідає за координацію всіх конвеєрних систем на ділянці. Він приймає основні рішення про потік продукції, синхронізацію тощо. Живлення також подається блоком живлення від 24 В постійного струму.

2. Пристрої вимірювання. Це датчики, які відстежують рух товару на конвеєрах. До них відносяться: датчик входу продукту в машину та датчик

виходу упакованої коробки. Перший контролює подачу продукції на вхідні конвеєри, а другий – контролює вихід продукції з пакувальної машини на вихідні конвеєри.

3. Виконавчі пристрої. До них відносяться: вхідні та вихідні конвеєри. Як і казалось раніше, ці конвеєри представляють собою зонові конвеєрні системи. Рух окремих зон цих конвеєрів керується локальними міні-контролерами PulseRoller ConveyLinx-Ai. Ці міні-контролери отримують команди від транспортного ПЛК, який забезпечує їхню загальну координацію та взаємодію з іншими системами.

Також хотілося б згадати і про основний комп'ютер, у який інтегровано SCADA-систему. Вона забезпечує централізовану візуалізацію технологічного процесу, збирає та аналізує дані тощо. Також через неї оператор може здійснювати контроль, змінювати параметри роботи або отримувати сповіщення про аварійні ситуації.

Взаємозв'язок компонентів та принцип їх функціонування:

Контрольована подача продукції з вхідних конвеєрів до пакувальної машини проходить за принципом «рукостискання». Пакувальна машина надсилає сигнал про готовність прийняти продукт на міні-контролери вхідних конвеєрів. Лише після отримання сигналу готовності, активується рух продукту.

Для ефективної роботи, вихідні конвеєри використовують ZPA-логіку. Ця логіка реалізована за допомогою PulseRoller ConveyLinx-Ai. Вона дозволяє накопичувати упаковані коробки безконтактним способом.

Керування конвеєрами та координація ділянки здійснюється транспортним ПЛК. Він наглядає за роботою конвеєрів, взаємодіє з міні-контролерами ConveyLinx-Ai тощо. Крім того, присутній інтерлоккінг (прямий зв'язок) між ПЛК пакувальної машини та транспортним ПЛК, який надає найвищий рівень синхронізації.

Також є окреме з'єднання між частинами та SCADA-системою. Майже всі зв'язки між основними елементами, в тому числі, передача даних між ПЛК, між ПЛК та SCADA-системою, передача сигналів про «готовність» прийняття тощо, проходить через Profinet.

2.4 Створення блок-схеми алгоритму функціонування пакувальної ділянки

Оскільки розроблена блок-схема алгоритму виявилась занадто великою, вона була розділена на три окремі частини для кращої візуалізації. Частини логічно пов'язані між собою.

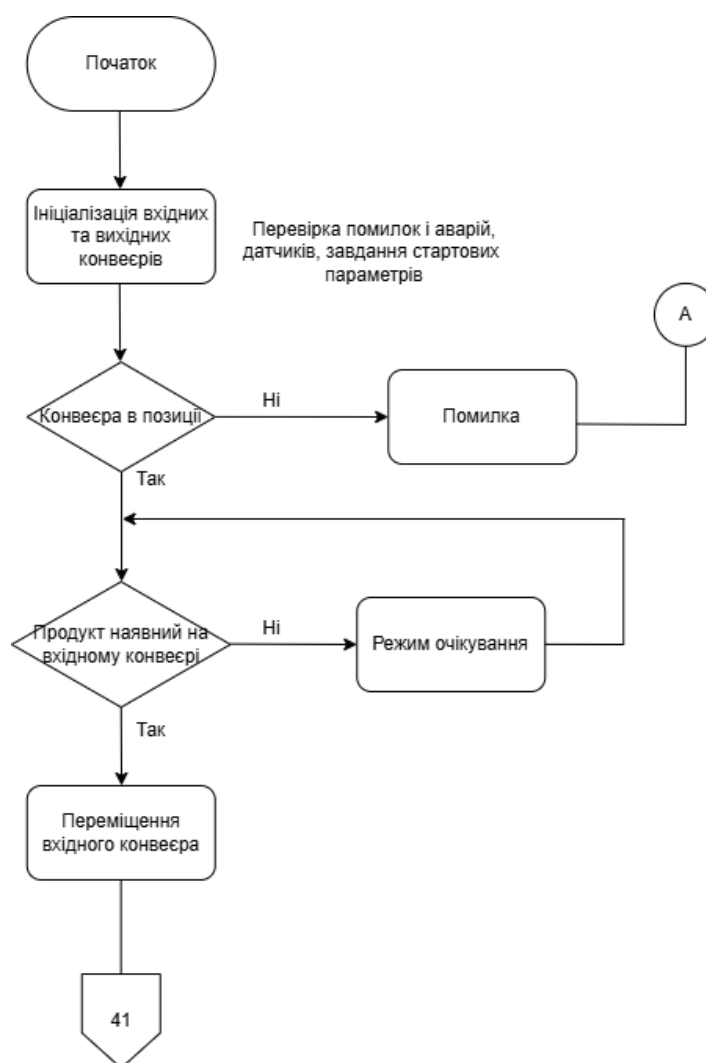


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритму функціонування пакувальної ділянки

Переходи між сторінками позначені за допомогою з'єднувачів сторінок. Окрім того, для спрощення зв'язків та заміни довгих стрілок були додані маркери переходу з буквами. Вони працюють як внутрішні посилання.

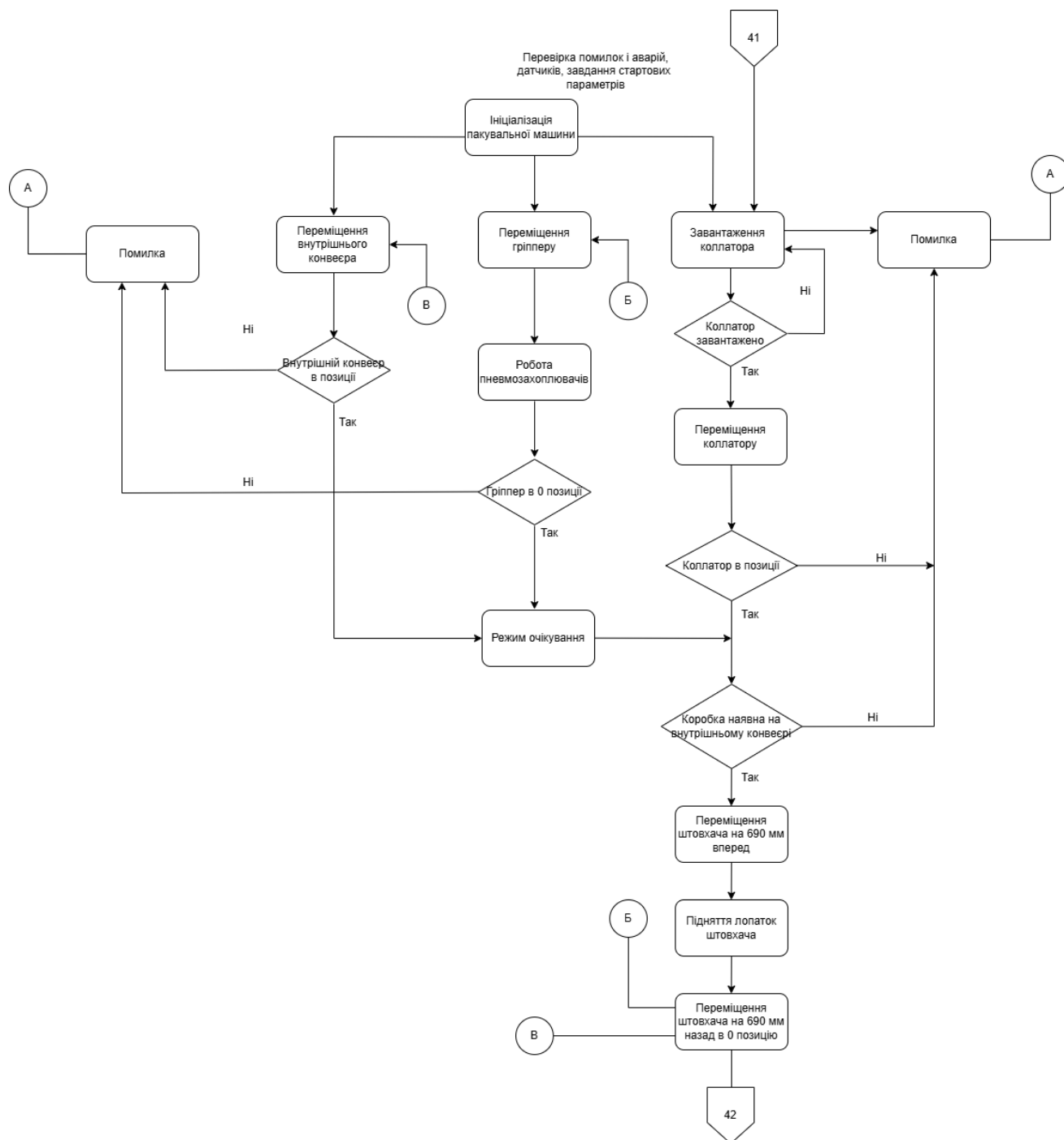


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритму функціонування пакувальної ділянки
(продовження)

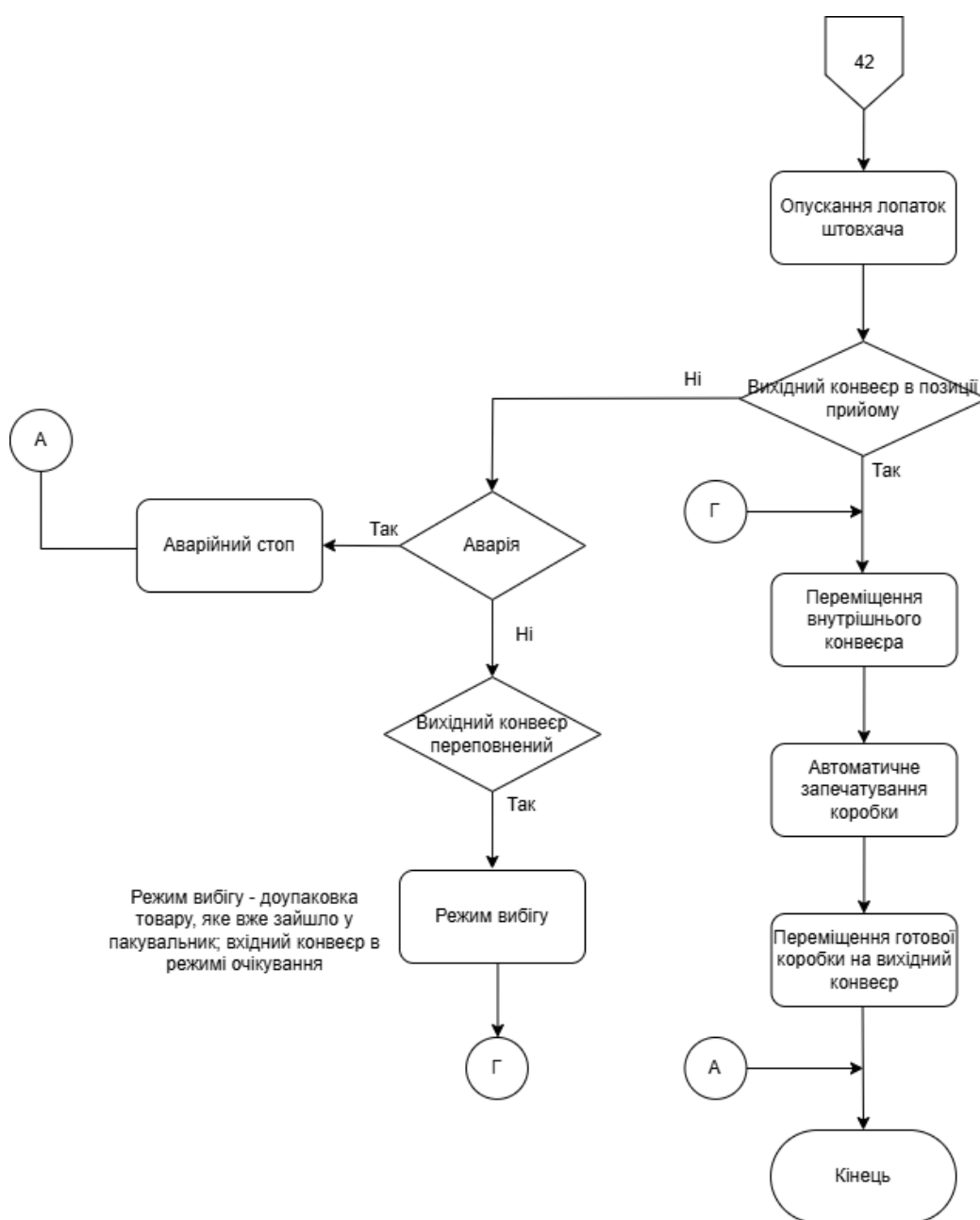


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритму функціонування пакувальної ділянки
(продовження)

Алгоритм функціонування ділянки проходить наступним чином:

В самому початку, практично одночасно йде ініціалізація конвеєрів та пакувальної машини (рисунок 2.5, частина 1 та 2).

1. Проходить перевірка системою. Умова: Чи знаходяться вхідні конвеєри у позиції переміщення продукції?

- Якщо НІ, то фіксується «Помилка», яка призводить до зупинки всієї ділянки до усунення проблеми (на схемі маркер А). Після чого, робота продовжується з того місця, де зупинилася.
- Якщо ТАК, то система переходить до наступних дій.

2. Перевірка наявності продукту на вхідному конвеєрі. Умова: Чи наявний продукт на вхідному конвеєрі?

- Якщо НІ, то система переходить у «Режим очікування». Вона очікує, поки продукт з'явиться на вхідному конвеєрі.
- Якщо ТАК, то продукт переміщується вхідним конвеєром до пакувальної машини.

Одночасно з подачею продукції до машини, починають працювати декілька функціонуючих елементів пакувальної машини (рисунок 2.5, частина 2). А саме: внутрішній конвеєр (конвеєр всередині пакувальної машини), гріппер (пристрій, який розкриває та ставить на внутрішній конвеєр коробки) та коллатор (пристрій, який групує декілька одиниць продукту в один осередок).

Коллатор починає групувати декілька одиниць продукту. У разі виникнення будь-яких проблем на етапі групування, виникає «Помилка», яка так само призводить до зупинки всієї ділянки до усунення проблем (маркер А).

3. Внутрішній конвеєр пакувальної машини рухається до заданої позиції. Умова: Чи внутрішній конвеєр в позиції?

- Якщо НІ, то виникає «Помилка», що призводить до зупинки ділянки (маркер А).
- Якщо ТАК, то внутрішній конвеєр переходить у «Режим очікування».

Далі дії гріппера. Він за допомогою пневмозахоплювачів захоплює по одній коробці із магазину, відкриває і ставить на внутрішній конвеєр пакувальної машини. Кількість встановлених коробок відповідає заданим параметрам циклу.

4. Умова: Чи гріппер в 0 позиції? (тобто, чи повернувся він у початкову позицію після виконання операції).

- Якщо НІ, то виникає «Помилка», що призводить до зупинки ділянки та усуненню проблем (маркер А).
- Якщо ТАК, то гріппер також переходить у «Режим очікування».

5. Завершується завантаження коллатора. Умова: Чи коллатор завантажено?

- Якщо НІ, то це може свідчити про помилку (як зазначено вище), або ж про те, що групування не вдалося з першої спроби. Тому коллатор виконує повторну спробу групування.
- Якщо ТАК, то групування завершено, і система переходить до наступних дій.

6. З'являється наступна умова: Чи коллатор в позиції безпосереднього пакування?

- Якщо НІ, то виникає «Помилка», що призводить до зупинки ділянки (маркер А).
- Якщо ТАК, то система переходить до перевірки стану коробки на внутрішньому конвеєрі.

7. З'являється наступна умова: Чи наявна відкрита коробка на внутрішньому конвеєрі? (тобто, чи відкрита коробка знаходиться в позиції для завантаження продукту).

- Якщо НІ, то виникає «Помилка», що призводить до зупинки ділянки (маркер А).
- Якщо ТАК, то розпочинається етап завантаження продукту в коробку.

Починає свою роботу сервопривідний штовхач. Він переміщується вперед на задану відстань (в даному випадку на 690 мм), тим самим проштовхуючи згруповані продукти з коллатора у підготовлену коробку. Після завантаження, штовхач підіймає свої лопатки та переміщується назад на початкову позицію (на

690 мм назад). Одночасно з поверненням штовхача в початкову позицію, внутрішній конвеєр пакувальної машини та гріппер виходять зі «Режиму очікування». Вони повторюють цикл роботи для підготовки наступної коробки та її встановлення (на схемі маркери Б та В). Лопатки штовхача опускаються, тим самим готуючись до наступної дії (рисунки 2.5, частина 3).

8. Починається процес вивантаження готової продукції. Умова: Чи вихідний конвеєр в позиції прийому?

- Якщо НІ, то з'являється додаткова умова: Чи трапилась аварійна ситуація на вихідному конвеєрі?
 - Якщо ТАК, то активується «Аварійний стоп» усієї ділянки (маркер А).
 - Якщо НІ, то це свідчить про те, що вихідний конвеєр переповнений. В такому випадку активується «Режим вибігу». Продукти, які вже зайшли до пакувальної машини все одно до упаковуються та виходять, але вхідний конвеєр переходить у «Режим очікування». Він там перебуває, поки не буде наданий сигнал, що вихідний конвеєр в позиції прийому (на схемі маркер Г).
- Якщо ТАК (вихідний конвеєр готовий), то активуються наступні дії: внутрішній конвеєр переміщує завантажену коробку та механізм запечаткування автоматично закриває та запечатує коробку. Далі, вже повністю запечатана коробка, переміщується з внутрішнього конвеєра пакувальної машини на вихідний конвеєр.

Після вивантаження готової коробки на вихідний конвеєр, цикл пакувальної ділянки завершується.

Висновки до розділу 2

У другому розділі дипломної роботи було проведено вдосконалення технологічного процесу харчового виробництва. Була додана сучасна автоматизація та пропозиції щодо гнучкої модифікації.

Детально описана логіка роботи вхідних та вихідних конвеєрів. Зокрема були описані принципи роботи, такі як «рукостискання» та ZPA-логіка. Ключовим функціональним елементом цих логік є міні-контролер PulseRoller ConveyLinx-Ai.

Також була розроблена функціональна схема пакувальної машини з інтегрованими конвеєрами. Описані її елементи та їхні взаємозв'язки.

Важливим результатом розділу було створення детальної блок-схеми алгоритму функціонування всієї пакувальної ділянки, в якій сервопривідний штовхач виступає одним з основних елементів.

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ШТОВХАЧА ПАКУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

3.1 Визначення та обґрунтування основних компонентів сервопривідного штовхача

Для успішної реалізації поставленої мети, потрібно обрати необхідні технічні компоненти сервопривідного штовхача. Оскільки потрібно враховувати високі вимоги сучасного світу автоматизації, для побудови сервопривідного штовхача були обрані компоненти провідного світового виробника Siemens.

Для створення та правильного функціонування механізму, правильніше було б обрати комплекс взаємопов'язаних компонентів. До них відносяться: сервочастотний перетворювач та серводвигун, енкодер, редуктор, трансформатор напруги та автомат захисту. А також реле безпеки та самі лопатки штовхача. Практично всі зазначені компоненти доступні в асортименті компанії Siemens. Це значно спрощує їх інтеграцію у загальну систему.

Сервочастотник Sinamics v90 та серводвигун Simotics s-1fl6:

Для реалізації точного керування сервопривідним штовхачем, в даній роботі обрано дану сервосистему. Вона складається з сервочастотника Sinamics v90 та серводвигуна Simotics s-1fl6 (рисунок 3.1). Вони ідеально підходять для завдань позиціонування, керування швидкістю та крутним моментом.

Sinamics v90 – це компактний, ефективний та економічний перетворювач для управління сервоприводами. Розроблений для простих застосувань, де потрібна базова функціональність. Він ідеально підходить для завдань, що вимагають частих стартів/зупинок, швидких прискорень/уповільнень та точного позиціонування.



Рисунок 3.1 – Сервосистема Sinamics v90 та Simotics s-1fl6

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики Sinamics v90

Потужність:	Від 0,1 до 7,0 кВт
Підтримка двигунів:	Simotics s-1fl6
Інтерфейси:	Profinet, Modbus RTU

До особливостей можна виділити простоту установки, яка вимагає мінімального налаштування. Вона енергоефективна, завдяки зниженому енергоспоживанню. Також пристрій гарантує високу надійність за рахунок міцної конструкції.

Simotics s-1fl6 – це синхронний серводвигун з постійними магнітами. Розроблений для взаємодії з сервочастотниками Sinamics v90. Він точний та компактний, а також має високу динаміку.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики Simotics s-1fl6

Потужність:	Від 0,1 до 7,0 кВт
Напруга живлення:	400 V ЗАС
Номінальна швидкість:	2000 об./хв.
Номінальний момент:	33,40 Н/м

Серводвигун Simotics s-1fl6 широко використовується у місцях, де потрібна висока точність та динаміка. Це пакувальна техніка, верстатобудування, системи завантаження/розвантаження тощо [19].

Трансформатор напруги Sinamics:



Рисунок 3.2 – Трансформатор напруги Sinamics

Трансформатор напруги Sinamics – цей пристрій використовується для зниження або підвищення напруги електричної мережі, а також для покращення роботи частотного перетворювача [20]. Його можна побачити на рисунку 3.2.

Переваги:

- високий термін служби обладнання;
- ефективне зниження пульсацій струму;
- підвищення енергоефективності системи.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики трансформатора напруги

Робоча напруга:	Підтримує діапазон 380-480V
Приблизна вага:	2,1 кг
Розмір пакування:	190 x 290 x 195 мм

Автомат захисту Siemens 3RV201:



Рисунок 3.3 – Автомат захисту Siemens 3RV201

Siemens 3RV201 – це комутаційно-захисний пристрій, розроблений для захисту електрообладнання від перевантажень та коротких замикань (рисунок 3.3). Він широко використовується у промислових установках, системах автоматизації, електричних щитах керування тощо [21].

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики Siemens 3RV201

Клас захисту:	10
Вага:	380 г
Розчипювач перевантаження:	5...10А
Вставка розчипювача максимального струму:	130А
Номінальний струм, I_n :	5А
Номінальна здатність, що відключає:	100кА

Переваги:

- має високий рівень захисту та довговічний;
- може налаштуватись для роботи у різних умовах;
- підходить як для трифазних, так однофазних систем.

Ключові особливості серії 3RV201:

- має компактний розмір, що дозволяє економити простір у шафах керування;
- забезпечують надійне відключення, навіть при високих струмах короткого замикання;
- дозволяє точно підібрати захист під конкретний двигун (діапазон налаштування залежить від конкретної моделі в серії 3RV201);
- відповідає міжнародним стандартам, тим самим підтверджуючи безпеку та надійність.

Поворотний інкрементний енкодер:

Поворотний інкрементний енкодер – пристрій, який перетворює кутове переміщення обертового валу в електричні імпульси (рисунок 3.4). Тим самим дозволяє точно визначати швидкість, напрямок та відносне положення рухомих частин.



Рисунок 3.4 – Поворотний інкрементний Енкодер

Принцип роботи та функціонал:

- Інкрементний енкодер генерує серію електричних імпульсів. Зазвичай у вигляді двох фаз – А та В, зміщених на 90 градусів. А також індексного імпульсу Z.
- Завдяки фазовому зсуву між сигналами А та В, сервоперетворювач може визначити напрямок обертання валу.
- Частота імпульсів прямо пропорційна швидкості обертання, що дозволяє вимірювати швидкість двигуна.
- Підрахунок імпульсів дає можливість визначити відносне переміщення валу відносно початкової точки.
- Індексний імпульс генерується один раз за повний оберт валу і використовується для визначення нульової позиції.

Реле безпеки Siemens Sirius 3UG48:

Siemens Sirius 3UG48 – це пристрій із серії Sirius від Siemens, призначений для моніторингу різних параметрів роботи електричних систем. Його основне

завдання – забезпечення захисту обладнання, шляхом виявлення аварійних умов і активації сигналізації або захисних дій [22]. Він зображений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Реле безпеки Siemens Sirius 3UG48

Контроль параметрів:

- напруга (перевищення/зниження напруги);
- втрата фази або асиметрія фаз;
- моніторинг частоти;
- температура (залежно від моделі).

Ключові особливості та переваги серії 3UG48:

- Серія 3UG48 має широкий спектр реле для контролю різних параметрів. Це однофазні та трифазні напруги, струм, коефіцієнт потужності, рівень, температура тощо.
- Дозволяють встановлювати верхні та нижні межі контрольованих параметрів, а також часові затримки спрацьовування.

- Мають вбудовані світлодіоди, які спрощують діагностику стану та показують причини спрацювання.
- Ці реле відрізняються високою якістю та довговічністю.

Редуктор SP+ High Speed MC:

SP+ High Speed MC – це серія високоточних планетарних редукторів від компанії Wittenstein Se. Вони є одними з лідерів у галузі прецизійних приводів.

Редуктор серії SP+ High Speed MC (рисунок 3.6) спеціально розроблений для надзвичайної точності позиціонування, високої динаміки та інтенсивної безперервної роботи. Він є дуже важливим для сервопривідного штовхача, оскільки допомагає двигуну працювати з потрібною силою та швидкістю для штовхача [23].



Рисунок 3.6 – Редуктор SP+ High Speed MC

Ключові особливості та переваги серії SP+ High Speed MC:

- Має дуже низький люфт. Це одна з головних переваг редукторів SP+. Для версії MC стандартний люфт становить ≤ 4 кутових хвилин. Це дає максимальну точність позиціонування.

- Має високу жорсткість кручення, що забезпечує мінімальну деформацію редуктора під навантаженням. Це сприяє точній передачі руху.
- Має косозубе зачеплення. Завдяки цьому, редуктор працює дуже плавно та тихо.
- Редуктори Wittenstein Se відомі своєю міцністю, тривалим терміном служби та низькими вимогами до обслуговування.
- Пристрій демонструє низьке тепловиділення (близько 40°C проти 80°C у стандартних редукторів), що дозволяє йому працювати в безперервному режимі без перегріву.

Лопатки штовхача:

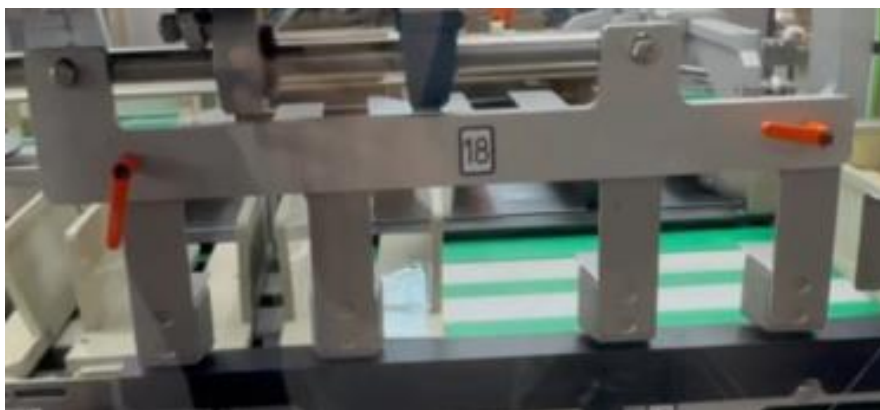


Рисунок 3.7 – Лопатки штовхача

Безпосередньо для переміщення продукції, використовуються спеціальні лопатки штовхача (рисунок 3.7). Як правило, ці лопатки виготовляються з легких та міцних матеріалів. Це забезпечує їхню довговічність та мінімальну інерцію. Кількість та форма лопаток штовхача обирається відповідно до розмірів та форми продукції, що пакується.

На основі обраних компонентів, була створена електрично-принципова схема підключення сервопривідного штовхача.

Електрично-принципова схема демонструє підключення та функціональні зв'язки електронних компонентів сервопривідного штовхача. Схема розроблена на основі сервоперетворювача. Її можна побачити на рисунку 3.8.

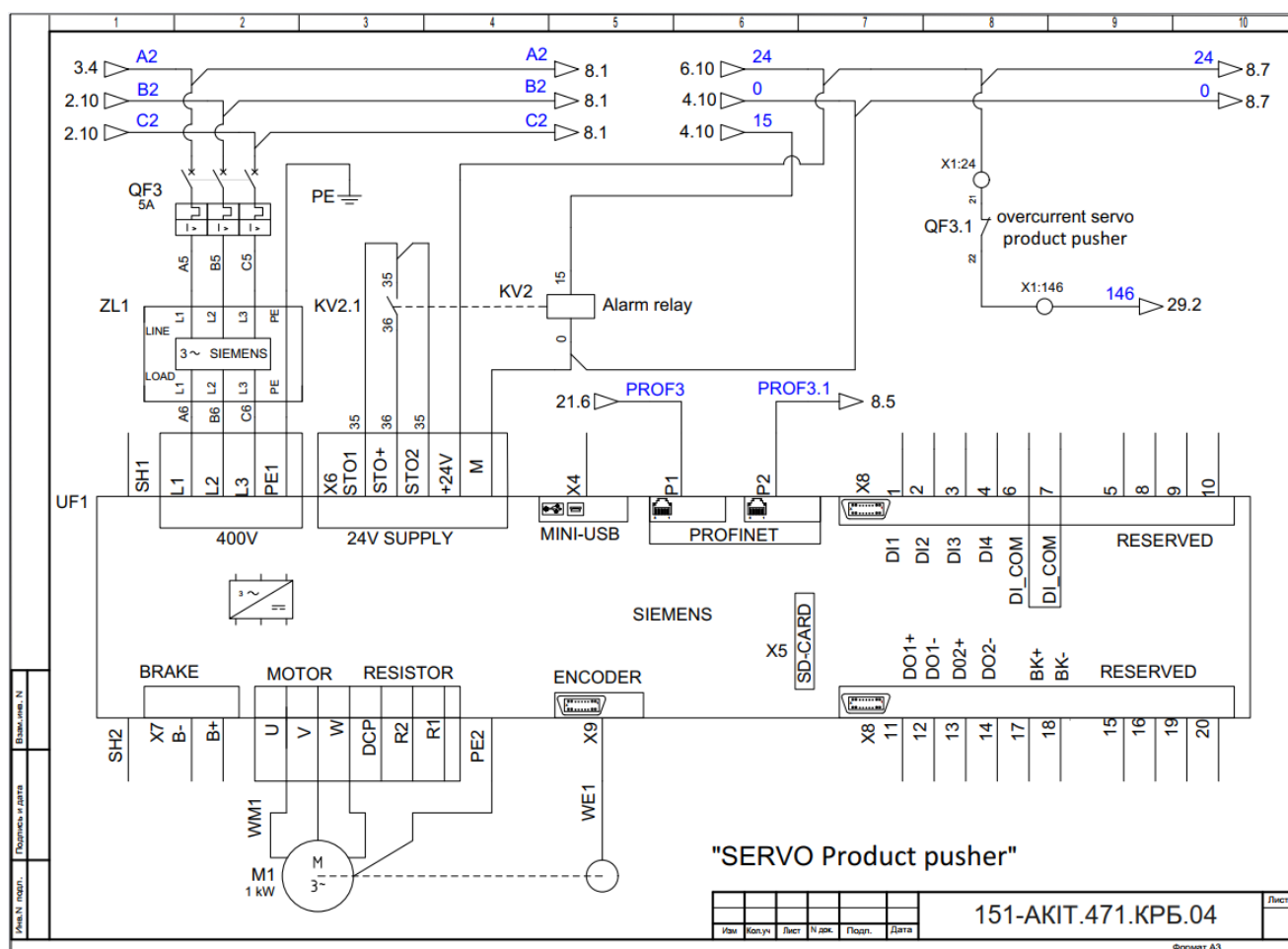


Рисунок 3.8 – Електрично-принципова схема підключення сервопривідного штовхача

Схема має трифазний силовий контур (позначені як A2, B2, C2). До неї підключений автомат захисту QF3. Він призначений для захисту електричної мережі від коротких замикань та перевантажень. Паралельно до автомату QF3

підключена додаткова гілка (на схемі QF3.1). Вона відповідає за живлення «логіки» системи – електронних компонентів, що керують сервоприводом та обробляють сигнали від датчиків. При перевантаженні або при короткому замиканні, автомат QF3 блокує подачу напруги до основного кола. Оскільки QF3.1 підключений напряму до QF3, то при блокуванні напруги також розмикає свій ланцюг. Тим самим відключаючи живлення логічної частини.

Після автомату захисту, напруга надходить до трансформатора напруги (на схемі ZL1). Цей пристрій використовується для вирівнювання (зниження або підвищення) напруги в електричній мережі.

А вже від трансформатора ZL1 живлення подається на сервочастотник (на схемі UF1). Додатково, до сервочастотника UF1 через трансформатор ZL1 підключено заземлення (на схемі PE). Заземлення захищає персонал від ураження електричним струмом. Забезпечує безпеку обладнання та захищає від несправностей в електромережі.

На схемі також показано додаткове реле KV2, яке відповідає за аварійні ситуації. Реле постійно перебуває під напругою та відстежує сигнали про можливі аварії. У разі виникнення такого сигналу, реле розмикає контакт KV2.1, тим самим припиняючи подачу струму. Цей сигнал є індикатором для сервочастотника UF1, який зупиняє роботу двигуна.

Опис підключень до сервочастотника UF1:

Сервочастотний перетворювач є центральним елементом схеми. До нього під'єдані майже всі присутні елементи, і на схемі відображено його входи/виходи:

1. 400V – основне вхідне трифазне живлення. До нього під'єднані основні силові пристрої, які описані вище.
2. 24V – вхід постійного струму 24В. Він використовується для живлення допоміжних компонентів, таких як аварійне реле та логічні схеми керування.
3. Mini-USB – додатковий вхід, який може бути використаний за потреби.

4. Схема має два порти підключення до промислової мережі Profinet. Пакувальна ділянка має різні пристрої, які між собою комунікують, а Profinet забезпечує їх взаємозв'язок. Система використовує «шлейфове» підключення (послідовне), де кожен пристрій має два порти. Один для входу сигналу, інший для виходу. Це дозволяє з'єднувати їх послідовно.

5. До схеми також додані дискретні входи та виходи для підключення різних додаткових пристроїв. Це можуть бути датчики, додаткові виконавчі пристрої тощо.

6. SD-Card – слот, у який вставляються карти пам'яті, на яких завантажений програмний код роботи серводвигуна. Також його використовують для додаткових налаштувань.

7. Енкодер (на схемі WE1) – пристрій зворотного зв'язку, який підключений до серводвигуна M1. Енкодер перетворює механічний рух двигуна на електричний сигнал. Це дозволяє сервочастотнику та ПЛК точно відстежувати поточне положення та швидкість серводвигуна.

8. В данному випадку використовується розсіюючий (гальмівний) резистор. Коли серводвигун гальмує, він виробляє електричну енергію. Якщо цю надлишкову енергію не розсіювати, це може призвести до небезпечного підвищення напруги у приводі та його пошкодження. Розсіюючий резистор перетворює цю надлишкову енергію на тепло, та розсіює її в навколишнє середовище захищаючи привід.

9. Мотор (M1) – це сам мотор, який підключається до сервочастотника.

10. Brake (SH2) – електромеханічне гальмо. Воно виконує автоматичне, аварійне або допоміжне гальмування. Тим самим забезпечує зупинку двигуна, навіть при відсутності живлення.

3.3 Вибір програмного забезпечення

Сучасна промислова автоматизація пропонує багато програмних рішень для програмування контролерів, кожне з яких призначене для конкретних завдань. До найпопулярніших належать: Rockwell Studio 5000, Schneider Electric Unity Pro/EcoStruxure Control Expert, Mitsubishi GX Works та Siemens TIA Portal. Оскільки в цій роботі ми опираємось на обладнання Siemens, логічно було б використовувати їхнє програмне забезпечення. Таким чином ми ще більше спростимо реалізацію і збільшимо оптимізацію.

Siemens розробив програмне забезпечення TIA Portal як багаторівневе інженерне середовище, яке об'єднує всі необхідні інструменти для проектування, програмування та налагодження систем автоматизації. Програма дозволяє працювати з ПЛК, HMI-панелями, сервоприводами та іншими компонентами Siemens в одному інтерфейсі (рисунки 3.9).

В рамках TIA Portal доступні такі основні програмні пакети:

1. Simatic Step 7 – це основна середовище для програмування логічних контролерів Simatic (наприклад, S7-1200, S7-1500, S7-300/400). Вона підтримує різні мови програмування, такі як LAD (схорова логіка), FBD (функціональні блоки), STL (структурований текст) та STL (список інструкцій).

2. Simatic WinCC – цей пакет призначений для створення систем візуалізації та керування (HMI). Він дозволяє розробляти інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для операторських панелей або для комп'ютерних SCADA-систем.

3. Sinamics Startdrive – компонент для конфігурування та введення в експлуатацію сервоприводів та перетворювачів частоти серії Sinamics. Startdrive інтегрований у TIA Portal і дозволяє легко налаштовувати осі руху та синхронізувати їх з логікою ПЛК.

4. Simotion Scout TIA – пакет для складних застосувань Motion Control, що вимагають точного, багато осевого керування [24].

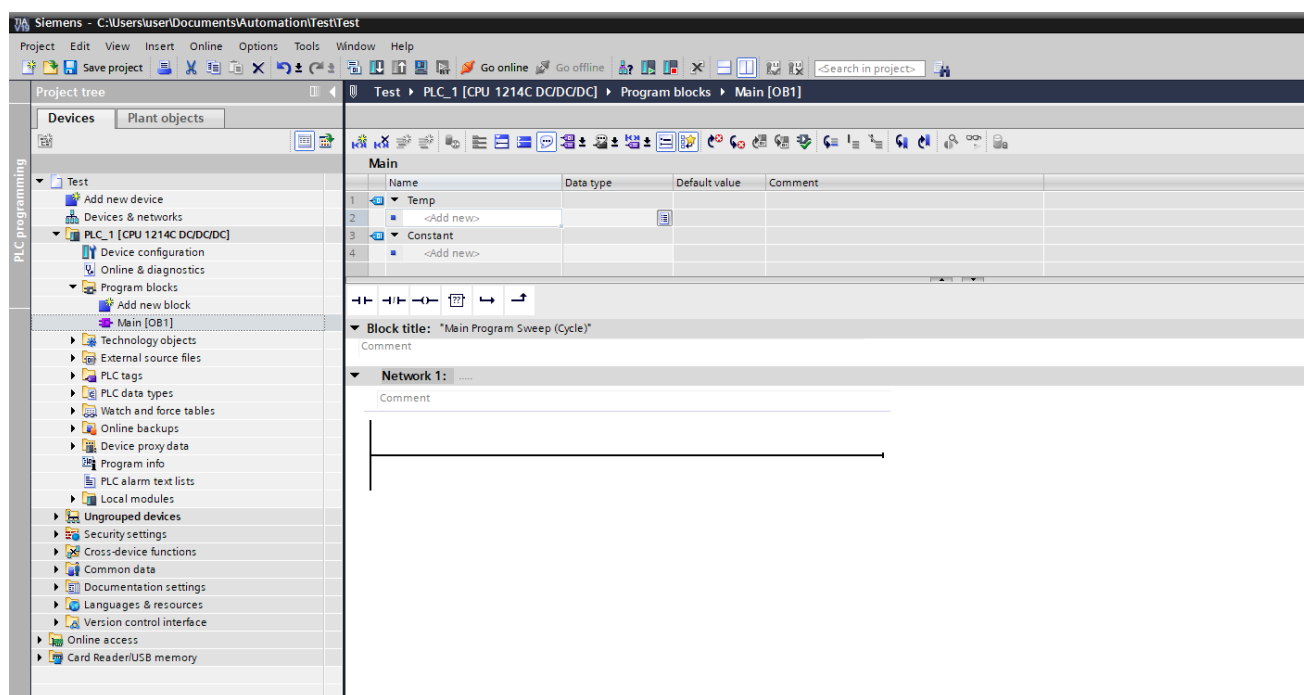


Рисунок 3.9 – Інтерфейс програмного забезпечення

У рамках цієї роботи буде використано TIA Portal як основне середовище програмування. Для точного налаштування сервоприводу буде задіяний пакет Startdrive, а для розробки HMI-дисплеїв – пакет Simatic WinCC.

3.4 Програмування та налаштування основного механізму штовхача в TIA Portal

Після ознайомлення з можливостями програмного забезпечення, перейдемо до етапів програмування та налаштування сервоприводу.

Програмування:

За основу був взятий режим абсолютного позиціонування, як основний режим та він реалізований програмно. Весь код написаний мовою LAD.

1. Network 1: Дозвіл роботи

Штовхач не почне працювати просто так. Спочатку потрібно «скинути» можливі аварії або підтвердити готовність системи, натиснувши кнопку PressAlarm_Button. Тільки після цього штовхач отримує дозвіл на роботу (Pusher_Control.Enable).

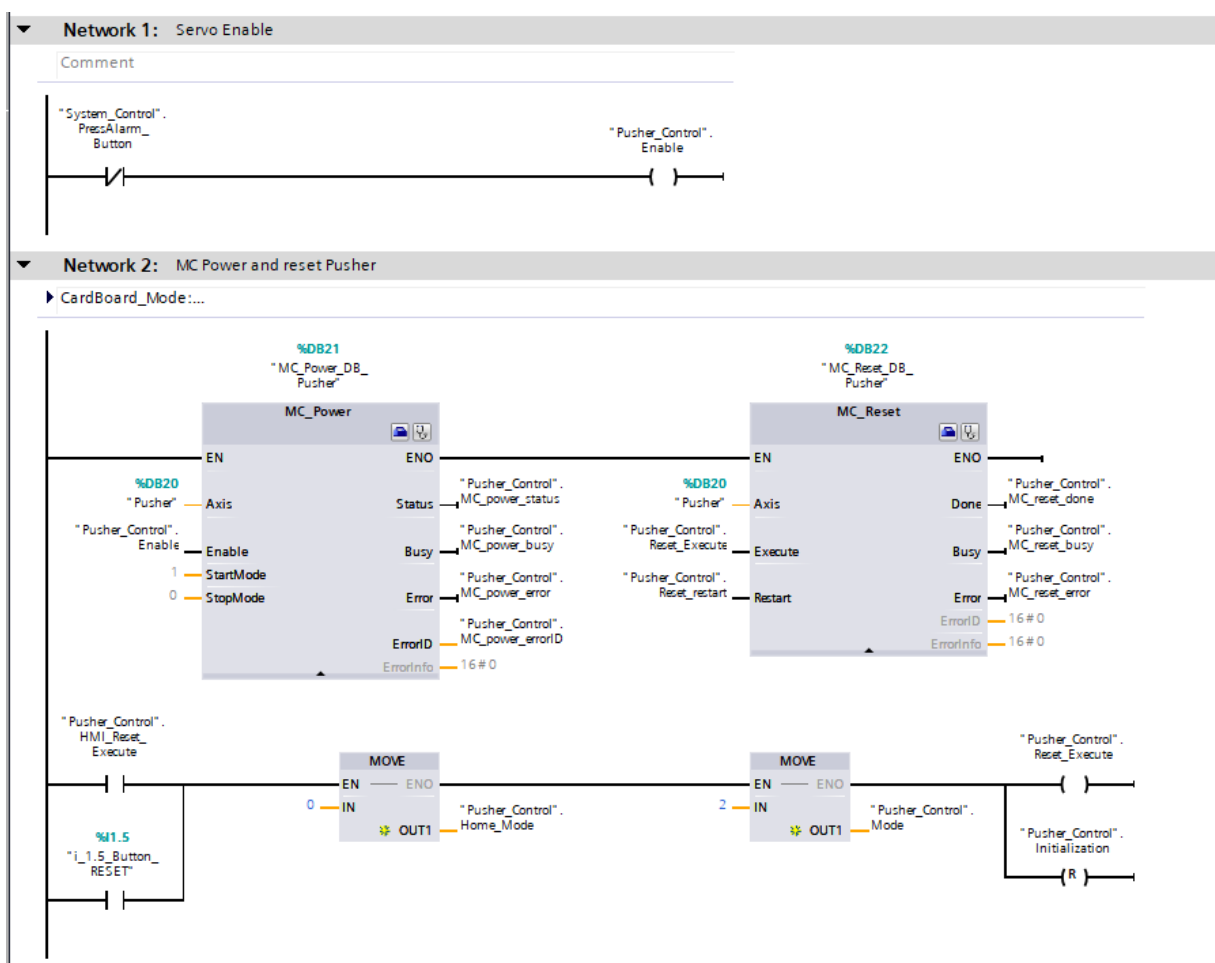


Рисунок 3.10 – Запуск та початок роботи серводвигуна

2. Network 2: Керування живленням та перезапуск

Як тільки дозвіл отримано, на сервопривід подається живлення через блок MC_Power. Система постійно стежить за його станом (увімкнений, вимкнений, є помилка). Якщо виникла проблема (аварія), її можна «скинути» за допомогою блоку MC_Reset, натиснувши відповідну кнопку на сенсорному екрані (HMI) або фізичну кнопку. При скиданні, система може перейти в «домашній» режим або режим ініціалізації для повторного налаштування (рисунок 3.10).

У системі існують кілька режимів роботи штовхача, основні – це ручний та абсолютне позиціонування.

3. Network 3: Ручний режим

Якщо потрібно посунути штовхач вручну вперед або назад (наприклад, для точного налаштування або переміщення), використовуються кнопки «Jog

Forward» (вперед) або «Jog Backward» (назад) на НМІ дисплеї. Натискання такої кнопки передає блоку MC_MoveJog команду рухатися в обраному напрямку із заданою на НМІ швидкістю. Штовхач буде рухатися, поки кнопка натиснута, і зупиниться, як тільки її відпустять.

4. Network 4-7: Режим абсолютного позиціонування

Режим описаний розгорнуто, з 4 по 7 Network. Весь код режиму абсолютного позиціонування занадто великий, тому на скріншоті (рисунок 3.11) він продемонстрований у згорнутому вигляді.

Він включає декілька етапів:

– Network 4: Ініціалізація

Коли приходить сигнал на запуск автоматичного циклу (наприклад, з кнопки на НМІ), штовхач готується до руху в конкретну, заздалегідь відому точку (абсолютне позиціонування). Під час ініціалізації скидаються старі прапори «домашнього» режиму, а також встановлюються параметри для майбутнього руху. Це швидкість руху до обраної точки і сама обрана абсолютна позиція. Паралельно система постійно відстежує поточне положення штовхача, щоб зрозуміти, чи перебуває він у своїй «домашній» (нульовій) позиції. Якщо штовхач знаходиться в цьому діапазоні, активується спеціальний прапор `Position_InHome`.

– Network 5: Запуск і контроль циклу руху

Після завершення всіх підготовчих дій та невеликої затримки, система активує прапори. Це вказує на те, що штовхач почав свій робочий цикл і тепер має рухатися, наприклад, вперед. Під час руху штовхач може проходити через певні важливі зони. Система постійно перевіряє, чи перебуває штовхач у цих конкретних зонах. Якщо він входить у таку зону, активується відповідний прапор. Він може використовуватися для сигналізації про проходження точки або для зміни подальшої поведінки.

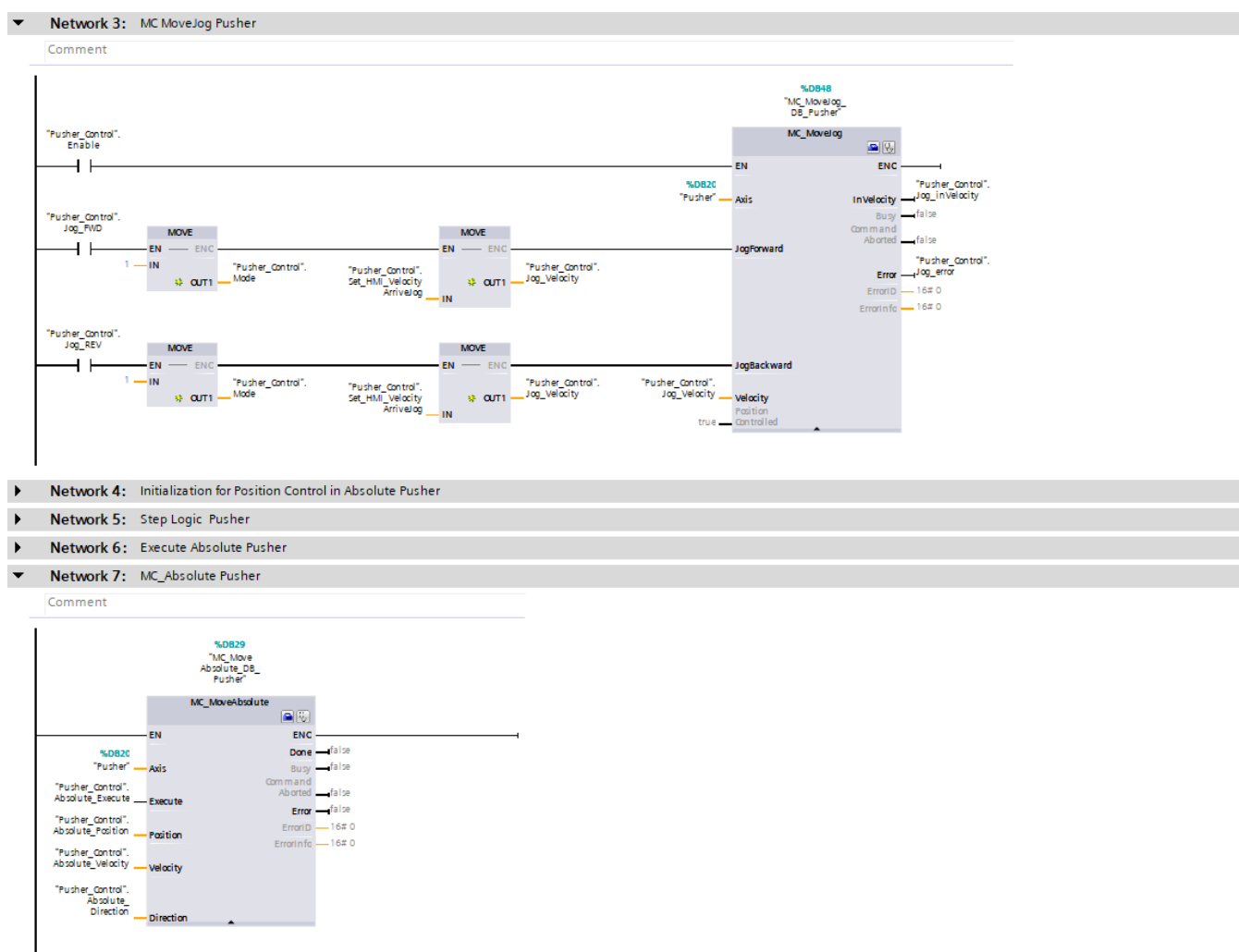


Рисунок 3.11 – Основні режими роботи сервопривіду

– Network 6: Перевірка виконання етапів та скидання стану

Після того, як штовхач досягає мети або завершує певний етап руху (наприклад, рух до сенсора або абсолютне позиціонування), спеціальний таймер вимкнення TOF з невеликою затримкою «скидає» всі прапори, які вказують на активний рух або виконання команди. Це необхідно для того, щоб система була готова до наступної команди і не «думала», що штовхач все ще рухається.

– Network 7: Виконання руху

Це основний момент для режиму абсолютного позиціонування. Головний блок MC_MoveAbsolute, який фактично дає команду сервоприводу. Коли приходить сигнал «Execute» (виконати) і штовхач дозволений, цей блок бере

задану цільову абсолютну позицію та швидкість, і переміщує штовхач точно в цю точку.

Налаштування сервоприводу:

Перейдемо до налаштування сервоприводу. Це вікно конфігурації приводу, яке встановлює фізичний зв'язок між ПЛК та серводвигуном.

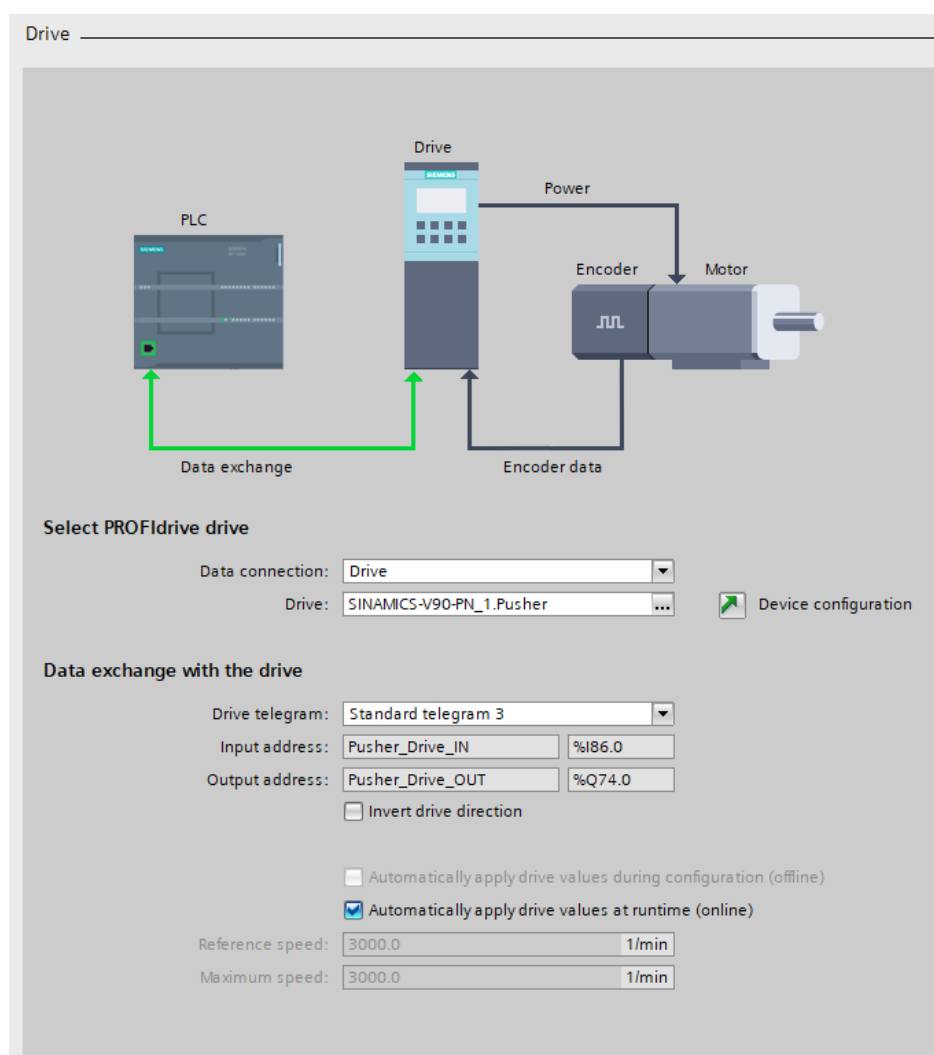


Рисунок 3.12 – Основні налаштування сервоперетворювача

Даний скріншот (рисунок 3.12) демонструє конфігурацію приводу, зв'язок між ПЛК та сервоперетворювачем Sinamics V90. Зв'язок відбувається через мережу Profinet. Для обміну даними використовується стандартна телеграма PROFIdrive 3. Вхідні дані від приводу надходять до ПЛК за адресою %I86.0, а

вихідні команди від ПЛК до приводу надсилаються на %Q74.0. Ці адреси прописані, безпосередньо, в коді, щоб був між ними зв'язок. Напрямок обертання двигуна не інвертований, що відповідає фізичному та програмному напрямку руху. Налаштування приводу автоматично застосовуються в онлайн-режимі під час виконання програми. Опорна та максимальна швидкості двигуна встановлені на 3000 об/хв.

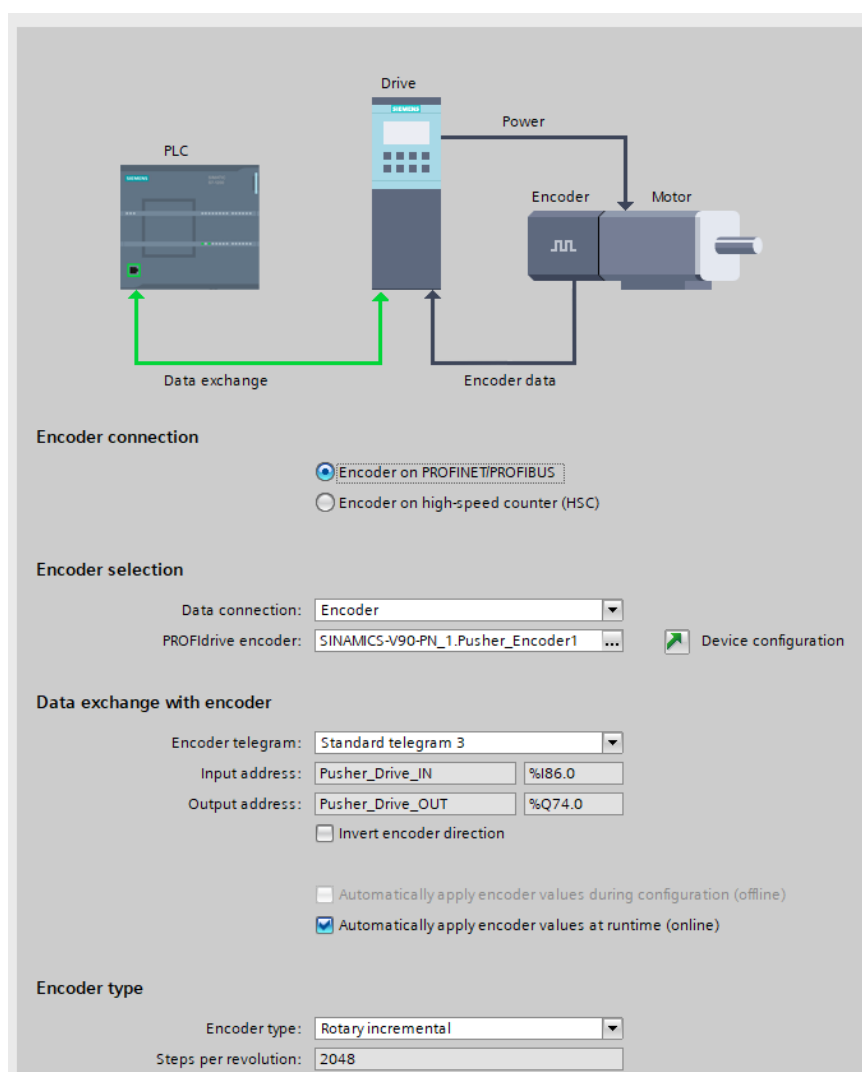


Рисунок 3.13 – Основні налаштування енкодера

На цьому скріншоті зображено налаштування енкодера. Він потрібен для точного зворотного зв'язку за положенням штовхача. Він підключений до сервоприводу через Profinet. Обмін даними між енкодером та ПЛК також

відбувається за допомогою стандартної телеграми PROFIdrive 3. Вхідні дані від енкодера надходять на адресу %I86.0, а вихідні дані – на %Q74.0. Так само, як і в налаштуваннях сервоперетворювача, тобто основні налаштування збігаються.

Обраний обертально-інкрементний тип енкодера. Це означає, що він генерує імпульси пропорційно кутовому переміщенню. За один повний оберт валу двигуна, енкодер видає 2048 кроків (імпульсів) – це його роздільна здатність і, відповідно, точність вимірювання положення штовхача.

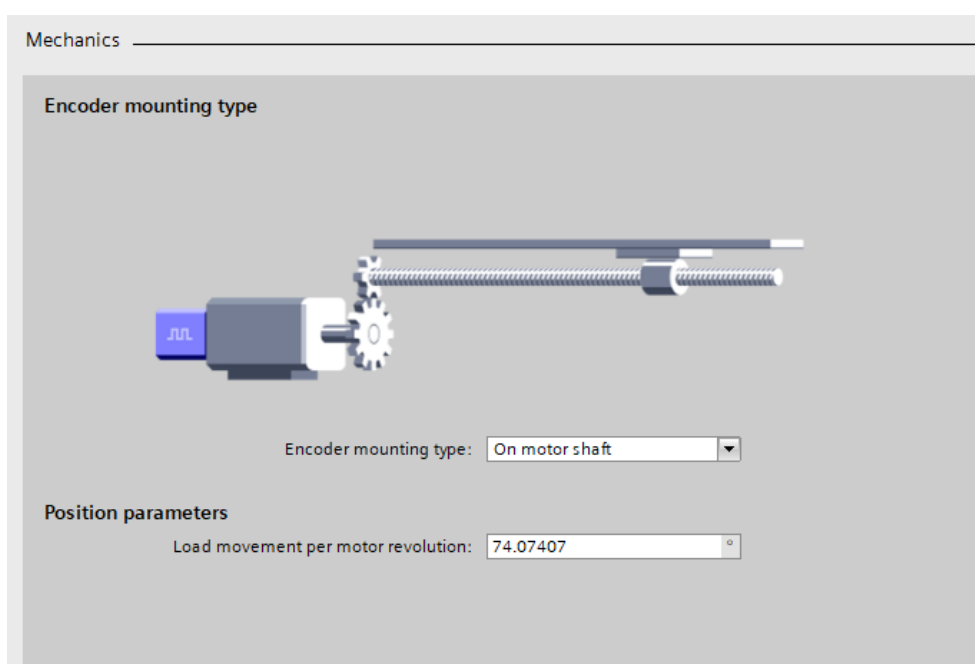


Рисунок 3.14 – Візуалізація перетворення обертального руху в лінійний

На скріншоті (рисунок 3.14) зображено енкодер, мотор, та редуктор. В даному випадку, редуктор представлений у вигляді зубчастої шестерні, що приводить у рух зубчасту рейку, яка, в свою чергу, здійснює лінійний рух (це найближчий варіант передачі логіки переміщення для даної роботи, який доступний у Sinamics Startdrive). Енкодер встановлений, безпосередньо, на валу двигуна, який дає зворотний зв'язок за обертанням двигуна.

Ключовим параметром даного скріншоту є «Load movement per motor revolution» (переміщення навантаження за один оберт двигуна), встановлене як 74.07407. Це означає, що за один повний оберт сервомотора (360°), лінійний

штовхач переміщується на 74.07407 мм. Цей коефіцієнт є основним для конкретного перетворення заданих значень положення в градусах у фізичне лінійне переміщення штовхача. Звідси, для переміщення штовхача на 690 мм необхідно 9.3149 обертів двигуна, що відповідає 3353.364° .

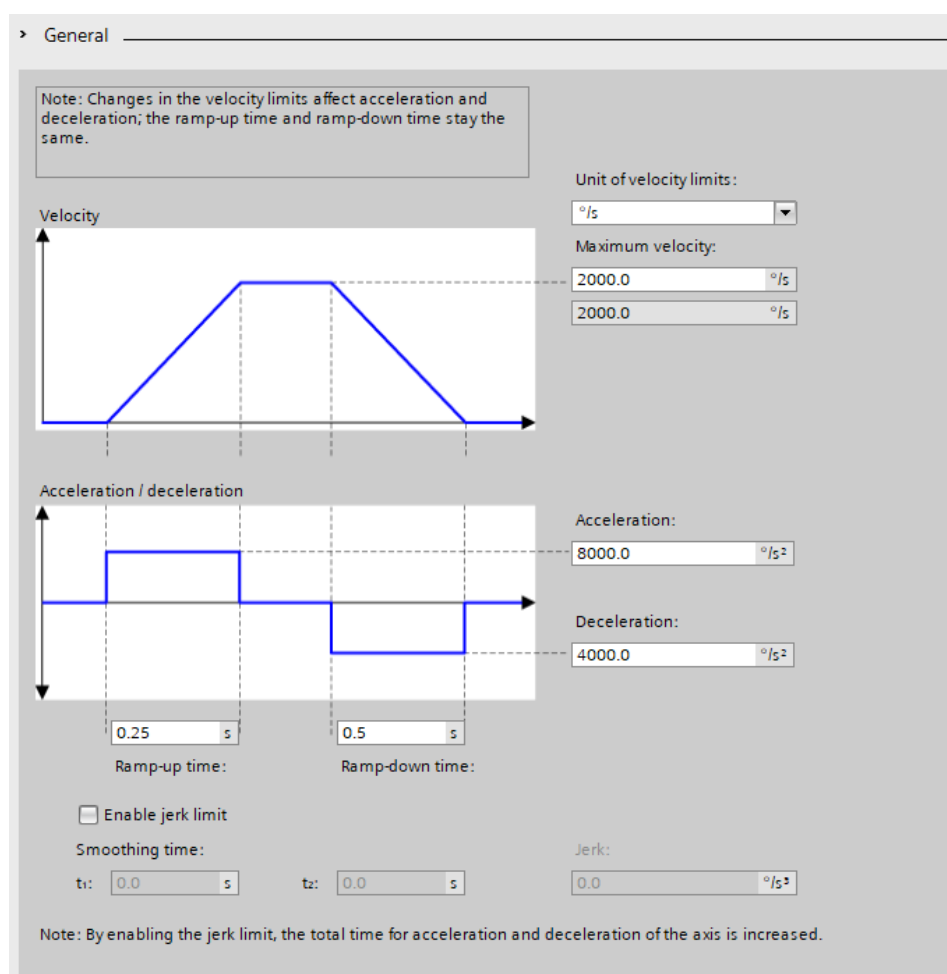


Рисунок 3.15 – Основні налаштування швидкості, прискорення та уповільнення серводвигуна

На даному скріншоті (рисунок 3.15) можна побачити налаштування швидкості, прискорення та уповільнення для осі. Одиниці швидкості встановлені в °/с. Важливо додати, що незважаючи на максимальну швидкість двигуна, робоча швидкість осі в конфігурації технологічного об'єкта обмежена до 2000 °/с (що еквівалентно 333.33 об/хв).

Прискорення встановлено на $8000.0 \text{ }^\circ/\text{с}^2$, а уповільнення на $4000.0 \text{ }^\circ/\text{с}^2$. Час розгону до максимально заданої швидкості становить $0,25 \text{ с}$, а час уповільнення – $0,5 \text{ с}$.

3.5 Впровадження НМІ дисплеїв

Також додатково були розроблені декілька НМІ дисплеїв для зручності взаємодії оператора з обладнанням. Це дозволяє оператору задавати параметри роботи і отримувати інформацію про стан системи в реальному часі.

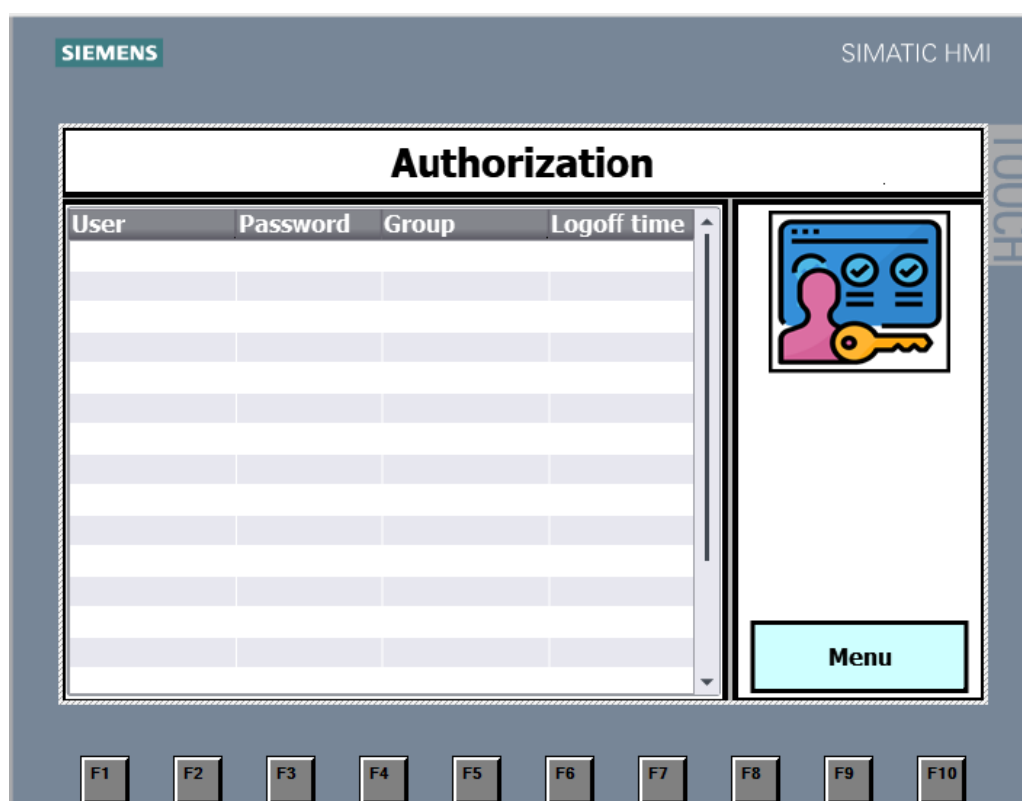


Рисунок 3.16 – Дисплей авторизації у систему

На даному дисплеї (рисунок 3.16), оператор може авторизуватися в системі, увівши свої данні в потрібні поля.

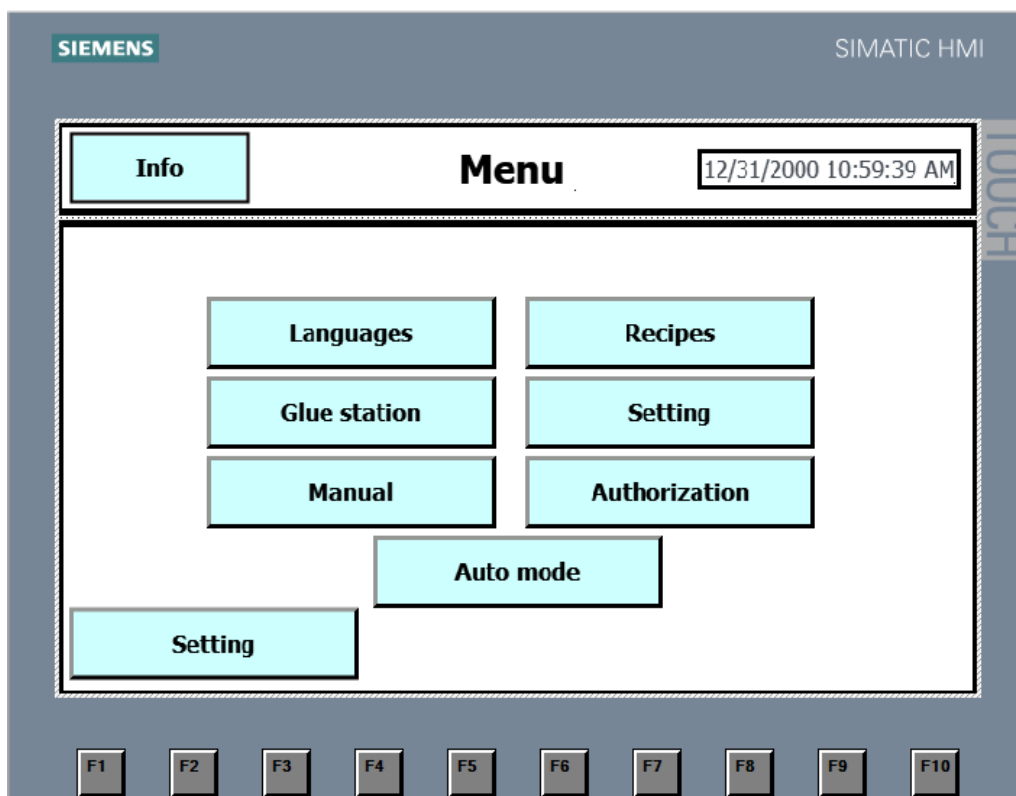


Рисунок 3.17 – Дисплей головного меню

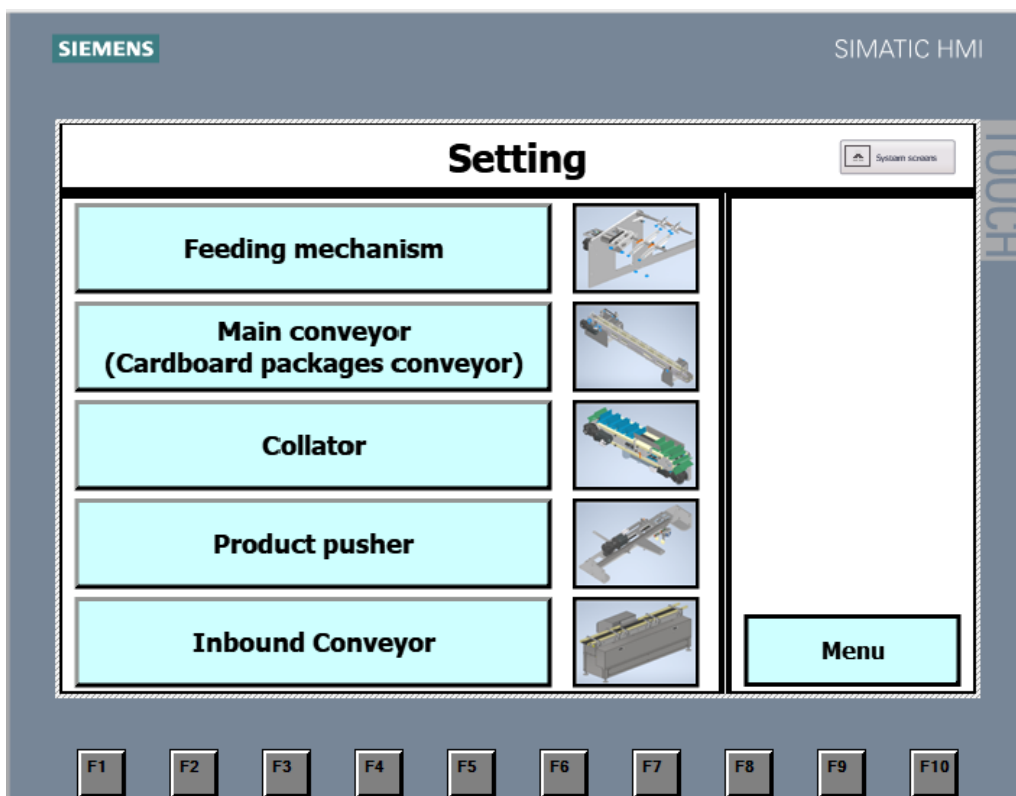


Рисунок 3.18 – Дисплей вибору основних функціонуючих елементів
пакувальника

На дисплеї (рисунок 3.17) продемонстровано головне меню, в якому можна: змінити мову, подивитися мануал (основну інформацію про машину), заново авторизуватися (при зміні оператора), перейти до вибору основних функціонуючих елементів тощо.

На дисплеї (рисунок 3.18) показані основні функціонуючі елементи пакувальної машини. До них входять: гріппер, внутрішній конвеєр, коллатор, сревопривідний штовхач та вхідний конвеєр.

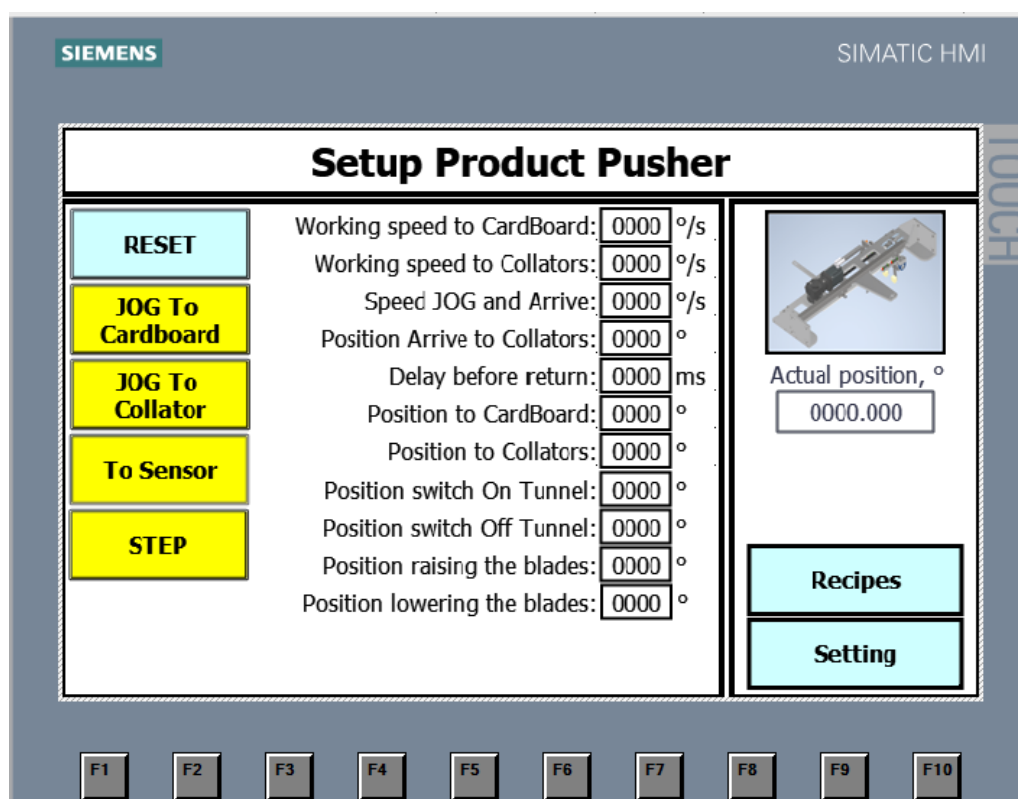


Рисунок 3.19 – Дисплей основних можливостей редагування роботи штовхача

А вже на дисплеї (рисунок 3.19), продемонстровано основні можливості редагування роботи штовхача. Можна побачити кнопки, за рахунок яких можна переміщувати штовхач вручну, до обраних зон, або обрати автоматичний режим тощо. Також показано можливість редагування основних параметрів.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі дипломної роботи був успішно реалізований сервопривідний штовхач. Для цього були ретельно підібрані необхідні компоненти, а на їх основі була розроблена електрично-принципова схема підключення.

Важливим етапом роботи був вибір програмного забезпечення, в якому було здійснено програмування логіки роботи та точне налаштування сервоприводу. Крім того, для забезпечення ефективної взаємодії оператора з обладнанням, були розроблені НМІ-дисплеї. Вони надають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для моніторингу та контролю процесу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В умовах розвитку передових технологій, питання забезпечення високого рівня охорони праці набуває особливої значущості. Харчова галузь, маючи свою специфіку, поєднує в собі широкий спектр технологічних процесів. Це використання різного обладнання, потенційно небезпечних речовин та наявність специфічних виробничих факторів, що створюють потенційні ризики для здоров'я та безпеки працівників. Автоматизовані конвеєрні системи – ключова ланка у виробничих процесах. Звідси зростають вимоги до ретельного аналізу з точки зору охорони праці.

Актуальність дослідження питань охорони праці в харчовій галузі зумовлена не лише необхідністю зменшенню виробничого травматизму, а й покращенню умов праці на виробництві. Це є пріоритетом для галузі, яка має вплив на здоров'я населення. Особливості харчового виробництва, такі як робота з біологічно активними середовищами, вимоги до гігієни, температурою та вологістю, визначають широкий набір потенційних небезпек. Вони потребують розуміння та заходів запобігання.

У цьому розділі буде проведено аналіз стану охорони праці на підприємствах харчової промисловості. Розглядатимуться загальні особливості організації та забезпечення безпечних умов праці в галузі. Включаючи нормативно-правове регулювання, ідентифікацію основних небезпечних та шкідливих виробничих факторів. А також специфічні ризики, пов'язані з різними технологічними процесами.

4.1 Аналіз стану охорони праці у харчовій галузі

Охорона праці в харчовій промисловості є комплексною системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів. Вони спрямовані на збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі їхньої трудової діяльності. Вона базується на низці загальних принципів і регулюється значним обсягом нормативно-правових актів.

4.1.1 Загальні принципи та нормативне регулювання охорони праці у харчовій промисловості

Загальні принципи охорони праці у харчовій промисловості:

1. Пріоритет життя та здоров'я працівників. Цей принцип є основним і передбачає, що жодні економічні вигоди не можуть ставитися вище за безпеку та здоров'я людини. Наприклад, при проектуванні нового обладнання повинні враховуватися певні ергономічні вимоги. Такі як оптимальна висота робочої зони, в межах 800-1000 мм для більшості операцій. Це зменшує навантаження на опорно-руховий апарат. Всі рішення, що приймаються на підприємстві, повинні враховувати потенційний вплив на працівників.

2. Забезпечення охорони праці вимагає системного підходу. Воно охоплює всі аспекти трудової діяльності – від проектування обладнання та технологічних процесів до навчання працівників безпечним методам праці. Також забезпечення їх засобами індивідуального захисту. Наприклад, рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА протягом 8-годинного робочого дня.

3. Заходи з охорони праці повинні бути спрямовані на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Це відбувається шляхом виявлення та усунення потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів. До таких заходів належить регулярний контроль вмісту шкідливих речовин у

повітрі робочої зони. Він не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій. Наприклад, для борошняного пилу ГДК становить 4 мг/м³.

4. Забезпечення належного рівня охорони праці є спільною відповідальністю роботодавців, працівників та їхніх представників. Ефективна співпраця створює безпечні і здорові умови праці.

5. Держава здійснює нагляд і контроль за дотриманням законодавства про охорону праці. Встановлює обов'язкові норми та стандарти, а також визначає відповідальність за їх порушення. Наприклад, посадові особи, винні у порушенні законодавства, можуть бути притягнуті до адміністративної відповідальності у вигляді штрафу в розмірі від 340 до 8500 гривень. Все залежить від характеру правопорушення.

6. Впровадження новітніх технологій, безпечного обладнання та сучасних методів організації праці поліпшує умови праці та знижує ризики.

7. Створення гарних умов праці є економічно вигідним для підприємства. Оскільки призводить до зниження витрат на лікування, виплату компенсацій, втрати робочого часу тощо. Наприклад, витрати на лікування одного випадку виробничого травматизму можуть сягати десятків тисяч гривень.

8. Працівники мають право на повну та достовірну інформацію про умови праці. Повинні бути наявними небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також заходи щодо їхнього захисту.

Нормативне регулювання охорони праці у харчовій промисловості в Україні:

Закони України:

1. Закон України "Про охорону праці" (від 14.10.1992 № 2694-XII): Є основним законодавчим актом, що визначає конституційне право працівників на охорону їхнього життя і здоров'я у процесі трудової діяльності. Він встановлює основні принципи та державну політику в цій сфері. Регулює відносини між

роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища [25].

2. Кодекс законів про працю України. Він містить окремі статті, що регулюють питання охорони праці, зокрема щодо трудового договору (стаття 24 визначає обов'язкове інформування працівника про умови праці); робочого часу та часу відпочинку (стаття 50 обмежує нормальну тривалість робочого тижня); пільг і компенсацій за важкі та шкідливі умови праці (стаття 100 передбачає доплати за роботу в шкідливих умовах, розмір яких встановлюється колективним договором) [26].

Підзаконні нормативно-правові акти:

1. Постанови Кабінету Міністрів України. Вони визначають порядок розслідування та обліку нещасних випадків (Постанова КМУ від 17 квітня 2019 р. № 337 встановлює процедуру розслідування нещасних випадків на виробництві протягом 5-15 робочих днів залежно від їхньої тяжкості); порядок проведення обов'язкових медичних оглядів працівників певних категорій (Постанова КМУ від 21 травня 2007 р. № 76 передбачає періодичність медичних оглядів для працівників харчової промисловості не рідше одного разу на рік); встановлюють розміри компенсацій за шкідливі умови праці тощо [27].

2. Наказ Державної служби гірничопромислової безпеки та охорони праці України. Затверджують численні правила та норми з охорони праці для різних галузей промисловості, включаючи харчову. Ці правила встановлюють конкретні вимоги безпеки до технологічних процесів (наприклад, мінімальна відстань між конвеєрами повинна становити не менше 0,7 метра); обладнання, будівель і споруд (наприклад, коефіцієнт природного освітлення в основних виробничих приміщеннях повинен бути не менше 1,5%); організації робочих місць, навчання працівників (наприклад, первинний інструктаж на робочому місці повинен тривати не менше 2 годин) тощо [28].

3. Накази Міністерства охорони здоров'я України. Вони регулюють питання гігієни праці, встановлюють санітарні норми та правила для підприємств харчової промисловості. Наприклад, Державні санітарні правила та норми та правила ДСанПіН 2.3.4.15-01 встановлюють вимоги до температури в холодильних камерах на рівні не вище $+6^{\circ}\text{C}$ для зберігання швидкопсувних продуктів. Визначають перелік шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу. До них проводяться обов'язкові медичні огляди (наприклад, Наказ МОЗ України від 21 травня 2007 р. № 246 визначає перелік шкідливих факторів, таких як виробничий шум вище 80 дБА або контакт з дезінфікуючими засобами) [29].

4.1.2 Специфічні загрози та ризики у виробничих процесах харчової промисловості

У харчовому виробництві зростає ймовірність травмування через постійну взаємодію працівників з обладнанням. Це необхідно для контролю за перебігом процесу виробництва, ліквідації заторів та випадкового розсипання сировини, а також для очищення машин, приладів і трубопроводів.

Відповідно до ДСТУ EN 1672-1-2001, обладнання для харчової промисловості може мати такі види небезпеки:

1. Технічна небезпека. Ризик, що виникає з механічних чинників (рухомі компоненти, обертові частини, наявність матеріалу в робочій зоні оператора). Сюди також входить небезпека раптового вивільнення запасеної енергії (вибуховий вихід пари, різкий перепад гідравлічного, пневматичного тиску, вакууму або стисненого повітря). До того ж, небезпека ковзання (ймовірність послизнутися на забруднених поверхнях, де є волога, мастила або жири) також має значення.

2. Електрична небезпека. Ураження електричним струмом (внаслідок впливу струму в умовах підвищеної вологості, вологому середовищі, або через

потрапляння води чи інших речовин в обладнання при митті). Розряди статичної електрики (виникнення електричного потенціалу під час руху сипких матеріалів, переливання діелектричних рідин або змотування поліетиленової плівки).

3. Теплова небезпека. Вона виникає внаслідок існування нагрітих або надто холодних поверхонь обладнання (зокрема, у гарячих виробничих приміщеннях або у камерах, що охолоджуються).

4. Радіаційна загроза. Це ризик радіоактивного забруднення, що стосується як працівника, так і харчового виробу (може виникати під час обробки зерна на елеваторах для усунення шкідників).

5. Небезпека від контакту з матеріалами та речовинами, або їх вдихання. Загрози від сировини та готової продукції: алергічні прояви від пилу чи випарів продовольчих товарів, запахи. Пожежна загроза та ризик вибуху (використання окислювачів для обробки харчових виробів і процесів очищення тощо); біологічна й мікробіологічна небезпека (спричинена мікроорганізмами у виробничому процесі, а також занесенням їх ззовні до харчової сировини та готової продукції).

6. Ергономічна небезпека, викликана частими повторюваними діями. Наприклад, під час пакування товару.

7. Небезпека, спричинена накопиченням продукту. Може виникнути через скупчення продукту в разі аварійної зупинки технологічної лінії. Це може призвести до перегріву або виділення токсичних речовин [30].

4.1.3 Гігієнічні вимоги та санітарні норми як складова охорони праці у харчовій галузі

У харчовій промисловості гігієнічні вимоги та санітарні норми є надзвичайно важливими. Їх дотримання спрямоване не лише на запобігання забрудненню харчової продукції, а й забезпечення її безпечності для споживачів. Також на створення здорових та безпечних умов праці для працівників галузі.

Порушення санітарно-гігієнічних норм може призвести до харчових отруєнь та поширенню інфекційних захворювань серед споживачів та персоналу. А також до створення несприятливого виробничого середовища, що негативно впливає на здоров'я працівників.

Вплив гігієнічних умов на безпеку праці та якість продукції:

1. Дотримання гігієнічних норм (що включає миття рук з милом протягом 20 секунд кожні 2 години). Це елемент запобігання мікробіологічному, хімічному та фізичному забрудненню харчових продуктів. Це мінімізує ризик харчових отруєнь та захворювань серед споживачів [31].

2. Підтримання належного рівня чистоти (регулярне прибирання з кратністю не менше 1 разу на зміну), вентиляції (забезпечення повітрообміну відповідно до технологічних процесів, не менше 3-5 обмінів на годину), освітлення (рівень освітленості на робочих поверхнях повинен становити не менше 300 люкс для виконання точних робіт) та контролю за шкідниками (проведення дезінсекції та дератизації не рідше 1 разу на місяць). Ці фактори сприяють створенню комфортних та безпечних умов праці.

3. Регулярне прибирання розлитих рідин (протягом 5 хвилин після виявлення), видалення відходів (не рідше 1 разу на зміну), забезпечення чистоти підлог (коефіцієнт тертя підлогового покриття повинен бути не менше 0,4) та проходів (ширина основних проходів не менше 1,5 м) зменшують ризик падінь та травм на виробництві [32].

Санітарні норми та правила для виробничих приміщень та обладнання:

Виробничі приміщення:

1. Розташування цехів та відділень повинно гарантувати безперебійність технологічних процесів. Наприклад, обов'язкове розділення "чистих" та "брудних" зон, з мінімальною відстанню між ними 5 метрів. Це робиться для уникнення перехресного забруднення.

2. Стіни необхідно оздобити глазурованою плиткою на висоту щонайменше 1,8 метра. Підлога потребує вологонепроникного покриття з нахилом до трапів (не менше 1%), а стелі слід пофарбувати вологостійкою фарбою, що дозволяє регулярне миття та дезінфекцію.

3. Ефективна вентиляційна система має гарантувати виведення шкідливих домішок. Зокрема, концентрація вуглекислого газу не може перевищувати 0,1% від загального об'єму повітря. Пилу – не більше гранично допустимої концентрації (ГДК), а також видаляти гази та пари. Крім цього, система повинна забезпечувати оптимальний мікроклімат у приміщенні. В літню пору року температура повітря має бути не вище +28°C, вологість повітря від 40% до 60%, а швидкість руху не повинна перевищувати 0,2 м/с [33].

4. Рівень освітлення має відповідати встановленим нормам, враховуючи характер виконуваних робіт. Припустимо, для ретельного контролю якості кінцевої продукції потрібно щонайменше 500 люкс, а для загального освітлення цехів достатньо не менше 200 люкс. Крім того, освітлення повинно гарантувати безпечні умови праці, з коефіцієнтом пульсації світла, що не перевищує 15%.

Обладнання:

1. Обладнання слід виготовляти з матеріалів, безпечних для контакту з їжею, що легко миються та дезінфікуються. Конструкція має запобігати скупченню харчових відходів та інших забруднень.

2. Систематичний техогляд (відповідно до встановленого розкладу, але щонайменше 1 раз на місяць). Очищення (після кожної зміни або через кожні 4 години роботи), обладнання з застосуванням дозволених мийних і дезінфікуючих розчинів (концентрація та час витримки згідно з настановами виробника). Все це є обов'язковою умовою для гарантування безпечного та гігієнічного використання.

4.2 Забезпечення охорони праці при експлуатації автоматизованих конвеєрних систем на підприємствах харчової промисловості

Автоматизовані конвеєрні системи – невід'ємна частина сучасних харчових підприємств. Проте, їхнє функціонування може супроводжуватися рядом потенційних загроз та небезпек, що можуть призвести до травмування персоналу, пошкодження техніки та зривів виробничого графіка. Аналіз цих ризиків є необхідним для впровадження ефективних заходів безпеки.

4.2.1 Потенційні небезпеки та ризики, пов'язані з експлуатацією автоматизованих конвеєрних систем у харчовій промисловості

Небезпеки, пов'язані з рухомими частинами конвеєрів:

Однією з основних груп небезпек є контакт працівників з рухомими елементами конвеєрних систем. До них відносяться: стрічки, ролики, ланцюги, зірочки, барабани та приводні механізми.

1. Працівники, які знаходяться занадто близько до незахищених рухомих частин конвеєра, можуть бути затягнуті або захоплені ними. Це може призвести до серйозних травм, включаючи переломи, розриви м'язів та навіть ампутацію. Особливо небезпечними є місця з'єднання стрічок, точки перегину та приводні механізми.

2. Випадковий контакт з рухомою стрічкою або іншими частинами конвеєра може призвести до ударів, синців та інших травм. Це особливо актуально у місцях інтенсивного руху або при раптовому запуску обладнання.

3. У місцях, де рухомі частини конвеєра контактують з нерухомими елементами конструкції або іншим обладнанням, існує ризик розрізання або защемлення кінцівок. Найчастіше під час обслуговування або випадкового потрапляння в небезпечну зону [34].

Ризики, пов'язані з обслуговуванням та ремонтом автоматизованих систем:

Проведення технічного обслуговування, налагодження або ремонту автоматизованих конвеєрних систем пов'язане зі специфічними ризиками.

1. Невірне блокування або відсутність перевірок перед початком робіт може призвести до раптового ввімкнення конвеєра. Тим самим створюючи серйозну небезпеку для робітників, що обслуговують обладнання.

2. Автоматизовані конвеєрні системи мають електричні приводи та елементи керування. Порушення правил електромонтажу, пошкодження ізоляції або недотримання норм з електробезпеки здатні викликати ураження електричним струмом.

3. Обслуговування певних компонентів конвеєрних ліній може потребувати праці на висоті. Наприклад, для обслуговування приводних станцій чи верхніх ділянок конвеєрів. Якщо немає відповідних засобів доступу (драбин, помостів) та систем страхування, це може спричинити падіння [35].

4.2.2 Технічні засоби забезпечення безпеки праці на автоматизованих конвеєрних ділянках

На конвеєрних ділянках, підприємства застосовують різноманітні технічні засоби для забезпечення безпеки праці працівників. Ці засоби спрямовані на запобігання контакту з небезпечними елементами обладнання, попередження небезпечних ситуацій та мінімізацію наслідків у разі їх виникнення.

Захисні огороження:

1. Стационарні огороження. Це постійно встановлені конструкції, які повністю закривають небезпечні зони конвеєра. Тим самим зменшують випадковий доступ до них під час роботи обладнання. Вони повинні бути міцними, надійно закріпленими та відповідати розмірам небезпечної зони.

2. Блокувальні огороження. Ці огороження обладнані механізмами блокування, які не дозволяють відкрити їх під час роботи конвеєра. Автоматично зупиняють обладнання при їх відкритті. Це особливо важливо для зон, які потребують періодичного обслуговування або очищення.

3. Регульовані огороження. Ці захисні бар'єри змінюють своє розташування для надання доступу до конкретних сегментів конвеєра під час ремонтних робіт. Одночасно гарантують захист у процесі звичайної експлуатації. Вони також мають бути оснащені системами блокування [36].

Блокувальні пристрої:

Встановлюються для контролю положення рухомих частин обладнання або захисних огорожень. Наприклад, вони можуть відключати привід конвеєра при відкритті захисних дверей або при досягненні крайнього положення рухомого елемента [37].

Системи аварійної зупинки:

1. Кнопки аварійної зупинки. Вони розташовуються у легкодоступних місцях вздовж конвеєрної лінії. Мають червоний колір на жовтому фоні. При натисканні на кнопку відбувається миттєве відключення приводу конвеєра.

2. Тросові вимикачі аварійної зупинки (стоп-троси). Протягуються вздовж конвеєрної лінії та дозволяють зупинити конвеєр з будь-якої точки шляхом натягування троса. Це особливо зручно для довгих конвеєрів [38].

3. Системи контролю цілісності стрічки. У разі розриву транспортерної стрічки, відповідні сенсори реагують на це, миттєво вимикаючи приводний механізм. Це дозволяє уникнути додаткових ушкоджень обладнання та мінімізує ризик отримання травм.

Сигнальні та попереджувальні пристрої:

1. Миготливі або постійно увімкнені світлові сигнали можуть вказувати на запуск конвеєра, його несправність або інші небезпечні ситуації.

2. Звукові сигнали (гудки, сирени) можуть попереджати про запуск конвеєра, аварійну зупинку або інші події.

3. Попереджувальні знаки та плакати. Вони розміщуються біля конвеєрних ліній та містять інформацію про потенційні небезпеки, правила безпечної роботи та необхідні дії у випадку аварійних ситуацій [39].

4.2.3 Організаційні та профілактичні заходи щодо забезпечення безпеки праці при роботі з автоматизованими конвеєрними системами

Окрім технічних засобів захисту, важливу роль також відіграють організаційні та профілактичні заходи. Ці заходи спрямовані на створенні безпечних процедур виконання робіт, навчанні персоналу, контролю за дотриманням вимог безпеки та запобіганням виникненню небезпечних ситуацій.

Розробка та впровадження інструкцій з охорони праці та безпечного виконання робіт:

1. Інструкції необхідно складати, спираючись на чинне законодавство та технічну документацію на обладнання. Після аналізу можливих небезпек та ризиків. Також слід враховувати особливості конкретного виробництва та обладнання. Вони повинні містити зрозумілий опис безпечних способів виконання робіт, вимоги до підготовки робочого місця, правила використання засобів індивідуального захисту тощо.

2. Інструкції повинні бути доступні для працівників на їхніх робочих місцях (у паперовому або електронному вигляді). Працівники повинні бути ознайомлені з відповідними інструкціями під підпис [40].

Проведення навчання та інструктажів з питань охорони праці для працівників:

1. Вступний інструктаж. Він проводиться з усіма новоприйнятими працівниками до початку самостійної роботи. Він охоплює загальні питання

охорони праці на підприємстві, правила внутрішнього трудового розпорядку. Також порядок дій у випадку аварійних ситуацій, місця розташування засобів пожежогасіння та аптечок першої допомоги тощо.

2. Первинний інструктаж на робочому місці проводиться до початку роботи саме на конвеєрній ділянці. Він включає ознайомлення з конкретним обладнанням, небезпечними факторами та безпечними методами праці; порядком підготовки до роботи, використанням захисних огорожень та блокувань.

3. Повторний інструктаж. Він проводиться періодично (не рідше одного разу на 6 місяців) з метою закріплення знань з охорони праці та ознайомлення з новими вимогами або змінами в технологічних процесах [41].

Проведення періодичних оглядів та випробувань конвеєрних систем:

1. Періодичні огляди проводяться відповідно до встановлених графіків (щоденно, щотижнево, щомісячно) відповідальними працівниками. З метою візуальної перевірки стану конвеєрів, наявності та справності захисних огорожень, блокувань, систем аварійної зупинки, сигналізації тощо. Результати оглядів фіксуються у відповідних журналах.

2. Періодичні технічні огляди. Вони проводяться спеціалізованими організаціями або кваліфікованими працівниками підприємства. Мета – детальна перевірка технічного стану конвеєрів, проведення необхідних вимірювань та випробувань. Результати оформлюються відповідними актами та протоколами.

Висновки до розділу 4

У спеціальному розділі «Охорона праці» дипломної роботи розглянуто питання охорони праці на підприємствах харчової промисловості з акцентом на потенційні небезпеки й заходи безпеки під час експлуатації автоматизованих конвеєрних систем. Звідси можна зробити такі висновки:

1. Нормативно-правове регулювання охорони праці в харчовій промисловості базується на Законі України "Про охорону праці" та численних підзаконних актах. Ключовими принципами є пріоритет життя та здоров'я працівників, комплексність підходу до забезпечення безпеки, профілактика нещасних випадків та державний контроль за дотриманням законодавства.

2. Специфіка харчової галузі має різноманітні небезпеки виробничого характеру. Впровадження автоматизованих конвеєрних систем підвищує продуктивність. Але в той же час дає окремі ризики, зумовлені контактом з рухомими складовими та небезпекою при проведенні технічного обслуговування та ремонту.

3. Для мінімізації цих ризиків на автоматизованих конвеєрних ділянках застосовується комплекс технічних засобів безпеки. Це захисні огороження, блокувальні системи з аварійною зупинкою, сигналізації тощо.

4. Не менш важливими є організаційні та профілактичні заходи. Такі як розробка детальних інструкцій з охорони праці, проведення якісного навчання та інструктажів для персоналу. А також ретельна організація безпечного виконання ремонтних робіт, регулярне проведення технічних оглядів та випробувань конвеєрних систем.

5. Ефективне забезпечення безпеки праці на конвеєрних ділянках вимагає комплексного підходу. Це передбачає одночасне та скоординоване застосування як технічних, так і організаційних заходів. Лише за таких умов можливо досягти значного зниження рівня виробничого травматизму та професійних захворювань.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота на тему «Автоматизована система конвеєрної ділянки на виробництві харчової промисловості» розглядає комплексне підвищення продуктивності та ефективності конвеєрної системи на виробництві харчової промисловості за рахунок інтеграції сервопривідних штовхачів пакувальної машини. Це дозволило зробити наступні висновки:

1. В процесі роботи були проаналізовані технологічні особливості конвеєрів на харчовому виробництві, загальний технологічний процес та можливості його вдосконалення. А також місце пакувальних машин в конвеєрних системах.
2. Аналіз підтвердив, що конвеєри є основою ефективності сучасного виробництва, а конвеєрні системи виступають ключовою ланкою в оптимізації харчового виробництва. Також було встановлено, що сучасне пакувальне обладнання спирається на принцип абсолютного позиціонування, що гарантує високу точність рухів та синхронізацію всіх операцій.
3. Була описана логіка роботи вхідних та вихідних конвеєрів пакувальної ділянки, зокрема принципи «рукостискання» та ZPA-логіка. Також була розроблена функціональна схема пакувальної машини з інтегрованими конвеєрами, описані її елементи та їхні взаємозв'язки. Важливим результатом стало створення блок-схеми алгоритму функціонування всієї пакувальної ділянки, в якій сервопривідний штовхач виступає одним з основних елементів.
4. Для практичної реалізації штовхача були підібрані необхідні компоненти, а на їхній основі розроблена електрично принципова схема підключення. Також був вибір програмного забезпечення, в якому було здійснено програмування логіки роботи за принципом абсолютного позиціонування та точне налаштування сервоприводу. Це дозволило досягти необхідної

швидкості та точності позиціонування. Також, для забезпечення ефективної взаємодії оператора з обладнанням, були розроблені НМІ-дисплеї, які спрощують моніторинг та керування системою.

5. За рахунок використання у проектуванні сервопривідного штовхача найкращих компонентів доступних на ринку, за рахунок правильної програмної частини та налаштування сервоприводу була підвищена продуктивність процесу пакування виробів, що в свою чергу підвищило оптимізацію загальної системи автоматизації конвеєрного виробництва.
6. В останньому розділі роботи «Охорона праці» були розкриті основні аспекти гарантування безпеки на харчових підприємствах під час використання автоматизованих конвеєрних систем. Хоча конвеєрні системи сприяють підвищенню продуктивності, вони також мають певні ризики, що виникають через рухомі деталі та потребу в обслуговуванні. Щоб мінімізувати ці ризики, потрібно застосовувати комплексний підхід, включаючи виконання нормативних вимог, використання технічних засобів (загородження, блокування, аварійне зупинення) та дотримання організаційних і профілактичних заходів. Зокрема, навчання співробітників та проведення періодичних перевірок. Тільки з таким підходом можна значно зменшити рівень виробничого травматизму та виникнення професійних захворювань.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основні принципи роботи автоматизованих конвеєрів / URL: <https://www.exotec.com/insights/guide-to-conveyor-systems/> (дата звернення: 10.11.2024).
2. Використання конвеєрів у харчовій промисловості / URL: <https://www.spiroflow.com/the-complete-guide-to-sanitary-conveyors-in-food-processing/> (дата звернення: 10.11.2024).
3. Переваги автоматизованих конвеєрів / URL: <https://www.redlinesystems.com/the-advantages-of-conveyors-in-the-food-processing-industry/> (дата звернення: 10.11.2024).
4. Недоліки автоматизованих конвеєрів / URL: <https://texasbelting.com/blogs/news/the-pros-and-cons-of-automated-conveyors-in-food-processing> (дата звернення: 10.11.2024).
5. Види конвеєрів, що застосовуються в харчовій промисловості / URL: <https://www.redlinesystems.com/the-most-common-types-of-conveyors-used-in-the-food-industry/> (дата звернення: 12.11.2024).
6. Модифікації автоматизованих конвеєрів / URL: <https://www.packleaderusa.com/blog/maximizing-packaging-line-efficiency-with-the-right-conveyor-systemshttps://www.packleaderusa.com/blog/maximizing-packaging-line-efficiency-with-the-right-conveyor-systems> (дата звернення: 15.11.2024).
7. Мостенська Т.Л. Організація виробництва на підприємствах харчової промисловості: Підручник / Кер. кол. авт. і наук. ред. проф. Т.Л., Мостенська. К. Кондор, 2012. – 723 с.
8. Що таке картонажна машина або картонер / URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cartoning_machine (дата звернення: 21.11.2024).
9. Як працюють картонувальні машини / URL: <https://www.universalpack.it/packpedia/packaging-equipment-highlights/how-do-cartoning-machines-work/> (дата звернення: 21.11.2024).

10. Основні модифікації автоматизованих пакувальних машин / URL: <https://www.saintytec.com/automatic-cartoning-machine/> (дата звернення: 21.11.2024).
11. Горизонтальна пакувальна машина HK-S-Plug-in від ECONO-PAK / URL: https://www.festo.com/ua/uk/e/pro-festo/blog/in-practice/upakovano-akuratno-id_28412/ (дата звернення: 25.11.2024).
12. Машина для пакування в картонну тару від компанії Ixapack / URL: <https://gvp.com.ua/mashina-dlya-upakovyvaniya-v-kartonnuyu-taru-s-bokovoy-zagruzkoj-kompanii-ixapack> (дата звернення: 25.11.2024).
13. Горизонтальний автоматизований картонер ACM-100 / URL: <https://infinitysols.com/service/fully-automatic-cartoning-machine-acm-100/> (дата звернення: 25.11.2024).
14. Модифіковані конвеєри та їх використання на базі ПЛК / URL: <https://compliancemate.com/blog/how-food-automation-is-increasing-productivity-in-foodservice-industry/> (дата звернення: 17.03.2025).
15. Роль автоматизації в технологічному процесі / URL: <https://www.deskera.com/blog/the-role-of-automation-in-food-manufacturing-processes/> (дата звернення: 17.03.2025).
16. Удосконалення конвеєрних систем у харчовій промисловості / URL: <https://www.mwes.com/food-industry-automation-benefits/> (дата звернення: 21.05.2025).
17. Реалізація ZPA-логіки / URL: <https://www.bckholland.com/en/about-us/blog/zero-pressure-accumulation> (дата звернення: 18.03.2025).
18. Логіка роботи принципу «рукостискання» / URL: <https://www.manula.com/manuals/pulseroller/conveylinx-ai2-user-s-guide/2.1/ja/topic/most-downstream-zone-handshake-interlock> (дата звернення: 18.03.2025).
19. Сервочастотник Sinamics v90 та серводвигун Simotics s-1fl6 / URL:

https://prongroup.com.ua/product-category/siemens_category/pr_tehnika_siemens/siemens_sinamics/0010221463/?srlti_d=AfmBOopno3F7UtKUxsEw1jZkFYgpuQkC94mLTMY7oDu0ozwhITp-vLj1 (дата звернення: 13.04.2025).

20. Трансформатор напруги Sinamics / URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6SL3203-0CE21-0AA0> (дата звернення: 13.04.2025).

21. Автомат захисту Siemens 3RV201 / URL: <https://electroguru.ru/avtomati-zaschiti-dvigatelya/siemens/3rv20/19048/> (дата звернення: 13.04.2025).

22. Реле безпеки Siemens Sirius 3UG48 / URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/it/WW/Catalog/Products/10098311> (дата звернення: 14.04.2025).

23. Редуктор SP+ High Speed MC / URL: <http://planetaryreductor.com.ua/planetarnyj-reduktor-alpha-wittenstein-seriya-sp/> (дата звернення: 14.04.2025).

24. Основні програмні пакети Tia Portal / URL: <https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/prohramne-zabezpechennya-dlya-promyslovosti/prohramne-zabezpechennya-dlya-avtomatyzatsiyi/tia-portal.html> (дата звернення: 16.04.2025).

25. Закон України «Про охорону праці» (від 14.10.1992 № 2694-XII ст.668) / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12/ed19921014#Text> (дата звернення: 05.05.2025).

26. Статті, що регулюють питання охорони праці, зокрема щодо трудового договору, робочого часу та часу відпочинку. Глава II стаття 13, Глава III стаття 21, Глава IV стаття 51, / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08> (дата звернення: 05.05.2025).

27. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.11.2011 № 1232 "Деякі питання розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і

аварій на виробництві" / URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/244753354> (дата звернення: 05.05.2025).

28. Наказ Державного Комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 25.09.2007 N 216 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1252-07#Text> (дата звернення: 05.05.2025).

29. Наказ Міністерства Охорони Здоров'я України від 29.12.2012 № 1140. Державні Санітарні Норми Та Правила «Медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини» / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0088-13?find=1&text> (дата звернення: 05.05.2025).

30. Техніка безпеки на підприємствах харчових виробництв / URL: <https://studfile.net/preview/7200480/page:15/> (дата звернення: 05.05.2025).

31. Закон України "Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів". Розділ VII Стаття 40 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 05.05.2025).

32. Закон України про Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до виробництва та обігу харчових продуктів" / URL: https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/329-116_pro_osnovni_principi_ta_vi_vid_23_12_1997_no_771_97_vr_tekst_dla_druku.pdf (дата звернення: 05.05.2025).

33. Державні будівельні норми ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування". / URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152?doc_type=2 (дата звернення: 05.05.2025).

34. Наказ Міністерства Соціальної Політики України від 05.03.2018 № 333 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском

(НПАОП 0.00-1.81-18). / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-18#n19> (дата звернення: 05.05.2025).

35. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті (НПАОП 0.00-1.15-07) / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0573-07#Text> (дата звернення: 06.05.2025).

36. Стандарт сучасних вимог до безпеки машин та механізмів: EN ISO 14119:2024 "Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection" / URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14119:ed-3:v1:en> (дата звернення: 06.05.2025).

37. Міжнародний стандарт вимог до низьковольтних комутаційних апаратів та елементів керування, включаючи кінцеві вимикачі: IEC 60947-5-1:2016 "Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices" / URL: https://webstore.iec.ch/en/iec_catalog/product/preview/?id=L3AtcHViL3ByZXZpZXcvaW5mb19pZWMDk0Ny01LTF7ZWQ0LjB9Yi5wZGY= (дата звернення: 06.05.2025).

38. Європейський стандарт принципів проектування функції аварійної зупинки: EN ISO 13850:2015 "Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design" / URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:13850:ed-3:v1:en> (дата звернення: 06.05.2025).

39. Національний стандарт України гармонізований з міжнародним стандартом ISO 7010 ДСТУ ISO 7010:2019: "Графічні символи. Знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки". / URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83263 (дата звернення: 06.05.2025).

40. Закон України "Про охорону праці". Розділ III Стаття 18 / <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 06.05.2025).

41. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) від 26.01.2005 № 15 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 06.05.2025).