

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

Освітній рівень

Метод керування автоматизованою лінією пакування продукції

Назва теми

КвРАКІТ.2022178.01.16.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

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

Шифр, назва

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

Назва

Виконав:

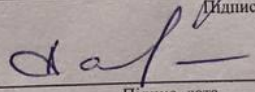
студент ІІ курсу, група АКІТм-22-1


Підпис

Дмитро ЧОРНОВАЛЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

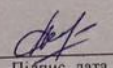
Керівник


Підпис, дата

Андрій СЕЛЬСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

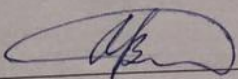
Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«21» грудня 2023 р.

Хмельницький 2023

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

Освітній рівень другий (магістерський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою

В. Мелешко

«01» 09 2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Чорновалюк Дмитро Ігорович

1 Тема роботи: Метод керування автоматизованою лінією пакування продукції
керівник роботи Сельський А.А., к.ф-м.н, доцент

Затверджено наказом по університету від « 15 » 08 2023р. № 30

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 01.12.2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

Метою роботи є автоматизація процесу пакування біметалічних полотен для
ручних тилок SandFlex виробництва компанії Bahco.

Об'єкт дослідження – процес керування автоматизованою лінією пакування
продукції.

Предмет дослідження – методи та алгоритми керування автоматизованою
лінією пакування продукції.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ.
Особливості технологічного процесу виготовлення та пакування ножівкових
полотен. Моделювання системи керування лінією пакування продукції. Розробка
системи керування лінією пакування продукції. Дослідження розробленої
системи керування лінією пакування продукції. Висновки.





Завдання отримав

Чорновалюк Дмитро Ігорович

Науковий керівник

В. Мелешко

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Микола Федула, доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Людмила Корецька, доцент кафедри АКІТтаР		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

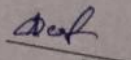
№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	20.09.2023р.	Виконано
2	Особливості технологічного процесу виготовлення та пакування ножівкових полотен	15.10.2023р.	Виконано
3	Моделювання системи керування лінією пакування продукції	30.10.2023р.	Виконано
4	Розробка системи керування лінією пакування продукції	15.11.2023р.	Виконано
5	Дослідження розробленої системи керування лінією пакування продукції	25.11.2023р.	Виконано
6	Висновки		
7	Написання статті	30.11.2023р.	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки до КРМ	05.12.2023р.	Виконано
9	Оформлення презентаційних матеріалів	10.12.2023р.	Виконано

Студент

Керівник роботи


Підпис

Чорновалюк Д.І.
Ініціали, прізвище


Підпис

Сельський А.А.
Ініціали, прізвище

ВСТУП

1 ОСОБЛИВОСТІ Т

ПАКУВАННЯ НО

1.1 Огляд та аналіз

1.2 Особливості те

1.3 Постановка зад

1.4 Висновки до п

2 МОДЕЛЮВАН

ПРОДУКЦІЇ.....

2.1 Моделювання

2.2 Моделюванн

2.3 Моделюванн

2.4 Вибір оптим

2.5 Висновки до

3 РОЗРОБКА С

3.1 Підбір пром

пакування нож

3.2 Підбір апар

3.2.1. Виконав

3.2.2. Датчики

3.2.3. Програ

3.3 Висновки

4 ДОСЛІДЖ

ПАКУВАНН

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод керування автоматизованою лінією пакування продукції»

Автор роботи: Чорновалюк Дмитро Ігорович

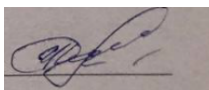
Керівник роботи: Сельський Андрій Анатолійович

Пояснювальна записка: 106 стор., 75 рис., 11 табл., 2 дод., 53 джерела.

Графічна частина: 15 презентаційних слайдів.

НОЖІВКОВІ ПОЛОТНА, ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ,
ПНЕВМАТИЧНА СИСТЕМА ПАКУВАННЯ, РОБОТОТЕХНІЧНА
СИСТЕМА ПАКУВАННЯ, ДАТЧИКИ, КОНВЕЄР, БЛОК-СХЕМИ.

Мета роботи: автоматизація процесу пакування біметалічних полотен для ручних пилок SandFlex виробництва Bahco. Вирішено наступні задачі: переміщення порожніх коробок до місця пакування ножівкових полотен; утримання та відкриття коробки; автоматизована лінія пакування повинна визначати характеристики позиції для пакування; процес пакування 100 ножівкових полотен в одну коробку; лінія автоматизованого пакування повинна гарантувати точне значення у 100 одиниць ножівкових полотен в кожній коробці; закриття коробки після виконання процесу пакування; переміщення заповнених коробок на наступний етап.



Підпис студента

15.12.2023

Дата

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	4
1 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ПАКУВАННЯ НОЖІВКОВИХ ПОЛОТЕН	8
1.1 Огляд та аналіз продукції компанії Bahco.....	8
1.2 Особливості технологічного процесу пакування ножівкових полотен	15
1.3 Постановка задач для автоматизації процесу пакування продукції.....	22
1.4 Висновки до першого розділу.....	24
2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ.....	26
2.1 Моделювання пневматичної системи пакування продукції	26
2.2 Моделювання робототехнічної системи пакування продукції	33
2.3 Моделювання гібридної системи пакування продукції	37
2.4 Вибір оптимального підходу до влаштування системи пакування продукції .	41
2.5 Висновки до другого розділу	45
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ .	46
3.1 Підбір промислового роботу для виконання технологічного процесу пакування ножівкових полотен.....	46
3.2 Підбір апаратної частини системи керування лінією пакування продукції	49
3.2.1. Виконавчий механізм.....	49
3.2.2. Датчики	58
3.2.3. Програмований логічний контролер.....	63
3.3 Висновки до третього розділу.....	71
4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ.....	72

4.1 Магазин із пустими коробками.....	72
4.2 Станція пакування ножівкових полотен.....	74
4.3 Заповнення коробок ножівковими полотнами	79
4.4 Переміщення заповнених коробок до зварювального апарату	85
4.5 Розроблення блок-схем алгоритмів для технологічного процесу пакування ножівкових полотен.....	87
4.6 Програма роботи програмованого логічного контролера.....	92
4.7 Висновки до четвертого розділу.....	97
ВИСНОВКИ	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	101
ДОДАТКИ	107

ВСТУП

Упаковка представляє собою не лише забезпечення естетичного вигляду продукції, але й найчастіше вона несе функцію забезпечення захисту продукції від механічних пошкоджень, маркування моделі продукції, коротку інструкцію, інформацію про виробника, тощо. У випадку із гострими предметами пакування ще й несе функцію захисту людей від травмування на порізів.

Автоматизація процесу пакування продукції зменшує витрати на робочу силу працівників. У випадку із гострим ріжучим інструментом автоматизація лінії пакування продукції підвищує безпеку працівників та зменшує ризик виникнення нещасних випадків у працівників, таких як порізів, поранень, тощо.

Автоматизований процес пакування дозволить зменшити кількість помилок, які можуть виникнути, підвищити рівень точності стосовно кількості продукції в одній упаковці, збільшити ефективність та швидкість технологічного процесу виготовлення продукції.

В цілому, автоматизація процесу пакування продукції – це використання технологій автоматизація з метою оптимізації пакування на етапах від обробки продукції до завершальної передачі постачальнику. Така автоматизація передбачає використання відповідної техніки, датчиків та конвеєрів.

Однак слід відзначити, що впровадження автоматизації вимагає ретельного планування. Необхідно не лише передбачити коректну роботу автоматизованої лінії пакування продукції, але й врахувати витрати на запровадження засобів автоматизації, включно із подальшим технічним обслуговуванням обладнання.

Метою роботи є автоматизація процесу пакування біметалічних полотен для ручних пилок SandFlex виробництва компанії Bahco.

Досягнення поставленої мети можна досягнути розв'язавши наступні **завдання**:

1. Переміщення порожніх коробок до місця пакування ножівкових полотен.
2. Утримання та відкриття коробки. Автоматизована лінія пакування повинна визначати характеристики позиції для пакування.

3. Процес пакування 100 ножівкових полотен в одну коробку. Лінія автоматизованого пакування повинна гарантувати точне значення у 100 одиниць ножівкових полотен в кожній коробці.

4. Закриття коробки після виконання процесу пакування. Виконується шляхом зварювання двох ручок на коробці. Тобто, система пакування повинна забезпечувати повне закриття коробок перед зварюванням.

5. Переміщення заповнених коробок на наступний етап. Наповнені ножівковими полотнами коробки повинні бути підготовлені до їх перевезення до наступної станції, тобто в кінці процесу пакування вони повинні розміщуватись у візку.

Методи досліджень.

Використовувались основні положення загальної теорії систем, системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції та ін.), теорії моделювання процесів. Внаслідок проведення моделювання процесу та розроблення методів керування рухом козлового крану із вантажем з будівельних матеріалів використано теоретико-множинні підходи, алгебру систем, апарат модельно-орієнтованих підходів, методи концептуального моделювання, принципи побудови баз знань та формування логічного висновку, евристичні оцінки.

Об'єкт дослідження – процес керування автоматизованою лінією пакування продукції.

Предмет дослідження – методи та алгоритми керування автоматизованою лінією пакування продукції.

Наукова новизна отриманих результатів: змодельовано та досліджено метод керування автоматизованою лінією пакування ножівкових полотен у коробки по 100 штук в упаковці.

Практична значимість отриманих результатів: запропоновані підходи до автоматизації процесу пакування можуть використовуватись на підприємствах, які займаються пакуванням різального інструменту.

Апробація результатів дослідження: опубліковано наукову статтю «Автоматизація процесу пакування різального інструменту» в журналі «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» №4 2023

року, який входить до фахових журналів категорії Б зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Дипломна робота складається із наступних елементів: вступ, чотири розділи, висновки до кожного розділу, загальні висновки, список використаних джерел, додатки. Загальний обсяг роботи складає 106 сторінок, у тому числі: 75 рисунків, 11 таблиць, список використаних джерел містить 53 найменування.

У вступі обґрунтовано актуальність поставлених задач, сформульовано задачі досліджень та їх мету, відображено основні результати та практичне значення роботи.

В першому розділі було проведено огляд та аналіз продукції компанії Bahco. В результаті аналізу встановлено, що на одному із заводів, який спеціалізується на випуску ножівкових полотен, 80% продукції припадає на одну із моделей ножівкових полотен, а саме Sandflex Bi-metal 3906. Ці ножівкові полотна поставляються в упаковках по 2, 3, 5, 10 та 100 полотен. За статичними даними встановлено, що майже вся закупівля цих ножівкових полотен припадає на пакування у 100 штук в одній коробці.

Крім того, в розділі було проведено аналіз технологічного процесу пакування ножівкових полотен. В результаті аналізу встановлено, що пакування на даний момент виконується повністю ручним методом, для чого у приміщенні знаходяться два оператори.

В другому розділі наведено два основних підходи до облаштування автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен. Перший підхід полягає у використанні пневматичних циліндрів для виконання процесу пакування, конвеєрів для транспортування елементів. Другий підхід передбачає використання роботизованого обладнання для проведення процесу пакування.

Для обох підходів було наведено схему розташування обладнання в приміщенні, а також виокремлено основні переваги та недоліки кожної із систем. Також розглядалась можливість поєднання пневматичної та робототехнічної системи пакування продукції.

Було проведено порівняльний аналіз систем за наступними критеріями: гнучкість, складність, надійність, вартість, міцність, рівень автоматизації,

безпеку, технічне обслуговування, швидкість. В результаті аналізу встановлено, що пневматична система буде більш оптимальним вибором для пакування ножівкових полотен.

В третьому розділі було проведено підбір обладнання для автоматизованої системи керування лінією пакування ножівкових полотен. Було проведено критеріальний аналіз вибору роботу для його застосування в робототехнічному підході. Аналіз був проведений за такими характеристиками, як повторюваність результатів, безпека, габаритні розміри, вартість, технічне обслуговування, точність виконання, кількість ступенів свободи.

В результаті аналізу було встановлено, що для робототехнічної та гібридної системи автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен найбільш оптимальним вибором буде робот SCARA.

Крім того, було проведено підбір обладнання для пневматичної системи. Пропонується використання циліндрів односторонньої та двосторонньої дії. В якості датчиків було обрано оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L, ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2 та індуктивний датчик Sien M8B-PS-S-L. В якості програмованого логічного контролера пропонується використання S7-300 фірми Siemens.

В четвертому розділі проведено дослідження роботи системи керування автоматизованою лінією пакування ножівкових полотен. В розділі наведено принцип роботи магазину із пустими коробками, призначених для пакування в них ножівкових полотен, а також станції пакування, процесу заповнення коробок полотнами та їх подальше переміщення до зварювального апарату.

В розділі розроблено блок-схеми алгоритмів для технологічного процесу пакування ножівкових полотен, а також наведено електричну схему підключення елементів автоматизованої лінії до ПЛК. Також наведено програму роботи ПЛК.

У загальних висновках по кваліфікаційній роботі наведено отримані результати роботи на тему «Метод керування автоматизованою лінією пакування продукції».

1 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ПАКУВАННЯ НОЖІВКОВИХ ПОЛОТЕН

1.1 Огляд та аналіз продукції компанії Bahco

Компанія Bahco розпочала своє існування ще у XIX сторіччі. Початок виробничої діяльності компанії був направлений на сталеварне виробництво виробів із металу високої якості. З певним часом компанія почала виготовляти широкий асортимент сталевих виробів, а першою продукцією, яка була виготовлена Bahco стали риболовні снасті.

Засновником компанії вважається Йохан Петер Йохансон. Саме йому приписується винахід різновидних гайкових ключів. Ще у 1896 році Йохансон створив Bahco разом із Бернтом Аугостом Х'єртом.

В кінці 1999 року від концерну Сандвик виділився окремий підрозділ, який отримав назву Сандвик Пили та Інструмент. «Щорічний товарообіг даної компанії складає 2,5 мільярда доларів, а число співробітників - понад 14 тисяч осіб по всьому світу. У 2005 році відбулася реорганізація європейських підрозділів компанії АБ «Бакка Груп» в інфраструктуру SNA Europe (підрозділ Snap-on Inc. (США), що доповнило існуючий асортимент професійного інструменту Ванс, Lindstrom, Belzer новими торговими марками - Irazola, Palmera, Acessa, Irimo» [3].

Компанія Bahco виготовляє широкий асортимент продукції, до якої входять:

- розвідні ключі;
- ножовки по дереву;
- напильники;
- шарнірно-зубчастий інструмент, наприклад, плоскогубці та бокорізи;
- викрутки;
- гайкові ключі;
- динамометричні інструменти;

- Г-подібні ключі;
- трубні ключі та інструменти для трубопроводів;
- пневматичний інструмент;
- автомобільний інструмент;
- діагностичний інструмент;
- освітлювальне обладнання;
- інструменти для влаштування ізоляції;
- інструменти для вимірювання та нанесення розмітки;
- спалахобезпечні інструменти;
- спеціалізовані електронні інструменти;
- інструменти для підрізки;
- інструменти для проведення лісозаготівельних робіт;
- акумуляторні садові інструменти;
- біметалеві ножові полотна, кільцеві та стрічкові пили.

Однією із найпоширеніших моделей ножівкових полотен для різання по металу стала модель Sandflex Easy-cut 3857 (рис. 1.1). Таке ножівкове полотно забезпечує широкий робочий діапазон. «Стрічкова пила Easy-cut з унікальним інноваційним дизайном зубів призначена виключно для універсальних пил, верстатів, ремонтних і виробничих цехів або зварювальних цехів» [14].

Форма зубця у цьому полотні була запатентована. Таке лезо може використовуватись для різання широкого діапазону форм і матеріалів, до яких відносяться тверді тіла, чорні метали, профілі, тощо. Таки лезом можна обробляти різні матеріали, в яких значення твердості не перевищує 40 HRC. Технічні характеристики ножового полотна Sandflex Easy-cut 3857 наведені у табл. 1.1. Вартість одного полотна становить 222 гривні.

Компанія Bahco також виготовляє біметалеві стрічкові пили по дереву (рис. 1.2). Такі пили моделі Bahco Sandcut Bi-metal 3861 можуть працювати до 3 годин за один цикл. Тривалість роботи без заточування становить від 3 до 6 циклів, тобто від 9 до 18 годин безперервної роботи. Полотну пили характерний

високий опір до виникнення мікротріщин. Профіль зуба представляє собою гачок [15].



Рисунок 1.1 – Біметалеве стрічкове полотно Sandflex Easy-cut 3857 (для різання по металу)

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики Sandflex Easy-cut 3857 (профіль зубців – EZ)

№			
1	13 мм	0,5 мм	S
2	13 мм	0,6 мм	S, M, L
3	20 мм	0,9 мм	S, M, L
4	27 мм	0,9 мм	S, M, L
5	34 мм	1,1 мм	S, M, L

Зубець M2 виготовлений із швидкоріжучої сталі Р6М5 здатен зберігати ріжучі властивості протягом тривалого періоду часу, без особливих проблем може нарізати промерзлі породи деревини. Однією пилкою можна нарізати до 120 м³ деревини. Технічні характеристики такої пили наведені у табл. 1.2. Вартість однієї пили становить 180 гривень.

В своєму асортименті компанія Bahco має широкий вибір ручного інструменту, а не тільки інструментів для верстатів та потужного виробництва. Наприклад, в асортименті їх продукції є універсальні ножовки (рис. 1.3), вартість яких в Україні лежить в межах від 240 до 350 гривень залежно від моделі. Таку ножівку можна використовувати для всіх видів деревини. Зубці в ножівці

загартовані, рукоятка виготовлена із пластику. Довжина ножівки становить 400 мм, вага – 375 грам, профіль зубців складає 8/9 [51].

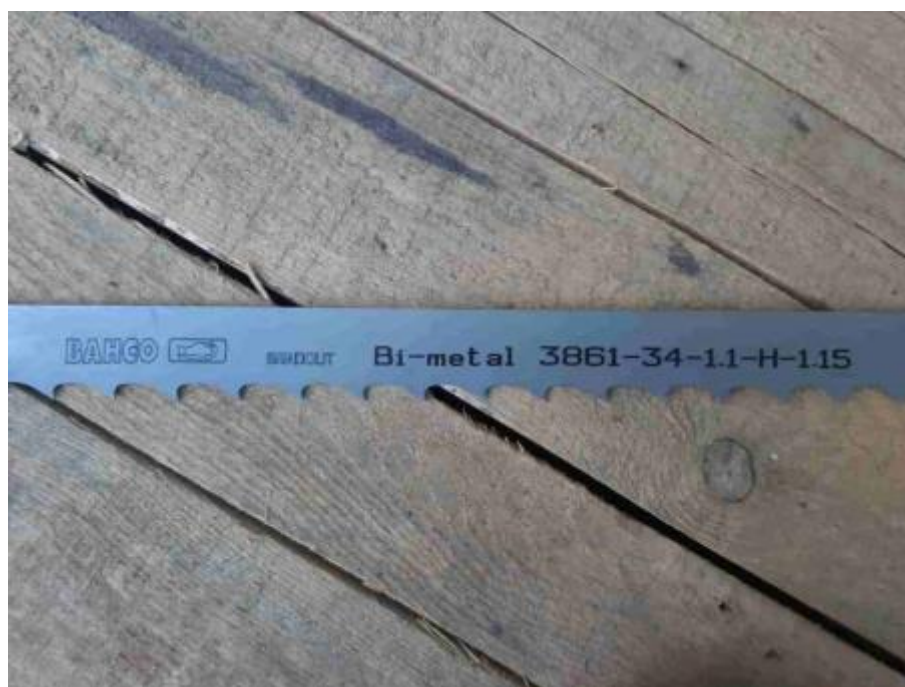





Рисунок 1.2 – Біметалева стрічкова пила по дереву Bahco Sandcut Bi-metal 3861

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики Sandflex Easy-cut 3857 (профіль зубців – EZ)

№			
1	20 мм	0,6 мм	4
2	27 мм	0,9 мм	1,33
3	34 мм	0,9 мм	1,15
4	34 мм	1,1 мм	1,15
5	41 мм	1,1 мм	1,15
6	54 мм	1,1 мм	1,15

Секатори (рис. 1.4) від компанії Bahco виготовляються із ручками з композитного матеріалу. Ріжуча здатність секаторів цієї моделі становить 10 мм, тобто основне призначення такого приладдя полягає у зборі плодів з ніжки. Вага секатору становить 87 грам, довжина 192 мм [48].



Рисунок 1.3 – Універсальна ножівка
Bahco 144-16-8DR-HP



Рисунок 1.4 – Секатор Rainbow P123-
Blue-B6



Рисунок 1.5 – Набір інструменту
Bahco



Рисунок 1.6 – Набір біт та головок



Рисунок 1.7 – Сумка для інструменту
Bahco



Рисунок 1.8 – Набір косинців Bahco

Набори інструментів від компанії Bahco мають широкий діапазон та асортимент. Набори містять викрутки, реверсивні рукоятки пістолетного типу, шліци, перехідники для торцьових головок, накидні ключі з храповиком, тощо.

Існує можливість обрати набір із різноманітним вмістом інструменту в ньому, наприклад, окремо набір біт та головок (рис. 1.6), набір викруток, тощо.

Також компанія випускає органайзери та сумки для інструментів (рис. 1.7), ударні гайкокрути, пилильні полотна, косинці (рис. 1.8), сокири, мультитули, плоскогубці, телескопічні штанги, гайкові ключі, тощо.

В рамках дипломної роботи буде розглядатись завод компанії Bahco, який виробляє чотири види продукції, а саме:

- шабельні пилки;
- ножівкові полотна;
- пилки, що обертаються;
- силові пилки.

Ножівкові полотна Sandflex Bi-metal моделі 3906 (рис. 1.9) складають приблизно 60% від загального обсягу виробництва серед всіх різновидів ножівкових полотен, що відповідає близько 75 мільйонам одиниць таких полотен щорічно [2].

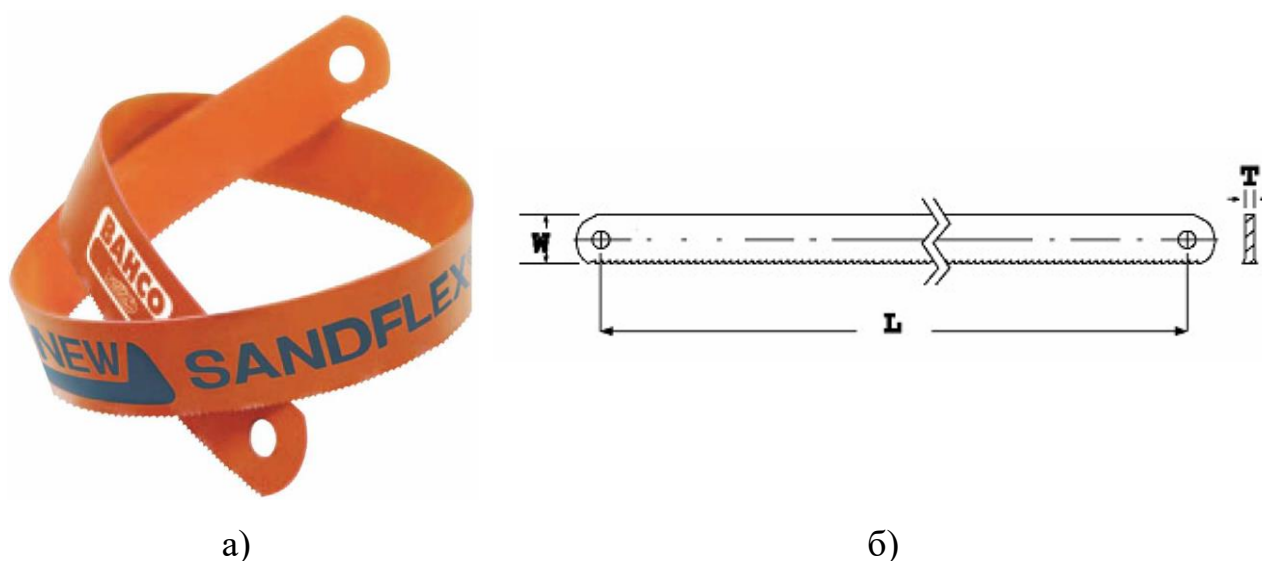


Рисунок 1.9 – Ножівкове полотно Sandflex Bi-metal моделі 3906:

а - зовнішній вигляд; б – принципова схема

Основа такого полотна виготовлена із гнучкої та міцної сталі і ряду зубців, які виготовляються із високолегованої швидкоріжучої сталі. Таким ножівковим полотнам характерна висока зносостійкість, високий ступінь гнучкості, високий

показник зняття матеріалу. Полотна виготовляються в двох розмірах із різною кількістю зубців, при чому упаковка теж відрізняється і залежить від попиту на ринку.

Перший варіант пилитьних полотен Sandflex Bi-metal моделі 3906 має 250 мм довжини, 13 мм ширини та 0,65 товщини. В другому варіанті моделі 3906 відрізняється лише товщина, яка становить 300 мм, а ширина і товщина полотна залишається незмінною, тобто 13 мм і 0,65 мм відповідно. Кожне ножівкове полотно має 24, 32, 14 або 18 зубців на один дюйм, тобто на кожні 2,5 см. Пакуються такі ножівкові полотна в пачки по 2, 3, 5, 10 або 100 одиниць.

Процес виготовлення ножівкових полотен поділений на два основні процеси, перший з яких представляє собою обробку біметалевого матеріалу, а другий – виробництво зубців.

Ножівкові полотна Sandflex виготовляються із спеціального сплаву, завдяки якому в полотнах і досягається високий ступінь гнучкості при збереженні високої зносостійкості. Такий метал виготовляється на окремому заводі, який в подальшому у готовому вигляді поставляється на виробництво ножівкових полотен. Такий метал поставляється в рулонах, саме тому процес виготовлення ножівкових полотен починається із нарізання рулону для надання йому відповідної форми.

Процеси, які відбуваються в цеху виготовлення таких ножівкових полотен умовно можна розділити на сім основних етапів, а саме:

1. Нарізка за формою. Біметалеві рулони необхідно розмотати та розрізати на куски різної форми та розмірів, залежно від виробу, для яких призначений цей рулон.

2. Шліфування та фрезерування. На цьому етапі відбувається нарізання зубців.

3. Термічна обробка.

4. Фарбування. Ножівкові полотна фарбуються методом занурення, в результаті чого вони набувають класичного для компанії Bahco помаранчевого кольору.

5. Маркування. Полотна маркуються відповідним чином. В маркуванні вказуються такі основні характеристики, як кількість зубців, розмір та модель ножівкового полотна.

6. Пакування. За годину на заводі виготовляється, маркується та пакується приблизно 10 000 полотен. Такі полотна упаковуються в коробки по 2, 3, 5, 10 або 100 штук в одній коробці.

7. Зберігання. Максимальний час зберігання лез становить два дні, після чого вони відправляються на реалізацію. Основними ринками збуту є Південна Азія, Південна Америка та Європа.

1.2 Особливості технологічного процесу пакування ножівкових полотен

За статистичними даними компанії Bahco [1] найбільш поширеною серед покупців є коробка із ножівкових полотен в кількості 100 одиниць (рис. 1.10). Приблизно 80% закупівель ножівкових полотен Sandflex становить саме такий варіант пакування.



Рисунок 1.10 - Упаковка 100 ножівкових полотен Sandflex

Транспортування таких коробок здійснюється контейнерами, який містить 350 одиниць. Такі контейнери зберігаються поблизу процесу пакування, після чого їх переміщують тачкою.

Упаковка для 100 лез має ширину 80 мм, довжину 350 мм і висоту 25 мм. Матеріал упаковки представляє собою пластик із прозорою кришкою. Всередині

коробки наявні п'ять різних секцій, які поділені штабелями. Вага порожньої коробки становить 186 грам, а заповнена має приблизно 2 кг ваги.

Передня частина коробки має кришку, довжина якої становить 80 мм. Кришку можна відкрити, для чого достатньо потягнути її вгору. Перед початком процесу пакування коробки знаходяться у відкритому положенні. Після завершення процесу пакування коробки закриваються, накладається захисний елемент, який забезпечує цілісність продукту.

На виробництві компанії Bahco при виготовленні обертових пилок використовується масове виробництво. Для трьох інших видів продукції використовуються дві виробничі системи. На початку процесу виробництва характерне масове виготовлення продукції, особливо якщо мова йде про виготовлення катушок із біметалу. На завершальній стадії виробництво переходить до серійного, оскільки між моделями стає дедалі більше відмінностей.

Оскільки всі три види пилок належать до однієї технологічної групи, то технологічний процес виготовлення таких пилок не має суттєвих відмінностей. В той час як деякі частини процесу відрізняються залежно від технічного завдання та вимог, які висуваються до кожного окремого продукту. Такими факторами є:

- розмір і форма;
- обробка матеріалу;
- процес фарбування;
- процес пакування.

Перший розподіл технологічного процесу проводиться за типом продукції. Його виконують після розкрою полотна із біметалом та його подальшої термічної обробки. На наступному етапі обробка полотен проводиться по партіям. Оскільки робота зосереджена на процесі пакування продукції, то будуть розглядатись в основному останні чотири етапи, а саме:

- маркування;
- пакування в коробки із зазначеною кількістю одиниць;
- закривання та маркування коробок із ножівочними полотнами;

– подальше зберігання коробок із продукцією.

У маркувальній машині (рис. 1.11) можна виокремити 8 основних партій ножівкових полотен, а саме:

- 300x13x0,65 із 32, 24, 18 або 14 зубців на кожні 2,5 см;
- 250x13x0,65 із 32, 24, 18 або 14 зубців на кожні 2,5 см.



Рисунок 1.11 – Маркувальна машина

Такі партії повинні маркуватись різним шаром в залежності від характеристик ножівкового полотна. Кліше маркувальної машини змінюється тільки після того, як було проведено маркування всієї партії.

Умовна схема розташування обладнання наведена на рис. 1.12.

Після закінчення процесу фарбування, ножівкові полотна складаються в один візок і вручну переміщуються до маркувальної машини, на якій буде проведено процес нанесення торгової марки. Один оператор, якого ми умовно

позначимо А, кладе полотна, які ще не були марковані у відповідне місце, причому повертає ці полотна зубцями в однаковий напрямок.

Магазин маркувального верстата, що використовується, розрахований на 1000 ножівкових полотен, а сама машина здатна маркувати 250 полотен за хвилину. В конструкції машини наявні два колеса, які оснащені магнітами. Ці магніти збираються та поміщаються у відповідному порядку полотна з магазину на конвеєр, який в подальшому переміщує їх у маркувальну машину (рис. 1.13).

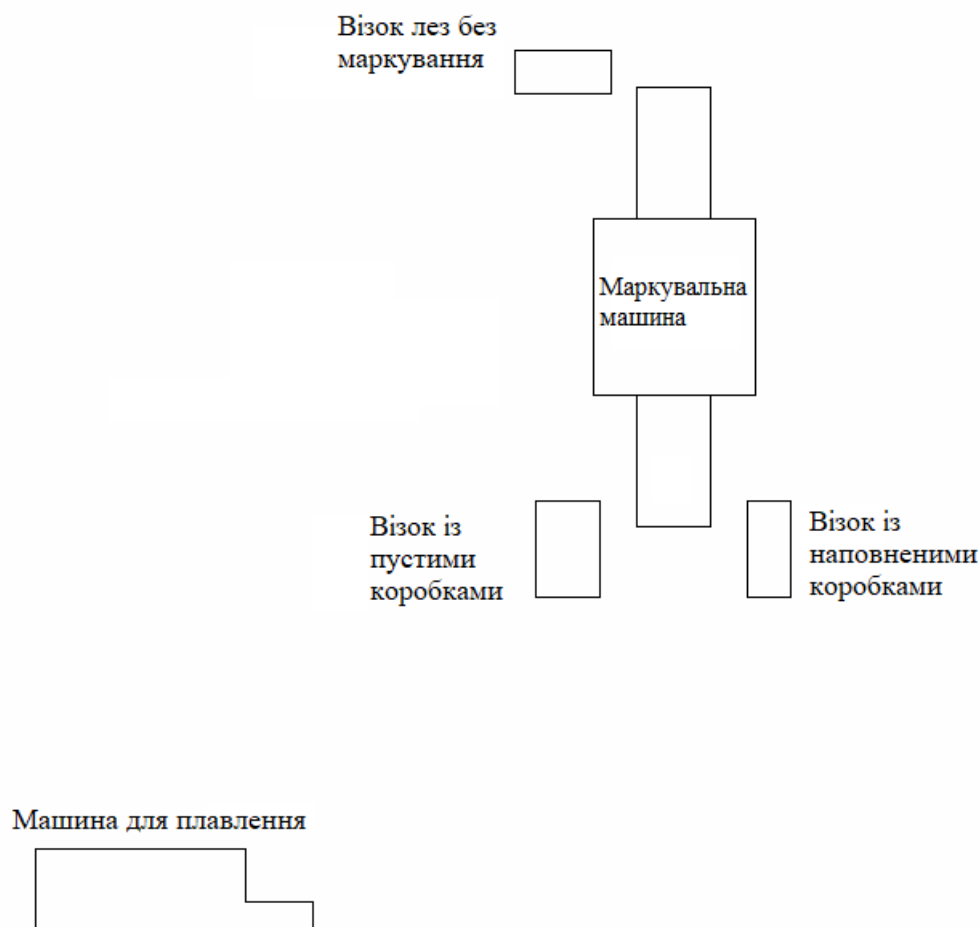


Рисунок 1.12 – Схема розташування обладнання

Маркувальна машина складається із кліше, одного фарбувального валу та одного флексографічного вала. Фарба наноситься з фарбового валика на кліше, саме кліше має позначку, яка в подальшому наноситься на ножівкові полотна. Ця фарба має високий рівень стійкості до ультрафіолету. Марковані ножівкові полотна проходяться через ультрафіолетову сушарку, в якій вони знаходяться всього три секунди – цього часу достатньо, щоб фарба висохла. На завершення,

ножівкові полотна групуються в пачки, які містять 10 штук, і з'єднуються скотчем.

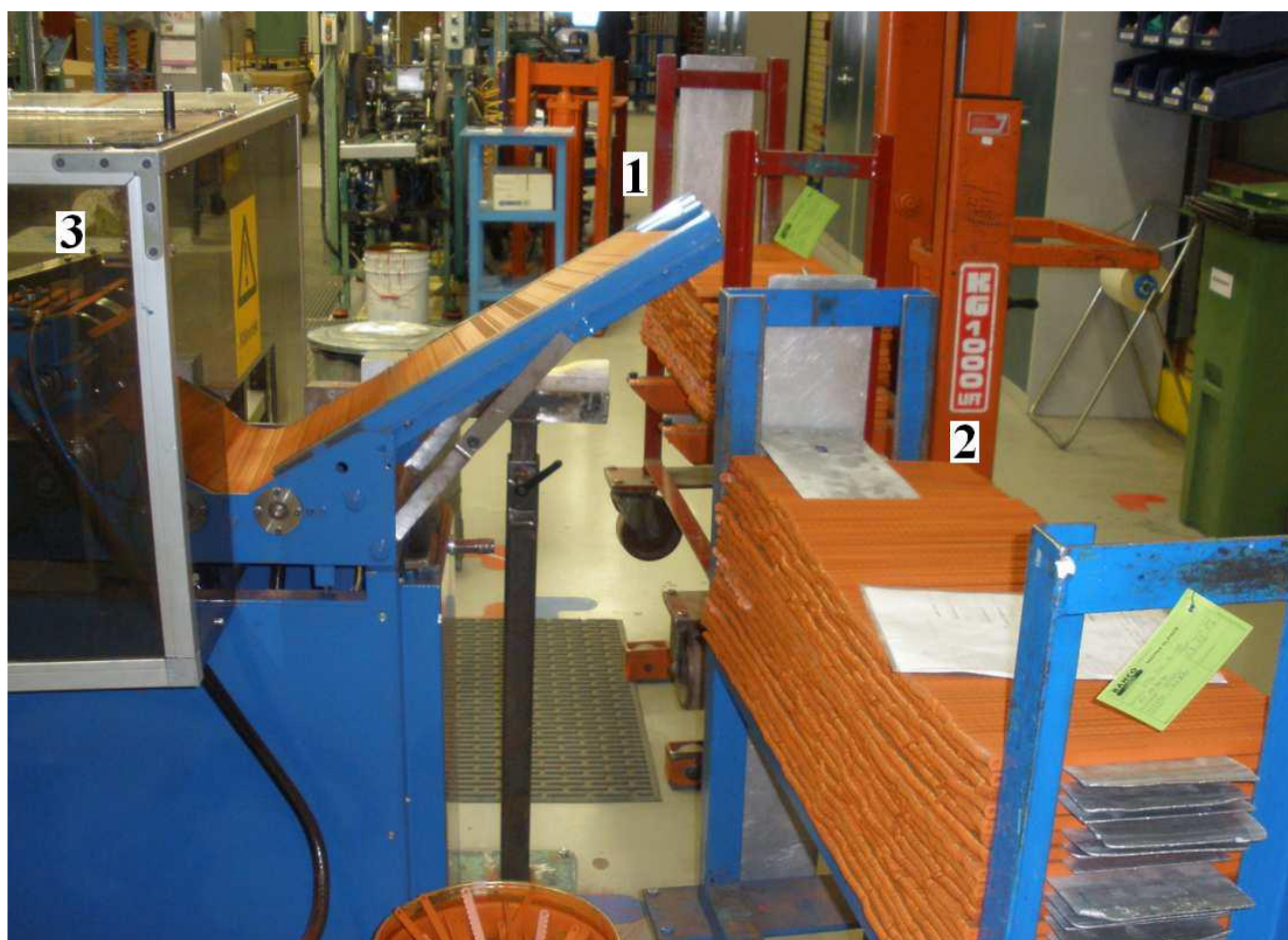


Рисунок 1.13 – Маркувальна машина:

1 – магазин; 2 – візок із полотнами без маркування; 3 – маркувальна машина

Після того, як на ножівкові полотна було нанесено маркування, вони переміщуються на етап пакування. Пакувальна ділянка має два візка – один із них призначений для порожніх коробок, а інший – для заповнених. Розташування візків показано на рис. 1.14.

На даний момент на підприємстві використовується повністю ручний метод пакування продукції. Оператор, якого ми умовно позначимо В, заповнює коробки вручну промаркованими лезами. Він збирає з одного контейнера порожні коробки (розташований з лівого боку від оператора), відкриває кришку коробки, забирає п'ять стопок лопатей із конвеєра, після чого складає їх у коробку. Оскільки леза мають гострі зубці, вони повинні бути направлені в

правий бік, а на самому лезі повинна бути видимою відповідна стрілка, яка слугує відміткою про напрямок розташування леза у коробці.



Рисунок 1.14 – Станція пакування:

1 – конвеєр; 2 – контейнер із порожніми коробками; 3 – контейнер із наповненими коробками

Після завершення процесу пакування лез у коробку, оператор кладе таку заповнену коробку в інший візок, який розташовується від нього з правої сторони. Якщо у контейнері більше немає коробок, оператор А проводить заміну такого контейнера новим, наповненим. Аналогічно, коли заповнюється контейнер із заповненими коробками, оператор А переміщує його на наступний етап. На останньому етапі коробки закриваються.

Після передачі оператором А повних коробок від пакувальної станції до зварювального апарату. Цей апарат розрахований на 210 коробок. Процес зварювання коробок повністю автоматизований, а його призначення полягає у

закритті коробок і ножівковими полотнами. Всередині зварювального апарату розташований маніпулятор, в конструкції якого наявні вакуумні чаші. Цими часами маніпулятор забирає одночасно 10 коробок і поміщає їх на конвеєр. Коробки транспортуються конвеєром до зварювальної станції, де відбувається приварювання ручок коробок і повне їх закриття. Зварювання проводиться ультразвуком (рис. 1.15).



Рисунок 1.15 – Машина для ультразвукового зварювання



Рисунок 1.16 – Робот SCARA

Після зварювання заповнена коробка по конвеєру потрапляє на етап нанесення етикеток. Ця етикетка містить назву бренду та технічні характеристики виготовленої продукції.

Із станції нанесення етикеток коробки забираються роботом SCARA (рис. 1.16). Він переміщує їх в один контейнер, який розрахований на 203 коробки. Такі заповнені контейнери зберігаються не довше двох днів від моменту виготовлення продукції до моменту її відправки.

1.3 Постановка задач для автоматизації процесу пакування продукції

В результаті проведеного аналізу технологічного процесу пакування ножівкових полотен було встановлено, що основними проблемами ручного процесу пакування полягає у тривалому часі виконання цього процесу, потреба у двох операторах для виконання пакування, незручна та повторювана робота для працівників. Це підкреслює актуальність задачі автоматизації лінії пакування ножівкових полотен.

Задачу автоматизації процесу пакування можна розглядати з декількох сторін, а саме:

1. Тривалість виконання одного циклу. У випадку відсутності перерв на виробничій лінії загальний час, який необхідний для завершення процесу пакування ножівкових полотен становить дві з половиною години. Для забезпечення безперервності процесу всіх етапів виготовлення ножівкових полотен, оператор пакування повинен встигати виконати пакування двох коробок по 100 полотен за одну хвилину.

Якщо оператор не здатен забезпечити необхідну швидкість пакування, то лінію виробництва зупиняють до тих пір, поки оператор пакування не виконає всі необхідні операції із виготовленими ножівковими полотнами. При автоматизації процесу пакування продукції, лінія виготовлення ножівкових полотен зможе працювати безперервно.

2. Швидкість виробництва. Оскільки процес нанесення на ножівкові полотна маркування автоматизований, то швидкість маркування була

підлаштована під швидкість роботи оператора з пакування. При автоматизації процесу пакування це обмеження перестане діяти, в результаті чого можна збільшити швидкість виготовлення ножівкових полотен з 216 лез/хвилину до 350 лез/хвилину.

3. Ергономіка. У оператора Б більш складне завдання, ніж у оператора А, оскільки він повинен проводити вибір коробок, наповнювати їх ножівковими полотнами та складати у візок. У випадку, якщо візок із пустими коробками майже порожній, оператору Б доводиться нахилитись.

4. Логістика. Для завершення процесу пакування ножівкових полотен потрібні два оператори (А і Б). Основне і майже єдине завдання оператора Б полягає у пакуванні лез в коробки, в той час як оператор А повинен одночасно виконувати три різнотипні завдання – заповнення маркувальної машини, переміщення повного візка на наступну станцію та заповнення порожнього візка. Впровадження автоматизації процесу пакування дозволить зменшити кількість операторів до одного.

5. Наявні обмеження. При виконанні процесу автоматизації лінії пакування дуже важливим етапом є врахування всіх наявних обмежень. Слід враховувати, що основною задачею для автоматизації є коробки саме по 100 полотен, розмір яким становить 300x13x0,65 мм. На підприємстві встановлено напівавтоматизовану систему нанесення маркування на ножівкові полотна, тому немає необхідності проєктувати повністю автоматизований процес пакування продукції. Лінія пакування продукції також може бути напівавтоматизованою, а із іншими процесами здатен бути впоратись один оператор.

Передбачається, що оператор буде періодично приділяти увагу для моніторингу за ходом виконання процесу нанесення маркування та пакування продукції, а також для виконання допоміжних завдань.

Отже, метою роботи є зменшення кількості ручної роботи та збільшення рівня автоматизації процесу пакування ножівкових полотен. В рамках поставленої мети можна виділити наступні задачі автоматизації лінії пакування продукції.

1. Переміщення порожніх коробок до місця пакування ножівкових полотен.

2. Утримання та відкриття коробки. Автоматизована лінія пакування повинна визначати характеристики позиції для пакування.

3. Процес пакування 100 ножівкових полотен в одну коробку. Лінія автоматизованого пакування повинна гарантувати точне значення у 100 одиниць ножівкових полотен в кожній коробці.

4. Закриття коробки після виконання процесу пакування. Виконується шляхом зварювання двох ручок на коробці. Тобто, система пакування повинна забезпечувати повне закриття коробок перед зварюванням.

5. Переміщення заповнених коробок на наступний етап. Наповнені ножівковими полотнами коробки повинні бути підготовлені до їх перевезення до наступної станції, тобто в кінці процесу пакування вони повинні розміщуватись у візку.

Запроектowana лінія повинна:

- від'єднуватись від маркувальної машини при необхідності виготовлення інших виробів;

- забезпечити швидке повернення вкладених інвестицій, тобто процес автоматизації повинен бути прибутковим;

- враховувати наявність варіацій продукції, тобто лінія повинна коректно працювати із ножівковими полотнами як 300 мм довжину, так і 250 мм, а також із моделями із різною кількістю зубців (32, 24, 18 та 14).

1.4 Висновки до першого розділу

В першому розділі було проведено огляд та аналіз продукції компанії Bahco. В результаті аналізу встановлено, що на одному із заводів, який спеціалізується на випуску ножівкових полотен, 80% продукції припадає на одну із моделей ножівкових полотен, а саме Sandflex Bi-metal 3906. Ці ножівкові полотна поставляються в упаковках по 2, 3, 5, 10 та 100 полотен. За статичними даними встановлено, що майже вся закупівля цих ножівкових полотен припадає на пакування у 100 штук в одній коробці.

Крім того, в розділі було проведено аналіз технологічного процесу пакування ножівкових полотен. В результаті аналізу встановлено, що пакування на даний момент виконується повністю ручним методом, для чого у приміщенні знаходяться два оператори.

Оскільки процес нанесення маркування та подальше зварювання коробок після їх пакування є напівавтоматизованим, то у цьому приміщенні повинен знаходитись щонайменше один оператор. Тому поставлені задачі автоматизації процесу пакування ножівкових полотен передбачається як напівавтоматизований, в якому оператор буде виступати у ролі наглядача за ходом процесу пакування і виконувати необхідні дії для процесу маркування та зварювання.

2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ

2.1 Моделювання пневматичної системи пакування продукції

При моделюванні системи пакування продукції слід враховувати, що процес пакування передбачається напівавтоматизованим, тобто робота оператора зведеться до загального нагляду за ходом протікання технологічного процесу пакування ножівкових полотен.

Система пакування ножівкових полотен моделюється в першу чергу для автоматизації процесу пакування одного із видів продукції, який складає 80% виробництва заводу. Швидкість виготовлення продукції достатньо висока, при цьому різноманітність низька, тому система автоматичного керування передбачається як спеціалізована система для вирішення конкретної поставленої задачі, а саме пакування ножівкових полотен у коробки по 100 лез в кожній.

Оскільки для завантаження порожніх коробок потрібен лише один оператор, то пневматичне рішення полягає у застосування напівавтоматичної одностанційної пілотованої комірки. Така комірка буде використовувати пневматичні пристрої для виконання різних завдань при пакуванні, а саме відкривання, утримання та закривання коробки, або ж переміщення заповненої коробки та прошовування ножівкових полотен у коробку.

Пневматичний процес контролюється програмованим логічним контролером (ПЛК), задача якого полягає у координації ряду пристроїв, наприклад, датчиків, конвеєрів та циліндрів. Ескіз розташування обладнання в цеху пакування продукції при пневматичному підході наведений на рис. 2.1.

Після завершення нанесення маркування, ножівкові полотна виходять із маркувальної машини, при чому мають одну певну орієнтацію по відношенню до машини. Загальна кількість полотен у стовпці після нанесення маркування становить 10 штук, які з'єднані між собою скотчем. Перший конвеєр, позначений С1 на рис. 2.1, переміщує стопки ножівкових полотен від маркувальної машини до наступного конвеєра, який позначений С2. Цей конвеєр має ту ж саму

орієнтацію, що і конвеєр С1, але швидкість його роботи вища. Такий приріст швидкості забезпечує збільшення відстані між стопками ножівкових полотен на конвеєрі С2. В кінці С2 розміщується одна перешкода для зупинки ножівкових полотен в позиції, яка відповідає позиції пакування.

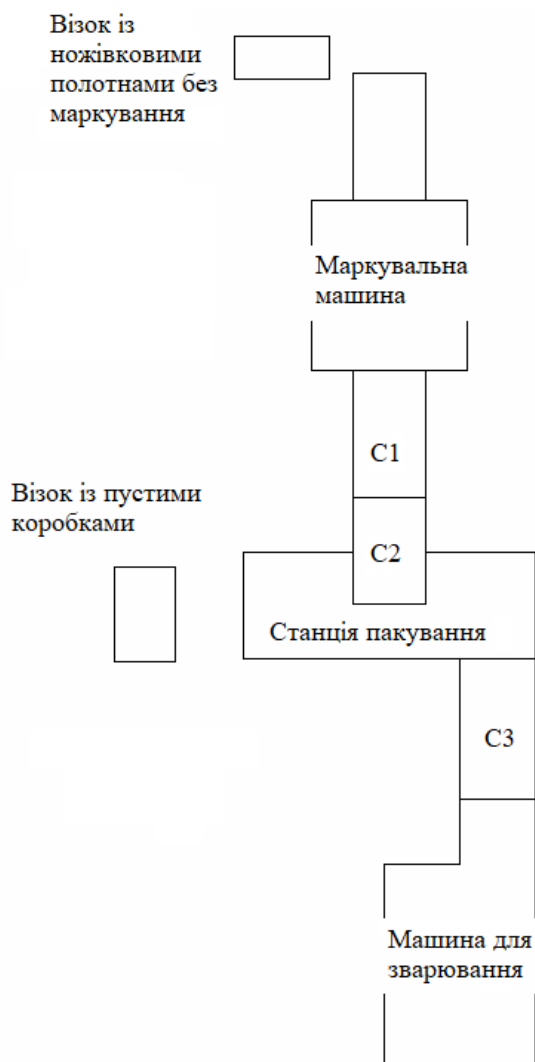


Рисунок 2.1 – Розташування обладнання при пневматичному підході

Процес пакування проводиться на відповідній пакувальній станції (рис. 2.2), яка представляє собою один знімний стіл. Цей стіл містить більшість елементів системи, які необхідні для виконання процесу пакування, наприклад пневматичні пристрої та датчики. Після виконання процесу пакування ножівкових полотен в коробки, вони переміщуються на останній знімний конвеєр, який позначений С3 на рис. 2.1. Цей конвеєр виконує транспортування

заповнених коробок до зварювального апарату. Виконання процесу контролюється ПЛК.

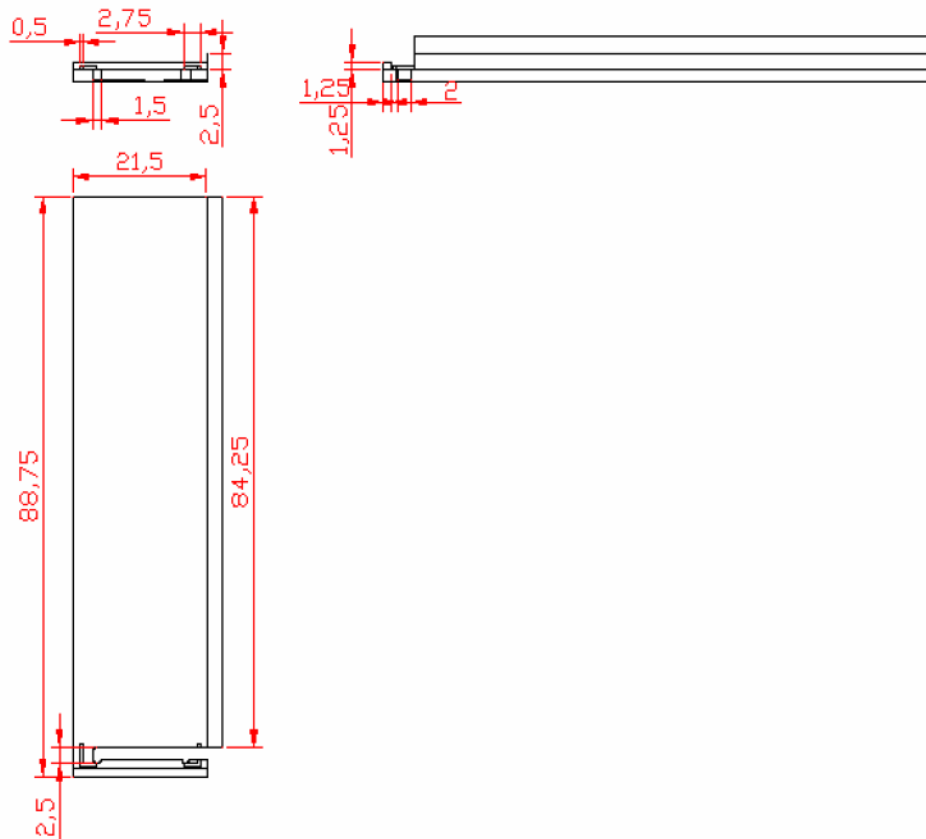
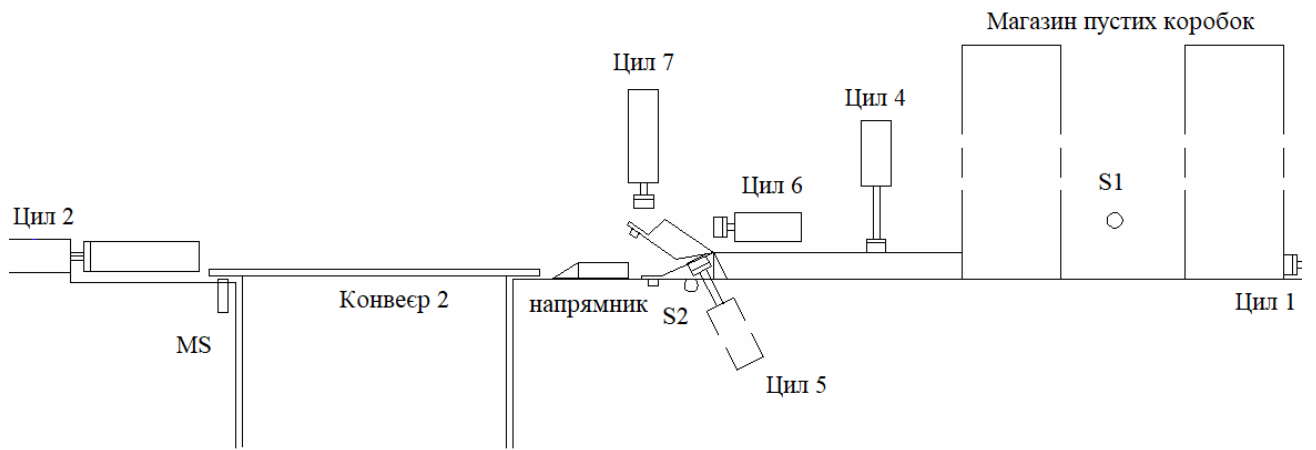


Рисунок 2.2 – Розміри пакувальної станції

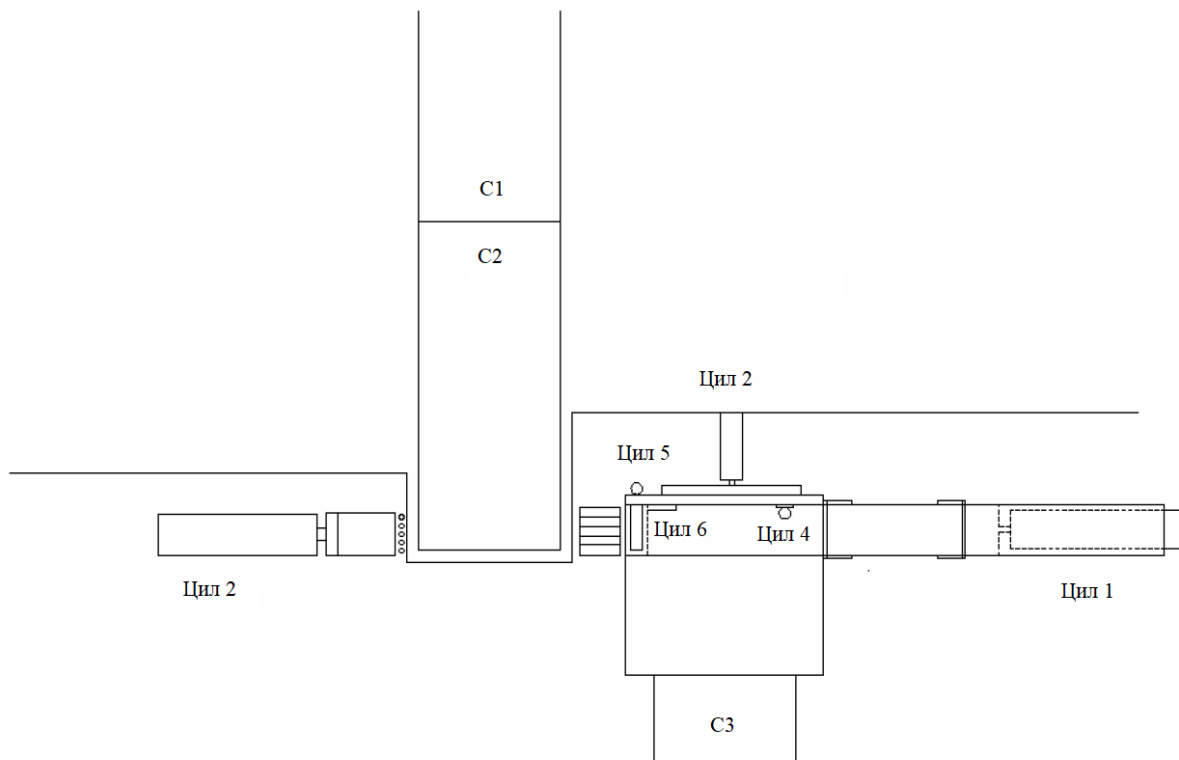
При такому підході, пакувальна станція буде складатись з двох основних частин – накопичувача порожніх коробок та станції пакування полотен в коробки. Принципова схема такої пакувальної станції наведена на рис. 2.3.

Порожні коробки розміщуються в спеціально призначений для цього магазин (рис. 2.4), конструкція якого має відповідну форму та розміри, які відповідають коробкам. Такий магазин розрахований на кількість коробок у 20 одиниць.

S1 – це рефлекторний датчик наближень, який розташовується з одного боку магазину. Цей датчик сигналізує якщо магазин порожній. В такому випадку датчик видає один світловий сигнал, який повідомляє оператору про необхідність заповнення магазину.



а)



б)

Рисунок 2.3 – Принципова схема пакувальної станції у пневматичному підході:

а – вигляд спереду; б – вигляд зверху

(Цил – циліндри, S1 – датчик наближень, S2 - мікроперемикач, MS – магнітні датчики)

Цил 1 – це пневматичний циліндр, який використовується в системі пакування ножівкових полотен (СПНП) для виштовхування коробки із магазину в напрямку пакувальної станції. Якщо на пакувальній станції знаходиться

коробка, то циліндр не буде виштовхувати нову коробку на станцію. Для визначення наявності коробок на пакувальній станції використовується мікроперемикач S2.

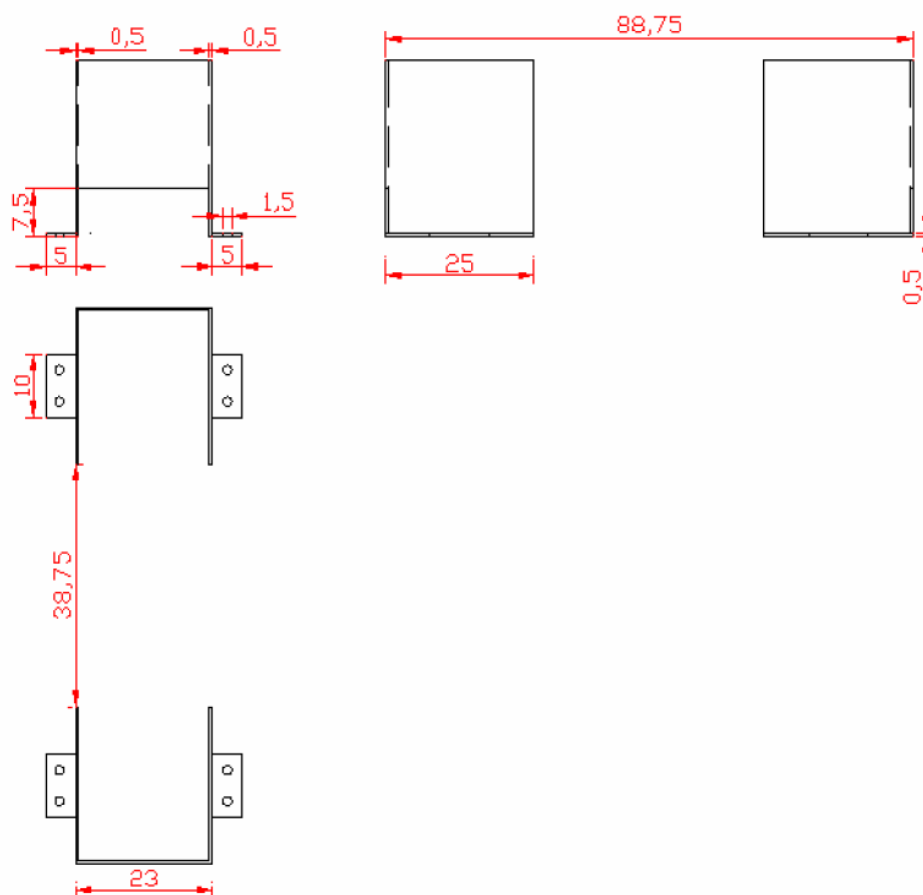


Рисунок 2.4 – Накопичувач порожніх коробок

Як тільки на пакувальній станції розміщується порожня коробка, зверху активується циліндр 4, задача якого полягає в утриманні коробки в положенні для пакування. Функція циліндру 3 полягає в тому, щоб штовхати заповнену ножівковими полотнами коробку в напрямку конвеєра 3.

Ще три циліндри, позначені 5, 6 та 7, застосовуються для виконання процесів відкривання та закривання коробки. Задача циліндру 5 полягає в тому, що він тримає відкритою кришку в процесі наповнення коробок, в той час як циліндр 6 штовхає кришку в горизонтальному напрямку. Циліндр 7 (рис. 2.5) штовхає коробку вниз, в результаті чого виконується закриття коробки.

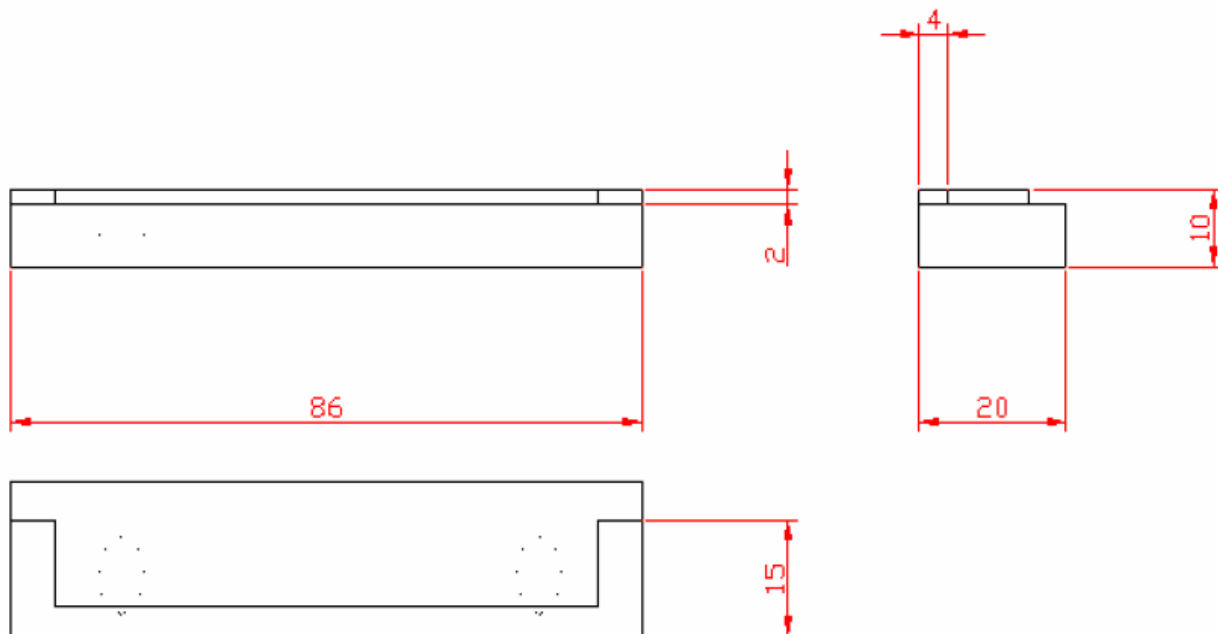


Рисунок 2.5 – Циліндр 7

В кінці конвеєра 2 для зупинки ножівкових полотен використовується одна перешкода. Вздовж конвеєра розміщується п'ять магнітних датчиків, які позначені MS від 0 до 4. Ці датчики визначають наявність п'яти стопок ножівкових полотен на позиції пакування.

Кожного разу, коли циліндр 2 штовхає стопки ножівкових полотен, працює лічильник і збільшує своє значення на одиницю. Як тільки досягається відмітка 2, відбувається відправка сигналу циліндру 3, який в свою чергу штовхає заповнену коробку на конвеєр 3. Після цього значення лічильника обнуляється.

З'єднання пакувальної станції із зварювальним апаратом виконано конвеєром 3 з метою пришвидшення процесу пакування. Тому зварювальний апарат на схемі розташування обладнання (рис. 2.1) змінив своє положення у порівнянні із початковим розташуванням (рис. 1.12). Відстань між станцією пакування та зварювальним апаратом за новим розташуванням обладнання становить 2 метри.

Слід відзначити, що конвеєр 3 виконує ще одну функцію – функцію буфера між пакувальною станцією та зварювальним апаратом. У випадку зупинки останнього, процес пакування ножівкових полотен (НП) буде продовжуватись до

тих пір, поки не спрацює датчик наближення S3. Цей датчик розміщується в кінці конвеєра 3, задача якого відмічати факт заповнення конвеєра.

В такому випадку відбудеться зупинка обох конвеєрів до тих пір, поки зварювальний апарат не продовжить свою роботу. Від зварювальної станції подається відповідний сигнал `weld_state`, який повідомляє про зупинку або перезапуск зварювальної станції. Про заповнення конвеєра 3 оператор інформується візуальним сигналом. Процес пакування НП автоматично зупиняється і не буде продовжуватись до тих пір, поки конвеєр 3 не стане порожнім.

У разі використання пневматичного підходу можна виділити ряд переваг, а саме:

- станція пакування легко знімається;
- низька вартість обслуговування;
- простота конструкції;
- високий рівень безпеки;
- легкість в реалізації моделі;
- легкість в усуненні несправностей;
- безперервність процесу;
- низькі початкові інвестиції.

В той же час такому підходу характерний ряд недоліків:

- неможливість роботи без нагляду оператора;
- важка адаптація до нової продукції;
- рішення не повністю автоматизоване, потребує часткову участь оператора;
- обмежена точність і контроль;
- необхідність модифікації існуючої виробничої лінії;
- погіршення продуктивності компонентів СПНП з часом.

2.2 Моделювання робототехнічної системи пакування продукції

Як і у випадку пневматичного підходу, у роботизованому підході передбачено використання другого конвеєра (С2), який розміщується біля першого конвеєра (С1). В цьому підході також планується використання другого конвеєра із збільшеною швидкістю для того, щоб збільшити відстань між стопками ножівкових полотен після того, як на них було нанесено маркування.

Порожні коробки поставляються на виробництво в готовому вигляді, після чого вони пакуються у візки, ємність яких становить 350 коробок. Слід відзначити, що коробки при їх складанні у візок можуть мати різну орієнтацію (рис. 2.6). Цей фактор є ускладнюючим фактором для роботи робота.



Рисунок 2.6 – Розміщення пустих коробок у візку:

1, 2 – горизонтально; 3 - вертикально

Вирішити цю проблему можна різними шляхами, наприклад, в першому випадку можна змінити розташування коробок у візку. Для цього достатньо

звернутись до постачальника готових коробок із запитом на зміну специфікації пакування коробок у контейнери відповідно до вимог проєкту.

Інший варіант полягає у залученні оператора до процесу переміщення коробок у контейнері відповідно до вимог, які спростять експлуатацію робота. Але такий підхід є ручним і не відповідає поставленим задачам щодо автоматизації процесу пакування ножівкових полотен.

Інший підхід, який буде задовольняти поставлені задачі автоматизації, полягає у використанні систем технічного зору, якими можна буде визначити розташування та орієнтацію коробок у контейнері. Слід відзначити, що в такому випадку збільшуються інвестиції у проєкт автоматизації, оскільки використання системи технічного зору для виявлення коробок збільшить вартість проєкту.

Оскільки коробки для пакування в них ножівкових полотен виготовляються також компанією Bahco, але на іншому заводі, то найбільш раціональним вибором є запит до заводу стосовно пакування коробок у контейнер у необхідному положенні.

У випадку моделювання робототехнічної системи пакування, обладнання у приміщенні буде розміщуватись так, як це показано на рис. 2.7.

При робототехнічному підході робот уде забирати порожню коробку з візка і ставити її у спеціально призначений магазин. В процесі пакування буде використовуватись лічильник (C_bx), який вказуватиме роботу, яку саме коробку потрібно взяти. Тобто, коробка 0, коробка 1, тощо. Кожного разу після того, як робот вийняв одну коробку із візка, значення лічильника збільшується на одиницю. При запуску робота цей лічильник буде обнулятися.

Коректне функціонування робота можливе лише в тому випадку, якщо він здатен розпізнати точну позицію коробки у візку. В процесі програмування робота такі позиції записуються в пам'ять.

Коробки розміщуються у контейнері одна поблизу другої, що ускладнює процес захвату у випадку використання механічного захвату. Для проведення операції переміщення коробок у робота використовується вакуумний захват. Оскільки поверхня коробок пласка, то такий вид захвату буде найбільш оптимальним. Розташування робота в приміщенні показано на рис. 2.7.

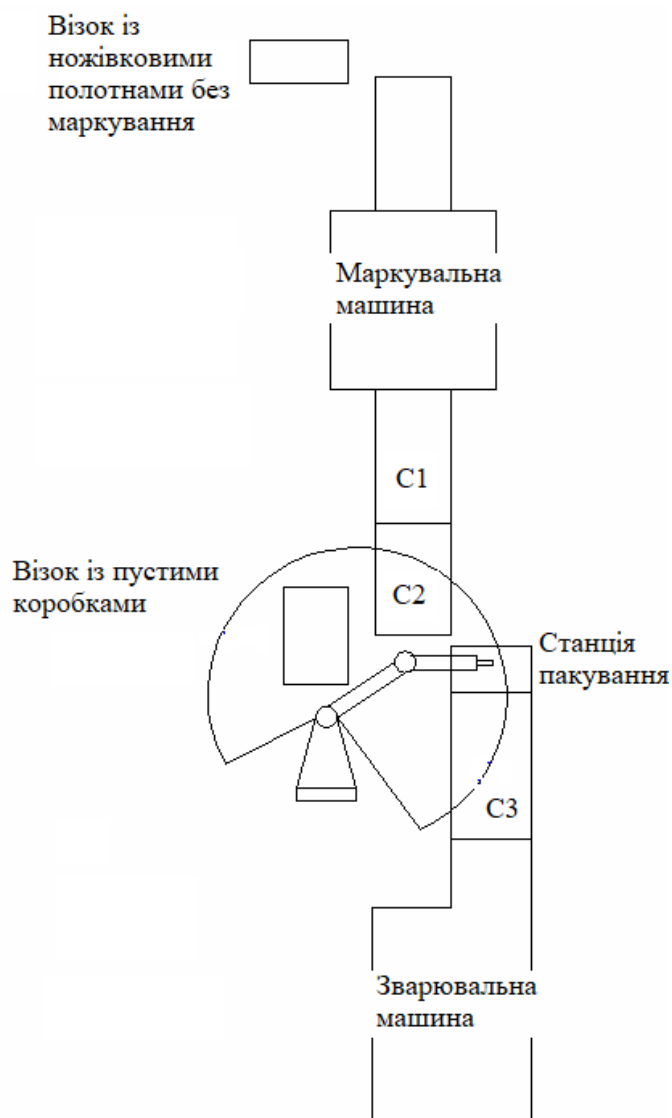


Рисунок 2.7 – Розташування обладнання при моделюванні робототехнічної системи пакування

Магазин для наповнення коробок, в який розміщується пуста коробка в процесі пакування, показаний на рис. 2.8. Цей магазин представляє собою приладдя, задача якого полягає в утриманні коробки в процесі пакування. Його можна прикріпити до основи конвеєра або до основи робота. Розміри такого накопичувача на десять частки міліметра більше, ніж розміри самої коробки. Утримання кришки відкритою в процесі пакування ножівкових полотен передбачаються двома спеціальними утримувачами.

Для виявлення стопок із ножівковими полотнами, у які вони складаються після нанесення маркування, передбачається магнітними датчиками вздовж конвеєра у кількості п'ять штук. У випадку, якщо всі п'ять магнітних датчиків

стають активними, робот виконує захват п'яти стопок ножівкових полотен, після чого він пакує їх у коробку.

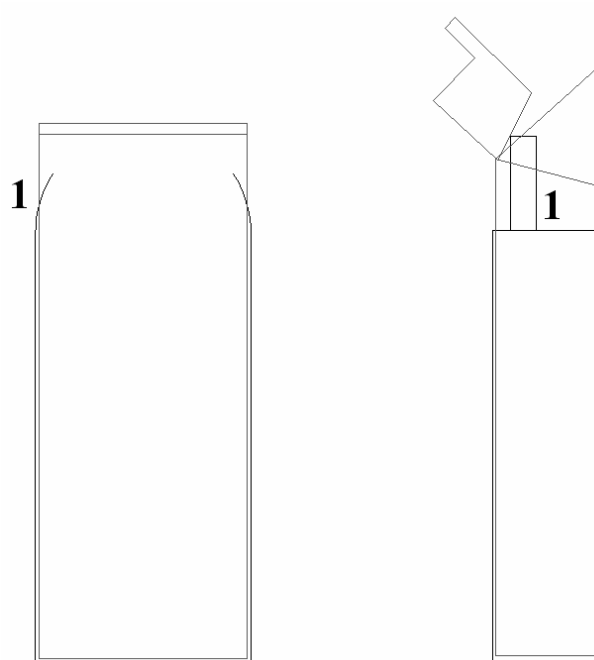


Рисунок 2.8 – Магазин із пустою коробкою (1 – утримувачі кришки коробки)

Для контролю кількості ножівкових полотен, які робот поклав у коробку, використовується лічильник. На початку його значення дорівнює нулю. Після кожного переміщення стопки ножівкових полотен у коробку лічильник збільшує своє значення. Якщо лічильник досягає значення 2, він обнуляється. Після цього робот виконує процедуру закриття коробки і переміщує її на конвеєр С3.

Для захоплення стопок НП передбачається використання у роботу магнітного захвату. Цей варіант найбільш оптимальний, оскільки ножівкове полотно виготовлено із металу. Крім того, в робототехнічному підході як і у пневматичному підході можна використовувати буфер, який буде зупинятись при зупинці роботи зварювального апарату та заповненні конвеєра 3, яким заповнені коробки транспортуються від пакувальної станції до зварювального апарату.

Для вибору оптимального підходу необхідно також розглянути переваги та недоліки робототехнічного підходу автоматизації системи пакування ножівкових полотен. До переваг відносяться:

- процес пакування в робототехнічному підході повністю автоматизований, що не потребує втручання оператора;

- внесення змін у швидкість виробництва проводиться достатньо легко;

- можливість роботи системи пакування без нагляду;

- більша точність та повторюваність роботи, ніж у пневматичному підході;

- можливість перепрограмування роботи (за необхідності).

В той же час, такій системі пакування характерний ряд недоліків:

- складна кінематика;

- вища вартість системи автоматизації;

- необхідність у залученні програмістів та інженерів до програмування роботи;

- використання двох різнотипних захватів;

- висока вартість технічного обслуговування устаткування;

- у випадку поломки вартість ремонту значна більша, ніж в пневматичному підході.

2.3 Моделювання гібридної системи пакування продукції

В роботі розглядається можливість поєднання пневматичного та робототехнічного підходу для автоматизації процесу пакування ножівкових полотен.

В цьому гібридному підході використання робота передбачається лише для збору та розміщення у відповідному положенні коробок, при чому в робота передбачається вакуумний захват. Для самого процесу пакування краще використовувати конструкцію пакувальної станції, яка описувалась в розділі 2.1. При реалізації такої системи пакування робот буде виконувати переміщення та розміщення пустих коробок таким чином, як це описувалось у 2.2.

У таблиці 2.1 наведено список приладів та їх опис, які використовуються у системі автоматизації лінії пакування ножівкових полотен.

Таблиця 2.1 – Прилади в системі пакування ножівкових полотен

№	Позначення	Назва	Опис
1	Цил 1	Циліндр 1	Виштовхує з магазину пусту коробку
2	Цил 2	Циліндр 2	Проштовхує НП у пусту коробку
3	Цил 3	Циліндр 3	Штовхає заповнену коробку на конвеєр 3
4	Цил 4	Циліндр 4	Закріплює коробку на станції пакування
5	Цил 5	Циліндр 5	Відкриває коробку
6	Цил 6	Циліндр 6	Закриває коробку в горизонтальному положенні
7	Цил 7	Циліндр 7	Закриває коробку у вертикальному положенні
8	S1	Датчик 1	Відбивний датчик наближення для визначення стану порожніх коробок в магазині
9	S2	Датчик 2	Мікроперемикач для визначення наявності коробки на пакувальній станції
10	S3	Датчик 3	Відбивний датчик наближення для визначення заповненості конвеєра 3
11	C1	Конвеєр 1	Транспортування НП від маркувальної машини
12	C2	Конвеєр 2	Збільшення відстані між стопками НП
13	C3	Конвеєр 3	Транспортування заповнених коробок від пакувальної станції до станції зварювання
14	MS 0 – MS 4	Магнітні датчики 0-4	Визначення наявності НП на станції пакування

При гібридному підході станція пакування тоді буде виглядати так, як це показано на рис. 2.9. На рис. 2.10 наведена деталізація взаємного розташування циліндр при гібридній автоматизованій системі пакування ножівкових полотен.

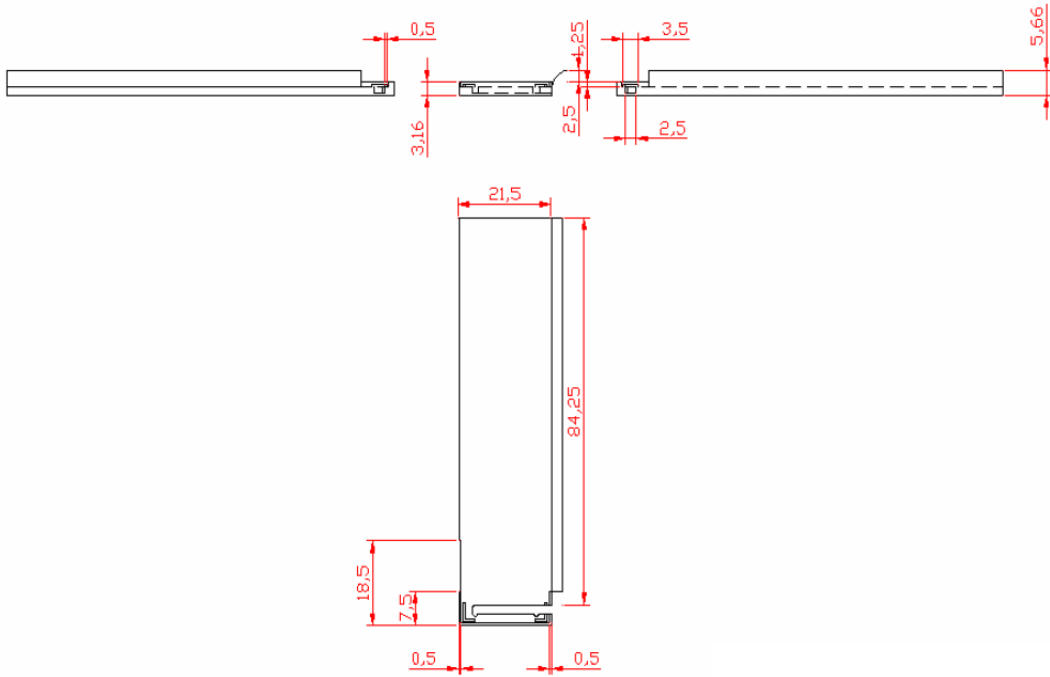


Рисунок 2.9 – Станція пакування при гібридному підході

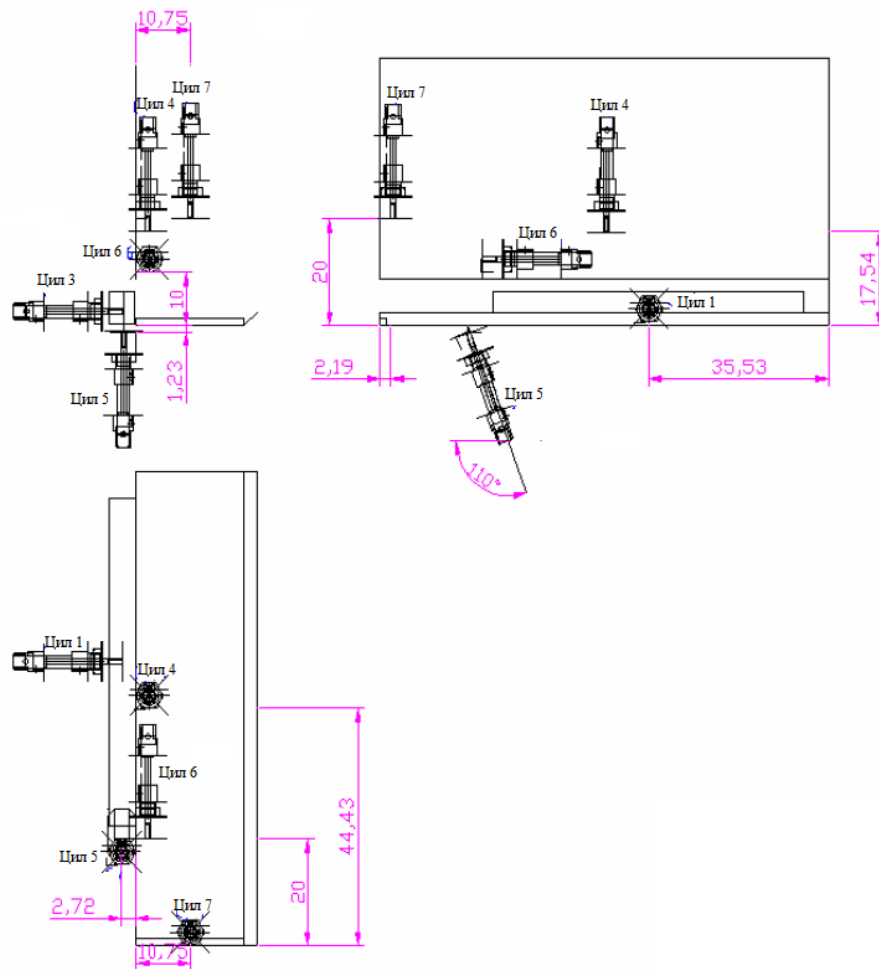
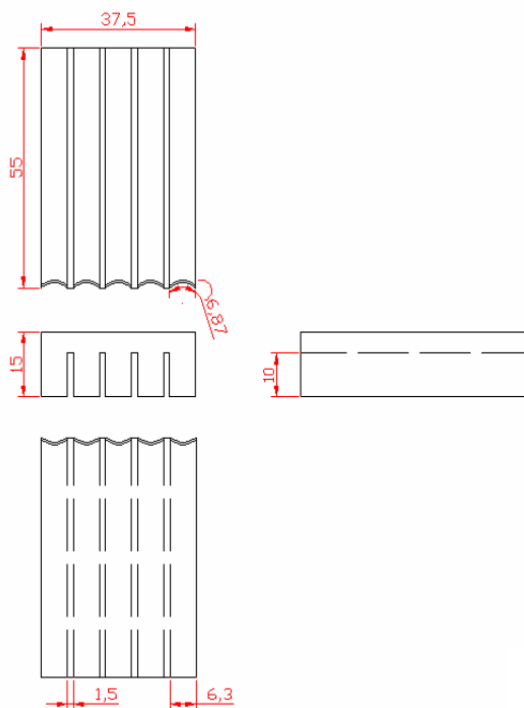
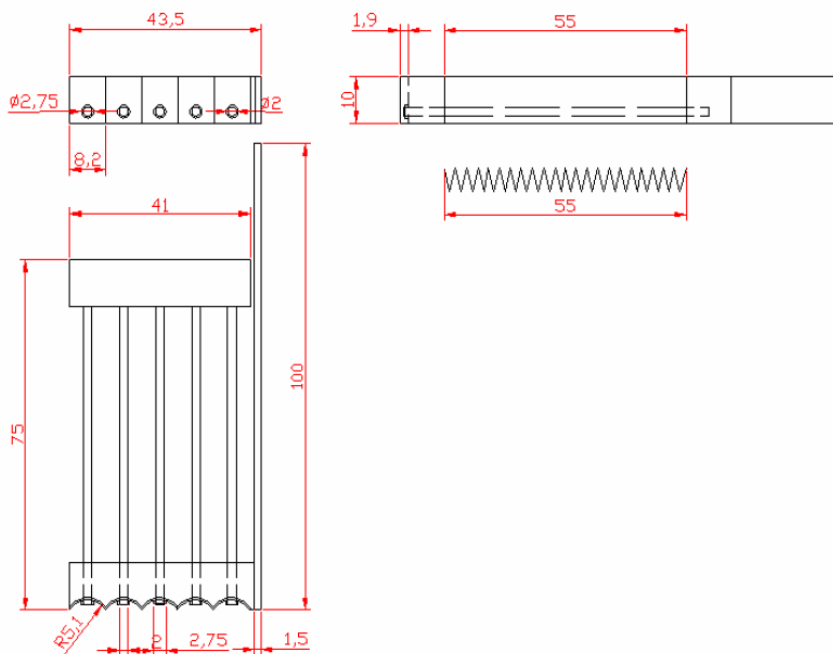


Рисунок 2.11 – Деталізація взаємного розташування циліндрів при гібридному підході

На рис. 2.11 наведено циліндр 2, який використовується при гібридному підході.



а)



б)

Рисунок 2.11 – Циліндр 2 при гібридному підході:

а – перший варіант конструкції; б – другий варіант конструкції

Перевагами такого гібридного підходу буде:

- можливість роботи системи пакування без нагляду;
- повна автоматизація процесу пакування ножівкових полотен без втручання оператора;
- наявність всього одного захвату.

Серед недоліків цього підходу слід відзначити високі інвестиції на початковому етапі – система потребує використання ПЛК, робота та пневматичних пристроїв.

Альтернативним підходом буде гібридне або роботизоване рішення із використанням в системі пакування системи технічного зору. Ця система повинна інтегруватись із роботою робота з метою подальшого визначення розташування коробки в контейнері. Використання такої системи дозволить позбавитись в автоматизованій лінії пакування продукції накопичувача порожніх коробок, спеціальних контейнерів та візків. Основним недоліком у використанні такої системи є більша вартість, ніж попереднє гібридне рішення, та значно більша вартість у порівнянні із робототехнічним та пневматичним підходами.

2.4 Вибір оптимального підходу до влаштування системи пакування продукції

Після визначення переваг та недоліків кожного із розглянутих підходів слід обрати найбільш оптимальне рішення для вирішення поставлених задач. Для цього в першу чергу слід обрати критерії, за яким буде проводитись аналіз систем пакування ножівкових полотен. Результати проведеного аналізу наведені у табл. 2.2.

1. Гнучкість. У виробництві гнучкість розглядається як здатність системи адаптуватись до змін в обсягах виробництва та асортименті продукції. Ножівкові полотна, що розглядаються, складають основну частку виробництва – 80%. Але все ж таки, інші 20% припадають на інші види продукції. Тобто, пакувальна станція для НП повинна легко зніматись з маркувальної машини.

Таблиця 2.2 – Аналіз критеріїв при виборі системи автоматизації лінії пакування

Критерій вибору	Пневматична система	Робототехнічна система
1	2	3
Гнучкість	Пакувальна станція легко знімається. Складне розширення виробничих потужностей. Важкість внесення змін в конструкцію.	Більша гнучкість за умови обов'язкового калібрування. Велика можливість розширення виробничих потужностей Легкість перепрограмування роботи
Складність	Проста конструкція	Складна конструкція. Необхідність залучення кваліфікованих працівників до програмування
Технічне обслуговування	Низька вартість та простота	Необхідність залучення кваліфікованого персоналу Вища вартість
Надійність	Залежність повторюваності результатів та точності від факторів навколишнього середовища	Висока якість, повторюваність результатів та точність
Міцність	Піддаються пошкодженням внаслідок впливу вібрації, шуму, тощо	Висока, але обов'язково слід уникати ударів
Безпечність	Високий рівень	Необхідність проведення навчання
Рівень автоматизації	Напівавтоматизована	Повністю автоматизована

Продовження таблиці 2.2.

1	2	3
Вартість	Низька вартість	Висока вартість
Продуктивність	Вищий рівень шуму при роботі циліндрів	Чутливість до розташування пустих коробок у візку Потребує калібрування
Розмір	Середній розмір системи	Великий розмір системи
Швидкість	Висока	Висока

Найпростіше зі всіх розглянутих систем знімається саме пневматична система. Хоча слід відзначити, що в пневматичній системі неможливо змінити кількість продукції, що виготовляється за певний період часу.

На відміну від пневматичної системи, робототехнічна система легко переналаштовується на іншу швидкість виробництва шляхом перепрограмування робота. Але при цьому слід пам'ятати, що пристрої в робототехнічній системі потребують калібрування, тому вона не так легко знімається та переміщується, як пневматична система.

2. Надійність. Робототехнічній системі характерний більш високий рівень ризику при роботі.

3. Точність. Більша точність буде характерна для робототехнічної системи завдяки своїй програмованій системі управління. Пневматичній системі характерне обмеження управління, оскільки в такій системі використовується стиснене повітря. Слід враховувати те, що точність в даному випадку не є рушійним критерієм вибору системи пакування, оскільки допуск цілком достатній в обох системах. Секція в коробці має розмір 14,2 мм, в той час як ширина ножівкові полотна становить 10 мм, тобто зазору у 4,2 мм цілком достатньо.

4. Надійність. Як робототехнічна, так і пневматична системи мають достатньо міцну конструкцію, тому всі їх компоненти працюють в межах своїх номінальних характеристик.

5. Технічне обслуговування. На технічне обслуговування на виробництві витрачається достатньо багато часу, при чому виробництво простоюється в цей момент, а також кошти. Профілактичне періодичне обслуговування подовжує термін експлуатації обладнання.

Обслуговування робототехнічного підходу передбачається від постачальника, вартість якого становить приблизно 15 000 гривень на рік. В свою чергу, технічне обслуговування пневматичних пристроїв може здійснюватися персоналом самого заводу. Приблизна вартість технічного обслуговування пневматичної системи буде становити 8 000 гривень на рік.

При цьому важливо враховувати ще вартість запчастин у випадку поломки системи. В робототехнічній системі хоча і вищий ступінь надійності, ніж у робототехнічній, але при цьому дорогі запчастини.

6. Складність. Система керування роботом повинна враховувати як структуру програми робота, так і кінематику системи. Тому для цієї системи необхідно більш складне керування, при якому за декілька мілісекунд повинен виконуватись обрахунок сотень математичних операцій. Пневматичне рішення по цьому критерію є більш простою системою.

7. Безпечність. При використанні робототехнічної системи оператор звільняється від ризиків, які пов'язані із роботою з обладнанням. Але слід враховувати, що робоча зона, в якій робот виконує рухи, повинна бути захищена завісою або огорожею, а доступ працівникам при виконанні процесу повинен бути обмежений. При використанні такої системи обов'язковим буде навчання з техніки безпеки при експлуатації робота.

У випадку використання пневматичної системи захист працівників можна забезпечити шляхом встановлення світлових завіс та застосування аварійної зупинки.

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що пневматична система краще адаптується до умов проєкту, а також вона більш безпечна, менш складна, дешевша в обслуговуванні та вартість самої системи менша, ніж в робототехнічному підході. Але у робототехнічного підходу вищий ступінь точності, надійності та повторюваності.

2.5 Висновки до другого розділу

В другому розділі наведено два основних підходи до облаштування автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен. Перший підхід полягає у використанні пневматичних циліндрів для виконання процесу пакування, конвеєрів для транспортування елементів. Другий підхід передбачає використання роботизованого обладнання для проведення процесу пакування.

Для обох підходів було наведено схему розташування обладнання в приміщенні, а також виокремлено основні переваги та недоліки кожної із систем. Також розглядалась можливість поєднання пневматичної та робототехнічної системи пакування продукції.

Було проведено порівняльний аналіз систем за наступними критеріями: гнучкість, складність, надійність, вартість, міцність, рівень автоматизації, безпечність, технічне обслуговування, швидкість. В результаті аналізу встановлено, що пневматична система буде більш оптимальним вибором для пакування ножівкових полотен.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ

3.1 Підбір промислового роботу для виконання технологічного процесу пакування ножівкових полотен

В умовах сьогодення роботизоване обладнання використовується дедалі більше та частіше у всіх галузях промисловості. По своїй суті «робот – це автономно функціонуюча універсальна автоматична машина, призначена для відтворення фізичних, рухових та розумових функцій людини, наділена здатністю до адаптації і навчання у процесі активної взаємодії з навколишнім середовищем» [32]. Здатність робота до перепрограмування є основною причиною, завдяки якому робить придатний до виконання цілого спектру завдань.

При проектуванні робототехнічної системи пакування продукції необхідно ретельно підібрати робота, оскільки він потребує великих капіталовкладень. Для виконання поставлених задач не всі роботи мають технічні характеристики.

Залежно від механічної структури промислової роботи можна поділити на шість основних типів:

1. Паралельний робот;
2. Шарнірний робот;
3. Робот SCARA;
4. Полярний / сферичний робот;
5. Циліндричний робот;
6. Портальний / Декартовий робот.

Порівняння характеристик роботів різних типів наведено в табл. 3.1.

Як видно з табл. 3.1, підйомні роботи можуть виконувати шарнірні роботи, роботи SCARA та портальні або декартові роботи.

У випадку влаштування робототехнічної системи або поєднання пневматичної та робототехнічної системи автоматизованого пакування ножівкових полотен слід враховувати, що на маркувальній машині використовується робот SCARA.

Таблиця 3.1 – Порівняння характеристик різних типів роботів

Тип робота	Використання	Швидкість	Точність	Повторюваність	Ступені свободи
1	2	3	4	5	6
Паралельний	Роботизована хірургія Пілотажні тренажери кабіни Обробка мобільних платформ	Висока	Висока	Висока	6
Шарнірний	Лиття під тиском Газове зварювання Закупорювальні машини Підйомні роботи Монтажні роботи Дугове зварювання	Висока	Висока	Дуже висока	6
Робот SCARA	Підйомні роботи Складальні операції Робота із верстатами	Висока	Висока	Висока	4
Полярний / сферичний робот	Дугове зварювання Газове зварювання Робота із верстатами Лиття під тиском Точкове зварювання Кувальні машини	Повільний	Задовільна	Задовільна	3

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5	6
Циліндричний робот	Робота із верстатами Складальні операції Точкове зварювання Обробка під час лиття під тиском	Повільний	Задовільна	Висока	3
Портальний / Декартовий робот	Складальні операції Робота із верстатами Дугове зварювання Підйомні роботи Нанесення герметика	Висока	Висока	Дуже Висока	4

Оскільки одним із критеріїв вибору роботу та системи в цілому було технічне обслуговування системи, до більш доцільним буде використання на автоматизованій лінії пакування продукції роботу SCARA. В такому випадку при необхідності проведення ремонту або технічного обслуговування можна буде звертатись до одного і того ж постачальника роботизованого обладнання.

У випадку повної поломки одного із роботів, його запчастини можна буде використовувати для ремонту другого роботу. Тому для робототехнічного або ґридного підходу було обрано робот SCARA моделі Micro Working RP-3АН. Цей робот розрахований на навантаження у 3 кг. Оскільки повна коробка із ножівковими полотнами важить 2 кг, то використання цього роботу буде достатнім. За необхідності у виробника є модель, розрахована на 5 кг.

Технічні характеристики роботу наступні [8]:

- мікроконтролер – CR1-751;
- повторюваність - $\pm 0,008$ мм;
- максимальне завантаження – 3 кг;



Рисунок 3.1 – Робот SCARA Mitsubishi RP

– ширина і глибина руху – 148 x 210 мм.

3.2 Підбір апаратної частини системи керування лінією пакування продукції

3.2.1. Виконавчий механізм

В пневматичній та гібридній системі автоматичного пакування ножівкових полотен найбільше будуть використовуватись циліндри, які сприймають потужність або тиск та перетворює їх на механічну силу. Ціль використання таких циліндрів полягає в створенні прямолінійного руху, який не може бути в подальшому перетворений на обертовий рух.

В якості циліндрів для системи розглянемо можливість використання пневматичного або гідравлічного циліндру. Ці варіанти облаштування пневматичної або гібридної системи мають ряд переваг та недоліків, тому слід розглядати їх в якості альтернативи один одному. Основна відмінність між такими циліндрами полягає в тому, що в гідравлічних циліндрів робоча рідина працює в замкненому або рециркуляційному циклі, що потребує використання

додаткових компонентів, в той час як в пневматичному циліндрі робоча рідина виводиться в навколишнє середовище.

Серед переваг пневматичних циліндрів слід відзначити:

- чистота при експлуатації;
- можливість експлуатації при високих температурах навколишнього середовища;
- можливість використовувати в небезпечних умовах навколишнього середовища;
- простота в керуванні;
- висока швидкість роботи;
- високий рівень надійності циліндра;
- низькі витрати на технічне обслуговування;
- низькі експлуатаційні витрати;
- низька початкова вартість.

До переваг гідравлічних циліндрів відносяться:

- низький рівень шуму;
- високе посилення потужності;
- точність контролю та подачі;
- можливість досягнення високого рівня синхронізації;
- кращі властивості по утриманню деталей;
- висока жорсткість системи;
- висока вхідна сила.

Існує ряд конструкцій гідравлічного циліндру. В загальному конструкція гідроциліндру із його складовими елементами наведені на рис. 3.2. Види гідроциліндрів за конструкцією наведені на рис. 3.3. Параметри циліндрів, які будуть використовуватись в системі, наведені в табл. 3.2-3.3.

В розрізі системи, що моделюється, варто розглянуто циліндр односторонньої та подвійної дії. У циліндрі односторонньої дії (рис. 3.3, б) стиснене повітря рухається в одну сторону, тобто він виконує роботу в одному

напрямку. Зворотній рух поршня відбувається за рахунок дії вбудованої пружини або зовнішніх сил.

Таблиця 3.2 – Параметри циліндру 1, 3 і 7 (для датчика наближення)

Параметр	Значення	Параметр	Значення
Діаметр поршня	32 мм	Хід поршня	400 мм
Амортизація	пневматична	Різьба поршневого штока	M10x1,25
Відповідність стандарту	ISO 15552	Монтажне положення	Будь-яке
Робочий тиск	0,6-12 бар	Класифікація корозійної стійкості	CRC 2
Довжина амортизації	20 мм	Положення	Для датчика наближення
Енергія удару в кінцевих положеннях	0,4 Дж	Робоче середовище	Осушене стиснене повітря
Принцип дії	Подвійної дії	Температура експлуатації	-20...80 °C
Пневматичне підключення	G1/8	Рухома маса при ході 0 мм	108 г
Теоретичне зусилля при 6 бар	483 Н (хід вперед) 415 Н (зворотній хід)	Матеріал циліндра	Кований алюмінієвий сплав
Матеріал поршневого штоку	Високолегована сталь	Матеріал ущільнень	TPE-U (PU)

Таблиця 3.3 – Параметри циліндру 4 і 6 (для датчика наближення)

Параметр	Значення	Параметр	Значення
Діаметр поршня	8 мм	Хід поршня	50 мм
Амортизація	Гнучкі кільця або пластини	Різьба поршневого штока	M4
Відповідність стандарту	ISO 6432	Монтажне положення	Будь-яке
Робочий тиск	1,5-10 бар	Класифікація корозійної стійкості	CRC 2
Довжина амортизації	20 мм	Положення	Для датчика наближення
Енергія удару в кінцевих положеннях	0,03 Дж	Робоче середовище	Осушене стиснене повітря
Принцип дії	Подвійної дії	Температура експлуатації	-20...80 °C
Пневматичне підключення	M5	Рухома маса при ході 0 мм	34,6 г
Теоретичне зусилля при 6 бар	30 Н (хід вперед) 23 Н (зворотній хід)	Матеріал циліндра	Високолегована сталь, яка не піддається корозії
Матеріал поршневого штоку	Високолегована сталь, яка не піддається корозії	Матеріал ущільнень	TPE-U (PU)

У циліндра у порівнянні із циліндрами 1, 3 та 7 відрізняються лише дві характеристики: хід поршня становить 25 мм, а діаметр поршня – 32 мм.

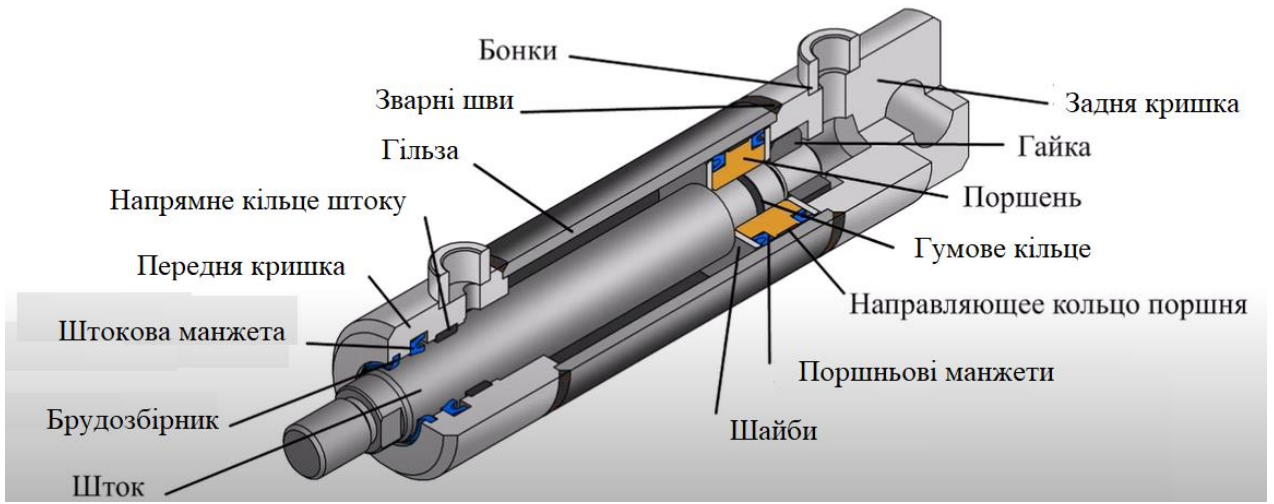
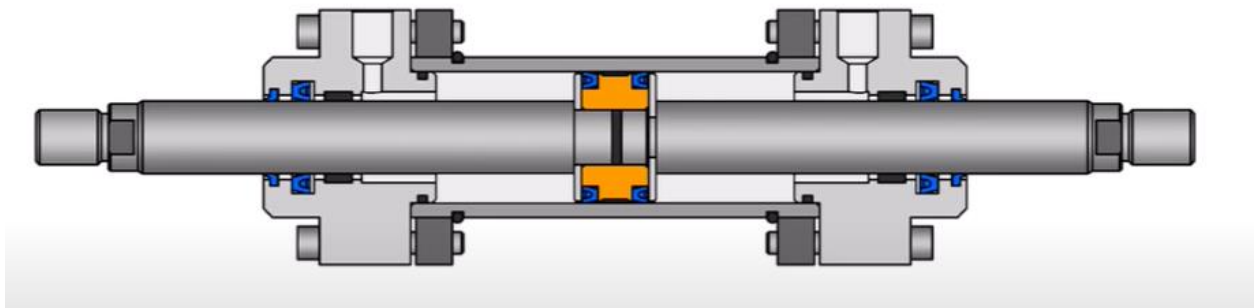
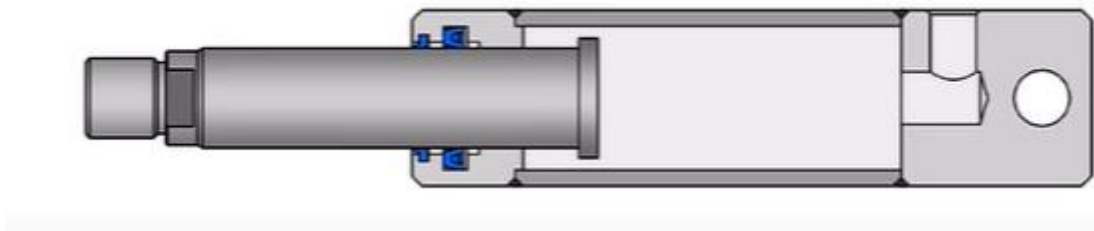


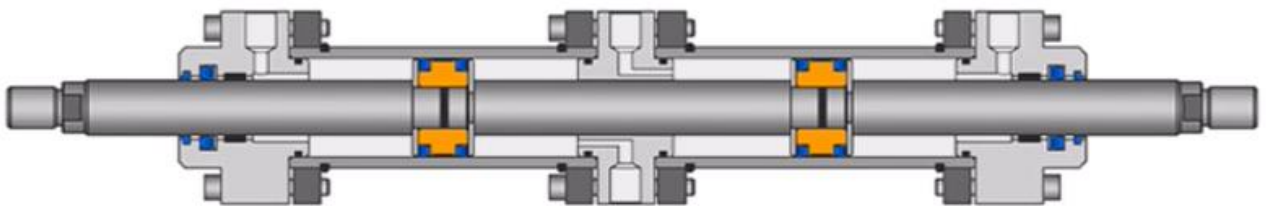
Рисунок 3.2 – Конструкція гідроциліндру



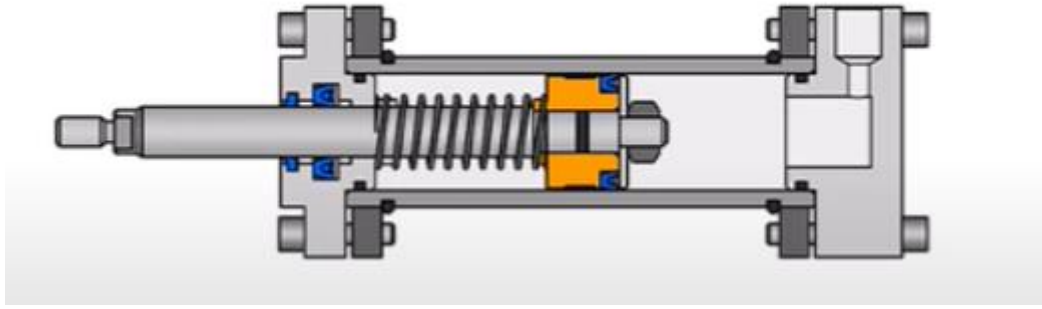
а)



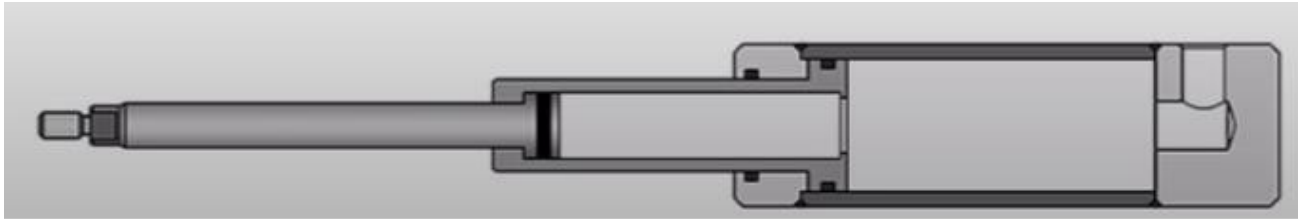
б)



в)



г)



д)

Рисунок 3.3 – Види гідроциліндрів:

- а – із двостороннім штоком; б – односторонньої дії; в – тандемний;
г – з пружинним поверненням; д - телескопічний

У циліндрі подвійної дії із двостороннім штоком (рис. 3.3, а) стиснене повітря відповідає за рух поршня в обох напрямках.

В результаті було обрано ряд циліндрів, технічні характеристики яких наведені в таблицях 3.2-3.3, а зовнішній вигляд циліндрів наведений на рис. 3.4. Загалом в системі автоматизованого пакування ножівкових полотен передбачається використання:

- пневматичного циліндру DNCB-32-400-PPV-A-532734 (рис. 3.4, а) в кількості 1 штука; виробник – Festo, вартість – 3813 гривень [39];
- пневматичного циліндру DFM-20-400-B-PPV-A-GF (рис. 3.4, б) в кількості 1 штука; виробник – Festo, вартість – 2698 гривень [37];
- пневматичного циліндру DNCB-32-80-PPV-A – 532727 (рис. 3.4, в) в кількості 2 штуки; виробник – Festo, вартість – 2570 гривень кожен [40];
- пневматичного циліндру DSNU-8-50-P-A– 532727 (рис. 3.4, г) в кількості 2 штуки; виробник – Festo, вартість – 1685 гривень кожен [41];

– пневматичного циліндру DNCB-32-25-PPV-A - 532724 (рис. 3.4, д) в кількості 1 штука; виробник – Festo, вартість – 1338 гривень [38].



а)



б)



в)



г)



д)

Рисунок 3.4 – Пневматичні циліндри в системі автоматизованого пакування
ножівкових полотен:

а - DNCB-32-400-PPV-A-532734; б - DFM-20-400-B-PPV-A-GF; в - DNCB-32-80-PPV-A – 532727; г - DSNU-8-50-P-A– 532727; д - DNCB-32-25-PPV-A - 532724

Крім того, в системі передбачається використання двох видів пневматичних клапанів. Перший вид пневматичного клапану був підібраний так само від виробника Festo, модель JMF-4-1/8-4556 (рис. 3.5, а) у кількості 2 штук, вартість 2148 гривень кожен [9].

Другий вид пневматичного клапану передбачається у кількості 5 штук, модель CRE10-M1BH-5J-M5 – 196875, також від виробника Festo, вартість кожного клапана становить 3045 гривень [10].



a)



б)

Рисунок 3.5 – Клапани у системі:

а - JMF-4-1/8-4556; б - CPE10-M1BH-5J-M5 – 196875

Тоді вартість циліндрів M_{cyl} становитиме:

$$M_{cyl} = 3813 + 2698 + 2570 \cdot 2 + 1685 \cdot 2 + 1338 = 18359 \text{ гривень} \quad (3.1)$$

В той же час вартість клапанів M_{valve} становитиме:

$$M_{valve} = 2148 \cdot 2 + 3045 \cdot 2 = 19521 \text{ гривня} \quad (3.2)$$

Загальна вартість виконавчого механізму становитиме:

$$M_{vm} = M_{cyl} + M_{valve} = 18359 + 19521 = 37880 \text{ гривень} \quad (3.3)$$

3.2.2. Датчики

Успішна автоматизація процесу стає неможливою без коректного підбору датчиків. Датчики призначенні для отримання інформації про стан системи та представляють собою елемент системи керування, який відповідає за підготовку та попередній збір даних про стан процесу, що протікає та для якого моделюється система, а також передачу цих даних на процесор.

В автоматизованій системі пакування ножівкових полотен використовується ряд датчиків.

Індуктивний датчик наближення призначений для визначення відсутності або наявності металевих предметів на конвеєрі та в інших місцях системи за допомогою електронного безконтактного датчика. Такі індуктивні датчики наближення використовуються в якості кінцевих вимикачів для безконтактного зондування. Типовими сферами застосування таких датчиків є:

- регулювання швидкості;
- виявлення обертового руху;
- вибір продукції;
- підрахунок кількості продукції;
- індикація нульової швидкості.

В системі автоматизованого пакування ножівкових полотен діапазон дії датчика наближення передбачається на відмітці до 100 мм.

В якості індуктивного датчика наближення в системі автоматизованого пакування ножівкових полотен пропонується використовувати датчик Sien M8B-PS-S-L (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Індуктивний датчик Sien M8B-PS-S-L

Цей індуктивний датчик наближення (ІДН) виготовляється компанією Festo. Вартість цього ІДН в Україні становить 2400 гривень [25]. Технічні характеристики датчика наведені в табл. 3.4. Загальна кількість – 5 штук.

Таблиця 3.4 – Характеристики датчика Sien M8B-PS-S-L [25]

Характеристика	Значення
<i>1</i>	<i>2</i>
Відповідність стандарту	EN 60947-5-2
Гарантована відстань перемикання	1,21 мм
Номінальна відстань перемикання	1,5 мм
Наявність сертифікатів	C UL us - Listed (OL), C-Tick
Температура експлуатації	-25...70 °C
Максимальний вихідний струм	200 мА

Продовження таблиці 3.4

1	2
Вихід перемикача	PNP
Гістерезис	$\leq 0,07$ мм
Передаточне число	Нержавіюча сталь = 0,7 Сталь = 1,0 Мідь = 0,2 Латунь = 0,35 Алюміній = 0,25
Залишкова пульсація	$\pm 10\%$
Електричне підключення	Роз'єм M8x1
Вага	18 г
Матеріал корпусу	Латунь, нержавіюча, хромована та легована сталь
Класифікація корозійного опору	CRC 2
Клас захисту	IP67, IP65
Робочий режим дисплея	Жовтий світлодіод
Тип кріплення	З контргайкою

Ємнісний датчик наближення (ЄДН) дозволяє виявляти об'єкти базуючись на їх діелектричній проникності. Такі датчики створюють електричне поле, в результаті чого можуть використовуватись для металевих та неметалевих матеріалів. Сфера застосування таких датчиків в основному наступна:

- виявлення наявності матеріалу;
- виявлення стану осушення резервуарів;
- виявлення межі переповнення.

В системі автоматизованого пакування ножівкових полотен такі датчики будуть використовуватись для виявлення заповненості контейнера із готовими упаковками ножівкових полотен, а також для виявлення наявності пустих коробок на конвеєрі. Пропонується використовувати ємнісний датчик Autonics

CR18-8DN2 (рис. 3.7). Вартість такого датчика становить 1848 гривень [23]. Технічні характеристики наведені в табл. 3.5.



Рисунок 3.7 – Ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2

Таблиця 3.5 – Характеристики ємнісного датчика Autonics CR18-8DN2 [23]

Характеристика	Значення
Дальність	0-8 мм
Корпус датчика	M18
Матеріал корпусу	ПВХ
Максимальний робочий струм	200 мА
Напруга живлення	12...24 В
Робоча температура	-25...70°C
Маса	100 г
Частота передачі	50 МГц

Ще один із датчиків, який буде використовуватись в системі – це оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L (рис. 3.8). Виробник датчику – компанія Festo. Вартість датчика становить 3441 гривня [34]. Технічні характеристики датчика наведені в табл. 3.6. Необхідна кількість для системи автоматизованого пакування ножівкових полотен становить 2 штуки.



Рисунок 3.8 - Оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L

Таблиця 3.6 – Характеристики датчика SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L [34]

Характеристика	Значення
<i>1</i>	<i>2</i>
Відповідність стандарту	EN 60947-5-2
Робочий діапазон	0...2000 мм
Тип освітлення	Червоний поляризований
Максимальна частота переключення	1000 Гц
Наявність сертифікатів	C UL us - Listed (OL), C-Tick
Температура експлуатації	-25...55 °C
Максимальний вихідний струм	200 мА
Залишкова пульсація	± 20%
Вихід перемикача	PNP
Клас захисту	IP65
Вага	85 г
Резервний робочий дисплей	Зелений світлодіод
Робочий режим дисплею	Жовтий світлодіод

Продовження таблиці 3.6

1	2
Розміри	30 x 30 x 15 мм
Електричне підключення	3-жильний кабель
Діапазон робочої напруги на постійному струмі	10...30 В
Захист від короткого замикання	Пульсуючий
Падіння напруги	2 В

В якості мікроперемикача обрано модель SR-3-E-SW – 14797 (рис. 3.9) виробника Festo в кількості 1 штука, вартістю 1804 гривні.



Рисунок 3.9 – Мікроперемикач SR-3-E-SW – 14797

Тоді вартість датчиків в системі становитиме:

$$M_{sensors} = 3441 \cdot 2 + 2400 \cdot 5 + 1848 \cdot 2 + 1804 = 24382 \text{ гривні} \quad (3.4)$$

3.2.3. Програмований логічний контролер

«Програмований логічний контролер – це програмований обчислювальний пристрій, навмисно розроблений для вирішення задач збору й обробки аналогових і/чи дискретних сигналів, дискретно-логічного керування технологічним устаткуванням і неперервним регулюванням параметрів технологічних процесів у реальному масштабі часу» [4].

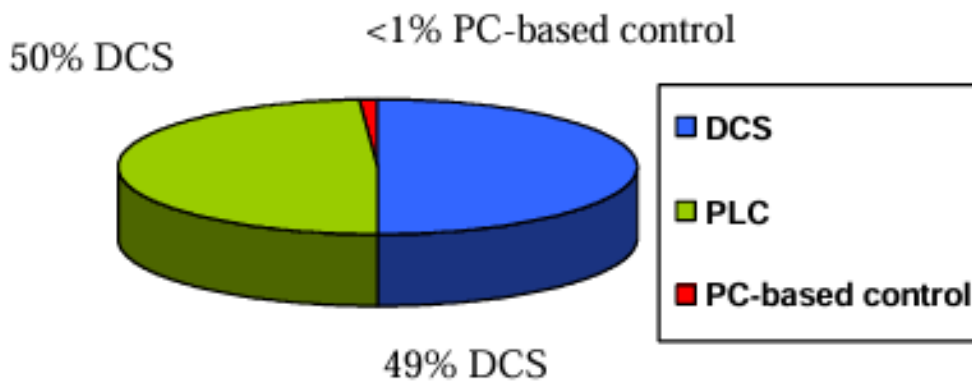


Рисунок 3.10 – Розподіл засобів автоматизації

Серед засобів автоматизації, які використовуються на виробництві, ПЛК займають близько 50% (рис. 3.10). Спрощена структура ПЛК показана на рис. 3.11.

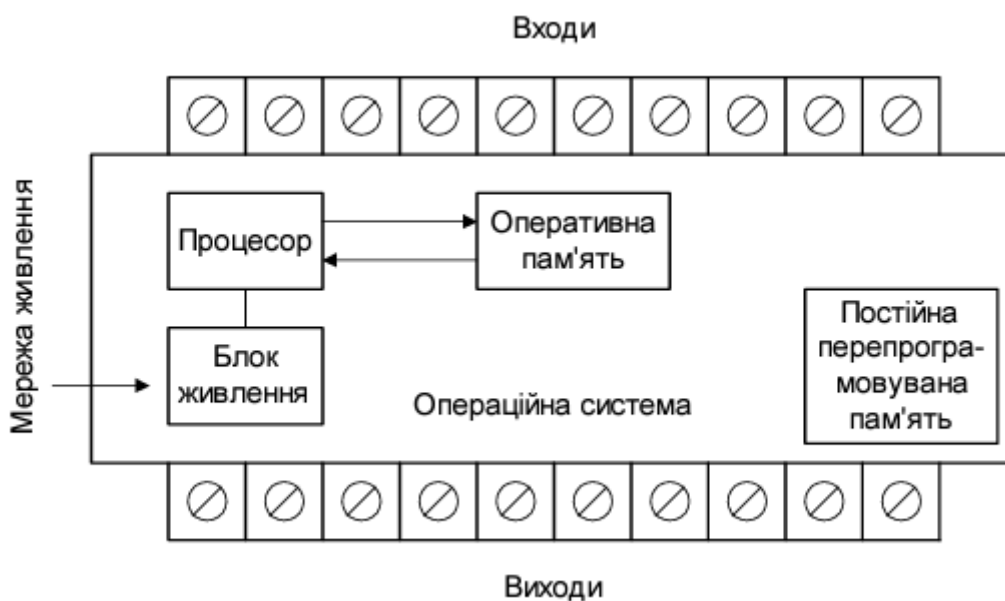


Рисунок 3.11 – Спрощена структура ПЛК

Конструкція ПЛК має ряд входів та виходів (рис. 3.8), які використовуються для зв'язку та керування рядом пристроїв, наприклад, конвеєрами, циліндрами та датчиками. ПЛК виключає використання дротових контролерів, які складаються з таймерів, лічильників та реле. У порівнянні із звичайними контролерами, ПЛК властивий ряд переваг:

- легкість у внесенні змін в програму;
- висока надійність;
- зрозумілий інтерфейс;
- можливість віддаленого моніторингу та керування через мережу;
- компактність дизайну;
- зменшення витрат на обслуговування;
- вищий рівень обчислювальних можливостей, в результаті чого стає можливим керування більш складними системами.

Основними компонентами ПЛК є центральний процесор, блок живлення, модуль аналогового вводу/виводу, пам'ять, пристрій програмування та модуль цифрового вводу/виводу. Структурна схема компонентів ПЛК наведена на рис. 3.12.

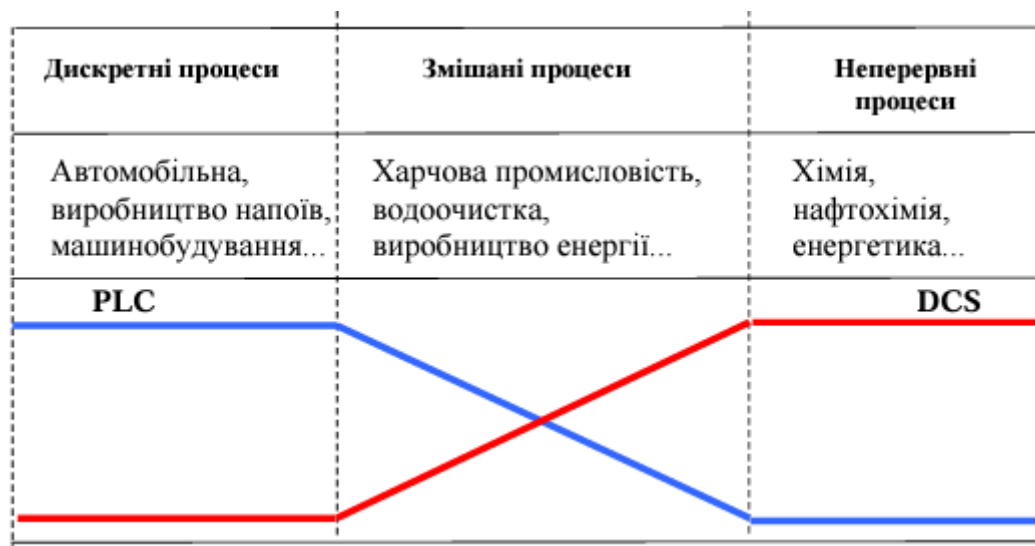


Рисунок 3.12 – Структура процесів у виробництві

Зазвичай джерело живлення ПЛК постачається самими постачальниками. Таке джерело фактично представляє собою перетворювач 110 або 220 В змінного

струму у 24 В постійного струму. Така низька напруга використовується для роботи обладнання. Зачасту у блоках живлення є резервні батареї, які автоматично вмикаються у разі перебоїв із енергоживленням.

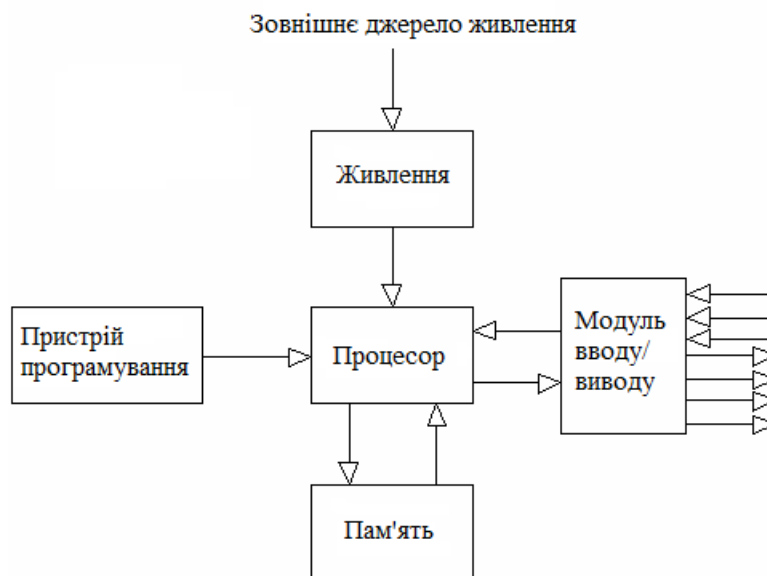


Рисунок 3.13 – Компоненти ПЛК

Логічні функції та функції послідовності виконуються у центральному процесорі, так само як і всі арифметичні функції. По своїй суті процесор ПЛК представляє собою міні ЕОМ, але із полегшеними та спрощеними операціями вводу/виводу.

Блок пам'яті з'єднується із процесором. У пам'яті містяться послідовність та операції вводу/виводу, а також логічна програма. Здебільшого в ПЛК використовується енергозалежна пам'ять, але ряд постачальників пропонують ПЛК із енергонезалежною пам'яттю.

Модуль вводу/виводу забезпечує зв'язок із обладнанням, яке використовується в технологічному процесу. Входом системи може бути датчик, кінцевий вимикач, кнопка, тощо, а вихід ПЛК представляє собою сигнал вимкнення/увімкнення або певне значення для керування виконавчим механізмом.

В якості ПЛК для системи автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен пропонується використовувати Simatic S7-300 фірми Siemens (рис. 3.14). Особливості таких контролерів, які засновуються на центральних процесорах, включають в себе [43]:

- можливість розширення системи при її модернізації;
- завдяки модульній конструкції можливо використовувати різноманітні функціональні, сигнальні та комунікаційні модулі для максимальної адаптації до конкретно поставлених задач;
- просте включення в мережеві структури, підтримка інформаційних технологій та широкі комунікаційні можливості;
- можливість вибору із широкого діапазону ЦПУ в залежності від поставлених задач автоматизованого керування;
- відсутність необхідності в буферних батареях, зручна конструкція; робота на природному охолодженні, в результаті чого значно зменшуються витрати на експлуатацію.



Рисунок 3.14 – ПЛК Simatic S7-300 фірми Siemens

Центральний процесор (ЦПУ) має набір вбудованих аналогових та дискретних входів/виходів. Центральний процесор CPU 314C-2 DP [4] призначений для побудови достатньо простих схем керування, до яких за технологічним процесом висуваються високі вимоги до таких параметрів, як малі часові реакції та швидкість обробки інформації. В ЦПУ наявні вбудовані

аналогові та дискретні входи та виходи, завдяки чому використання цього ЦПУ може бути в якості автономного блоку керування.

ЦПУ характеризується наявністю вбудованого інтерфейсу Profibus-DP, а в операційну систему інтегровані наступні функції:

- ПДД-регулювання;
- швидкісний обрахунок;
- позиціонування по одній осі;
- вимірювання періоду слідування імпульсів;
- вимірювання частоти.

Мікропроцесор CPU 314C-2 DP має показник 100-200 нс на виконання бінарних функцій. Оскільки існує наявність підключення до модуля S7-300, цьому ЦПУ характерні гнучкі можливості до розширення. Завдяки інтерфейсу MPI, можна одночасно встановлювати до 12 з'єднань із ПЛК S7-300/400, панелями операторів, програматорів, комп'ютерів.

Більш детальні технічні характеристики цього ЦПУ наведені в табл. 3.7.

ПЛК S7-300 включають в себе ряд модулів, завдяки яким їм характерні різноманітні функціональні можливості, а саме [43]:

- інтерфейсні модулі (IM) – вони забезпечують можливість підключення декількох (або однієї) ланок розширення до базового блоку, тобто стойки із ЦПУ;
- функціональні модулі (FM) – мають власні вбудовані мікропроцесори та канали вводу/виводу, завдяки чому обробка інформації може відбуватись на локальному рівні, в результаті чого знижується навантаження на ЦПУ; завдяки цим модулям існує можливість вирішити ряд задач автоматичного керування, таких як швидкісна обробка сигналів, зважування, позиціонування, тощо;
- комунікаційні процесори (CP) – дозволяють підключати ПЛК до різних мереж зв'язку (Industrial Ethernet, Profibus, Profinet, AS-Interface, Internet)
- сигнальні модулі (SM) – призначені для вводу/виводу аналогових та дискретних сигналів із різними часовими та електричними параметрами;
- модуль блоку живлення (PS) – надійне джерело живлення ПЛК від джерела постійного або змінного струму різної напруги;

– модуль центрального процесора (CPU) – відповідає за керування всіма компонентами ПЛК та виконання користувацької програми.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики центрального процесора CPU 314C-2 DP [4]

Характеристика	Значення
<i>1</i>	<i>2</i>
Програмне забезпечення	STEP 7
Вхідна напруга	24 В постійного струму
Струм, що споживається	11 А
Вбудована пам'ять	96 кБайт
Пам'ять, що завантажується	8 МБайт
Збереження даних у випадку перепадів живлення	Забезпечується мікро картами пам'яті
Глибина вкладення блоків	Додатково – 4 На пріоритетний клас – 8
Кількість S-7 лічильників	256
Кількісний діапазон лічильник	0...999
Кількість S-7 таймерів	256
Діапазон витримок часу	10 мс ... 9990 с
Максимальна кількість блоків даних	511 розміром 16 кБайт
Відображення процесів	128 кБайт
Аналогові входи/виходи	512/124
Максимальна кількість базових монтажних стоек в системі	4
Максимальна кількість інтелектуальних модулів на систему	CP, LAN – 10 FM – 8
Годинник реального часу	Є, діапазон 2 ³¹ годин
Синхронізація по часу	Підтримується

Продовження таблиці 3.7

1	2
Максимальна кількість станцій, які регулюють S7-повідомлення	12
Діагностичний буфер	Є, максимальна кількість входів 100
Тип інтерфейсу	Вбудований RS 485
Струм, що споживається	200 мА

Всі вищезазначені модулі встановлюються на профільну шину S7-300, а також надійно фіксуються в робочому положенні гвинтами. Завдяки такій модульній структурі цьому ПЛК характерна гнучкість та можливість налаштування у відповідності до конкретно поставлених задач.

Вартість підбраного ПЛК становить 55 000 гривень.

В якості модуля живлення пропонується використання джерела живлення PS-307 в кількості 1 штука, виробник – фірма Siemens, вартість 5 500 гривень.

Модуль цифрового входу в кількості 2 штуки пропонується також від Siemens, модель SM321 (16 X), вартість кожного становить 8078 гривень. Модуль цифрового виходу фірми Siemens в кількості 2 штуки, вартістю 11 000 гривень кожен моделі SM322 (16 X).

Тоді вартість ПЛК становитиме:

$$M_{PLC} = 55000 + 5500 + 8078 \cdot 2 + 11000 \cdot 2 = 98656 \text{ гривень} \quad (3.5)$$

Загальна вартість системи автоматизованого пакування ножівкових полотен становитиме:

$$\begin{aligned} M &= M_{cyl} + M_{valve} + M_{sensors} + M_{PLC} = \\ &= 18359 + 19521 + 24382 + 98656 = 160918 \text{ гривень} \end{aligned} \quad (3.6)$$

3.3 Висновки до третього розділу

В розділі було проведено підбір обладнання для автоматизованої системи керування лінією пакування ножівкових полотен. Було проведено критеріальний аналіз вибору роботу для його застосування в робототехнічному підході. Аналіз був проведений за такими характеристиками, як повторюваність результатів, безпечність, габаритні розміри, вартість, технічне обслуговування, точність виконання, кількість ступенів свободи.

В результаті аналізу було встановлено, що для робототехнічної та гібридної системи автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен найбільш оптимальним вибором буде робот SCARA.

Крім того, було проведено підбір обладнання для пневматичної системи. Пропонується використання циліндрів односторонньої та двосторонньої дії. В якості датчиків було обрано оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L, ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2 та індуктивний датчик Sien M8B-PS-S-L. В якості програмованого логічного контролера пропонується використання S7-300 фірми Siemens.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ

4.1 Магазин із пустими коробками

В цілому задача по методу керування автоматизованою лінією пакування ножівкових полотен можна умовно розділити на ряд підзадач, а саме:

- забезпечення пакувальної станції порожніми коробками;
- утримання та відкриття коробки при пакуванні;
- виявлення та пакування ножівкових полотен у коробці;
- закриття коробки;
- переміщення наповнених коробок до зварювального апарату.

Породні коробки розташовуються у магазині, який був спеціально розроблений для їх зберігання в процесі пакування. Цей магазин представляє собою пусту прямокутну форму, розміри якої становлять 350 мм довжини та 90 мм ширини. Матеріал магазину – метал. В цьому магазині одночасно може зберігатись 20 коробок, а його довжина становить 550 мм.

Заповнення магазину за технологічним процесом пакування ножівкових полотен, може заповнюватись лише зверху. Виштовхування коробки із магазину та його переміщення в позицію пакування відбувається завдяки роботі циліндру 1 (Цил 1). Зовнішній вигляд магазину наведений на рис. 4.1.

Оператор повинен для початку заповнити магазин порожніми коробками. Для визначення наявності коробок використовується оптичний датчик (S1), розташування якого показано на рис. 4.1. При спрацюванні цього датчика відбувається відправка сигналу про необхідність повторного заповнення магазину пустими коробками.

З метою підвищення безпеки роботи оператора, магазин відкривається з обох боків. За необхідності, у випадку якщо коробка знаходиться у неправильному положенні, оператор може ззовні зафіксувати її вручну (рис. 4.2).

У випадку зіткнення магазину з циліндром відбувається аварійна зупинка автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен.



Рисунок 4.1 – Магазин із порожніми коробками:

1 – магазин; 2 – оптичний датчик; 3 – циліндр

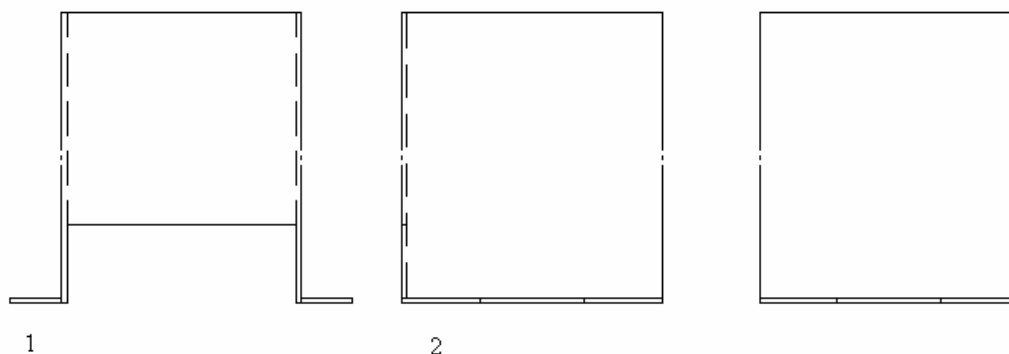


Рисунок 4.2 – Принципова схема магазину із пустими коробками:

1 – вигляд спереду; 2 – вигляд збоку

У випадку, якщо коробка має неправильне положення при пакуванні, стопки ножівкових полотен можуть проходити повз коробку, в результаті чого може статись пошкодження як полотен, так і обладнання лінії пакування. Для вирішення цієї проблеми існує два різні підходи, а саме:

1. Зміна конструкції магазину, внаслідок чого оператор зможе заповнювати магазин лише в одному напрямку (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Конструкція магазину із пустими коробками (вигляд зверху) для заповнення з однієї сторони

2. Визначення положення коробки шляхом встановлення датчику наближення до отвору в передній частині коробки. Цей датчик буде подавати сигнал оператору у випадку, якщо коробка буде знаходитись у неправильному положенні.

4.2 Станція пакування ножівкових полотен

Геометрична конструкції станції пакування ножівкових полотен відповідає розмірам коробок. В правій частині розташовується циліндр 3, а в лівій частині – конвеєр 2. При цьому права сторона має невеликий нахил. Станція пакування має чотири пневматичні циліндри, задача яких полягає у фіксації коробки в необхідному положенні, закривання та відкривання кришки коробки. Для індикації наявності коробки на станції пакування використовується мікроперемикач. Принципова схема станції пакування ножівкових полотен показана на рис. 4.4.

В момент розміщення порожньої коробки в магазині, активується циліндр 4 (розташований зверху). Задача цього циліндра полягає у фіксації коробки в необхідному положенні. Ключовими моментами в роботі цієї системи є конструкція циліндру та сила, яка використовується для штовхання коробки.

Якісне зчеплення головки циліндра із коробкою може бути забезпечено лише у випадку шорсткої поверхні головки циліндра.

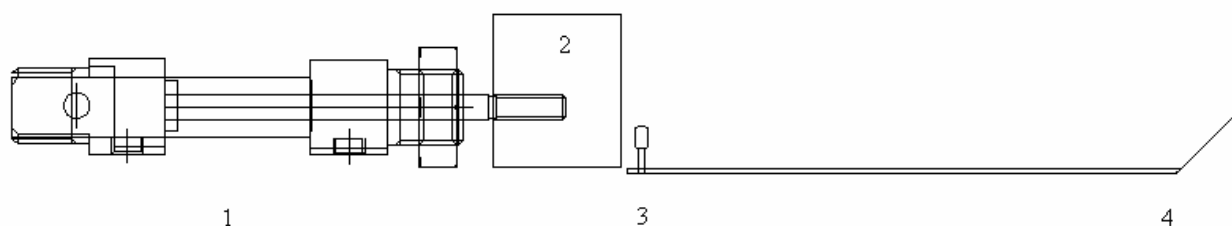


Рисунок 4.4 – Принципова схема конструкції станції пакування ножівкових полотен:

1 і 2 – циліндр та його головка відповідно; 3 – мікроперемикач; 4 - нахил

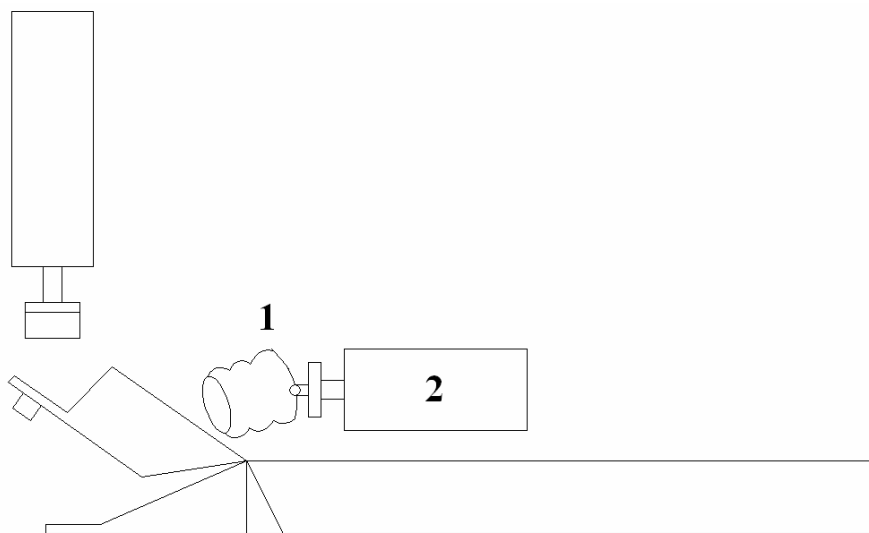
Відкриття кришки коробки виконується циліндром 5. Оскільки товщина кришки коробки становить всього 2 мм, то використання для відкриття коробки головки циліндра може бути проблематичним. Ця проблема вирішується наступним шляхом: передня частина магазину заправки має таку саму форму, як і передня частина коробки. Нижня частина коробки показана на рис. 4.5, вигляд зі сторони кришки.



Рисунок 4.5 – Кришка коробки (вигляд знизу):

1 – кришка; 2 – контур, якому повинен відповідати положення циліндру

Іншим варіантом, який може бути використаний в системі автоматизованого пакування ножівкових полотен є використання вакуумної насадки. За допомогою цього елемента при заповненні коробки можна буде потягнути догори та утримувати кришку коробки в необхідному положенні (рис. 4.6).



а)



б)

Рисунок 4.6 – Альтернативний варіант відкриття пустої коробки:
а – принципова схема; б – зовнішній вигляд (1 – вакуумна насадка; 2 – циліндр)

У випадку, якщо коробка закрита дуже щільно, відкриття коробки головкою циліндру стає ускладненою задачею. Відкриття коробки в такому випадку необхідно виконувати шляхом сильного натискання на обидві ручки коробки.

В такому випадку можна використовувати пакувальну станцію в якості пласкої поверхні, завдяки чого натискання на ручки коробки будуть мати більші зусилля. Станція пакування має два отвори, які призначені саме для ручок коробки, тому циліндр 4 може натискати на середину довжини ходу циліндра 1. В результаті, при такому натисканні, ручки коробки піднімуться догори, в результаті чого коробка відкривається. Після цього циліндр 4 повинен прийняти початкове положення, а циліндр 1 продовжувати проштовхувати коробку далі по площині пакувальної станції.

З метою уникнення пошкодження ножівкових полотен або обладнання лінії пакування, необхідно забезпечити якісно координацію в роботі циліндрів 1 та 4. Тому циліндр 1 оснащується трьома датчиками позиціонування, при чому розташування одного з них відповідає середині довжини ходу циліндра 1. При досягненні циліндру 1 цього положення, він повинен зупинитись, в результаті чого активується циліндр 4, а циліндр 1 продовжує виконувати рух вперед.

Закриття коробки виконується циліндрами 7 та 6. Циліндр 7 призначений для притискання кришки коробки до поверхні станції пакування. Циліндр 6 виконує поступальний рух для того, щоб наблизити кришку до зони дії роботи циліндра 7 (рис. 4.7).

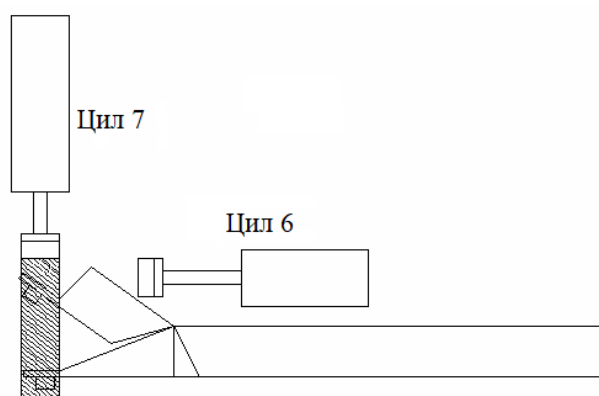


Рисунок 4.7 – Площина роботи циліндра 7

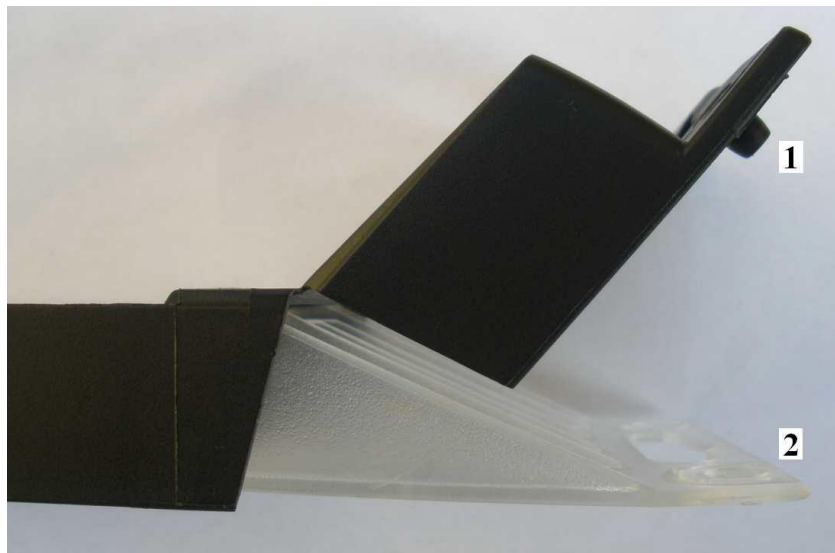


Рисунок 4.8 – Кришка коробки: 1 – ручки; 2 – отвори

Для повного закриття коробки використовуються ручки, які розміщені на кришці коробки (рис. 4.8). Після заповнення коробки обидві ручки приварюються на зварювальній станції. Для відкриття коробки покупцем необхідно зламати захисну пластину (рис. 4.9), в яку вплавлені ручки коробки.



Рисунок 4.9 – Низ коробки:

1 – не закрита права частина; 2 – закрита ліва частина; 3 – захисний елемент

Циліндр 7 навмисно підбирався із такими характеристиками та такою геометрією головки циліндра (рис. 4.10), завдяки яким заправочна станція пакування буде простіше утримувати маленькі ножівкові полотна. Тиск головки

циліндра 7 діє на пластини, а поверхні заправної станції пакування утримує кришку коробки в необхідному положенні (рис. 4.11).

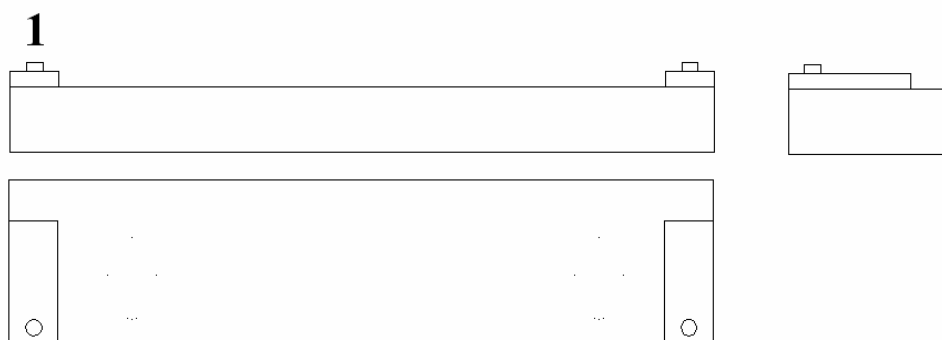


Рисунок 4.10 – Головка циліндра 7

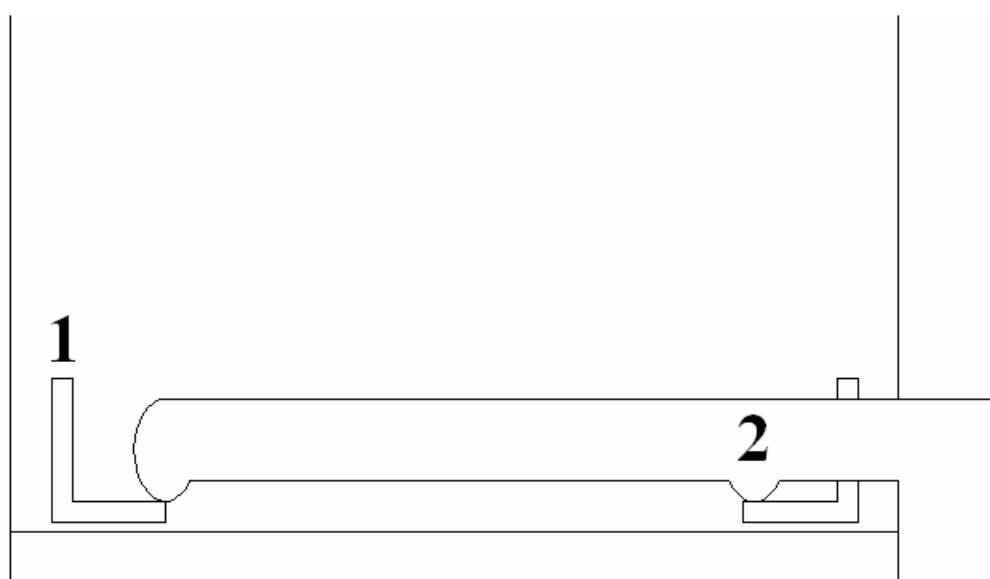


Рисунок 4.11 – Поверхня станції пакування:

1 і 2 – отвори для ручок коробки

4.3 Заповнення коробок ножівковими полотнами

Коробка із ножівковими полотнами вміщає 100 штук, але слід враховувати, що сама конструкція коробки містить секції, в кожену з яких вміщається 20 полотен. Крім того, коробка містить два рівні, тобто на кожному рівні розміщується по 10 лез. За технологічним процесом автоматизованого пакування ножівкових полотен, вони будуть зашттовхуватись в коробку стопками групами по 5 стопок, тобто по 50 ножівкових полотен (рис. 4.12).



Рисунок 4.12 – Конструкція коробки

В процесі пакування, коли циліндр 2 штовхає ножівкові полотна у коробку, на конвеєр надходить більша кількість НП. Для того, щоб впевнитись, що циліндр 2 проштовхує в коробку не більше п'яти стопок ножівкових полотен, вони повинні розміщуватись на достатній відстані одна від одної. З цією метою використовується другий конвеєр, у якого швидкість вища, ніж у першого.

Для виявлення наявності стопок НП у кількості 5 штук використовуються 5 індуктивних датчиків, а проштовхування НП в коробки виконується одним пневматичним циліндром. Такі індуктивні датчики розміщуються вздовж конвеєра. Стопки полотен в кінці конвеєра зупиняються навмисно влаштованою перешкодою. Всі датчики спрацьовують в той момент, коли на цій перешкоді накопичується 5 стопок НП, а циліндр 2 проштовхує НП в коробку через напрямну.

Кут входу ножівкових полотен у коробку становить приблизно 10 градусів (рис. 4.13). Щоб полотна не прилипали до коробки було вирішено встановити напрямний елемент. Він надає стопкам НП однакової орієнтації та забезпечує дотримання належної відстані між стоками НП. Такий напрямний елемент може виготовлятися із металу, довжина елемента повинна лежати в межах від 50 до 70 мм.

Для того, щоб полотна не заблокувались у напрямному елементі необхідно у його конструкції передбачити те, щоб центральні смуги були коротші

за інші. Конструкція прямого елемента передбачає наявність 5 таких смуг, ширина кожної з яких становить 1,5 мм, а довжина 14,2 мм. Використання такого прямого елемента забезпечить допуск між ножівковими полотнами (рис. 4.14).

Конструкція циліндра 2 повинна забезпечувати проштовхування стопок із НП до тих пір, поки ножівкові полотна не досягнуть кінця коробки. Для виконання цього завдання слід враховувати, що головка циліндра 2 повинна проходити через прямий елемент.

Існує два варіанти у проектуванні головки циліндра 2. В першій конструкції головки циліндра (рис. 4.14) вона складається із двох окремо розташованих прямокутних частин. Перша така частина кріпиться безпосередньо до циліндра 1, а друга використовується для проштовхування стопок із НП. Розміри обох частин становлять 82 мм в довжину і 20 мм в ширину. Кінці НП напівзаокруглені, тому поверхня циліндра 2 також частково заокруглена, в результаті чого спрощується процес проштовхування НП в коробку.

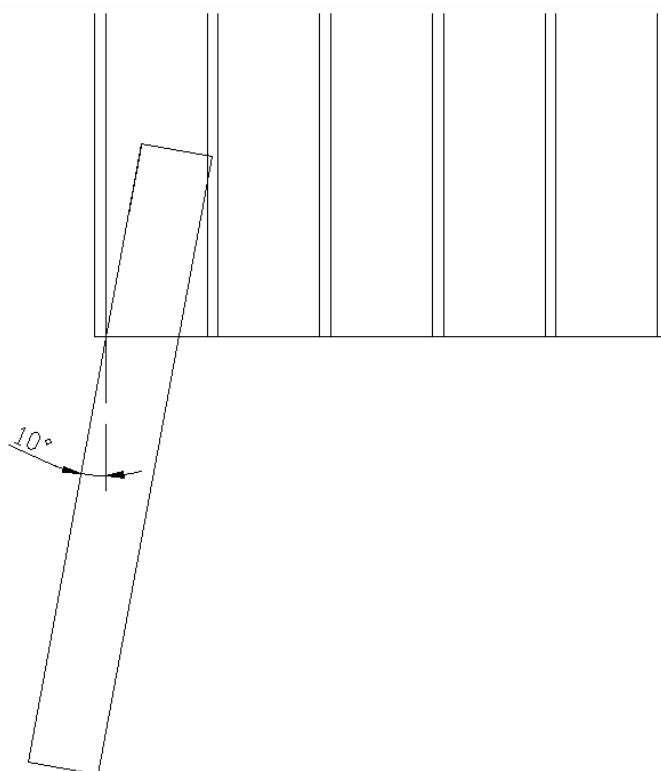


Рисунок 4.13 – Ймовірний кут входу полотен у коробку, при якому відбувається блокування процесу пакування

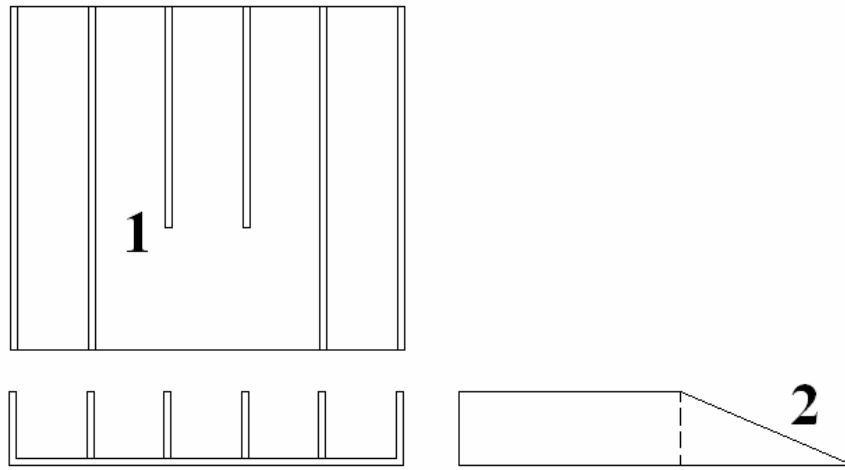


Рисунок 4.14 – Напрямний елемент:

1 – вигляд зверху; 2 – вигляд збоку (нахил)

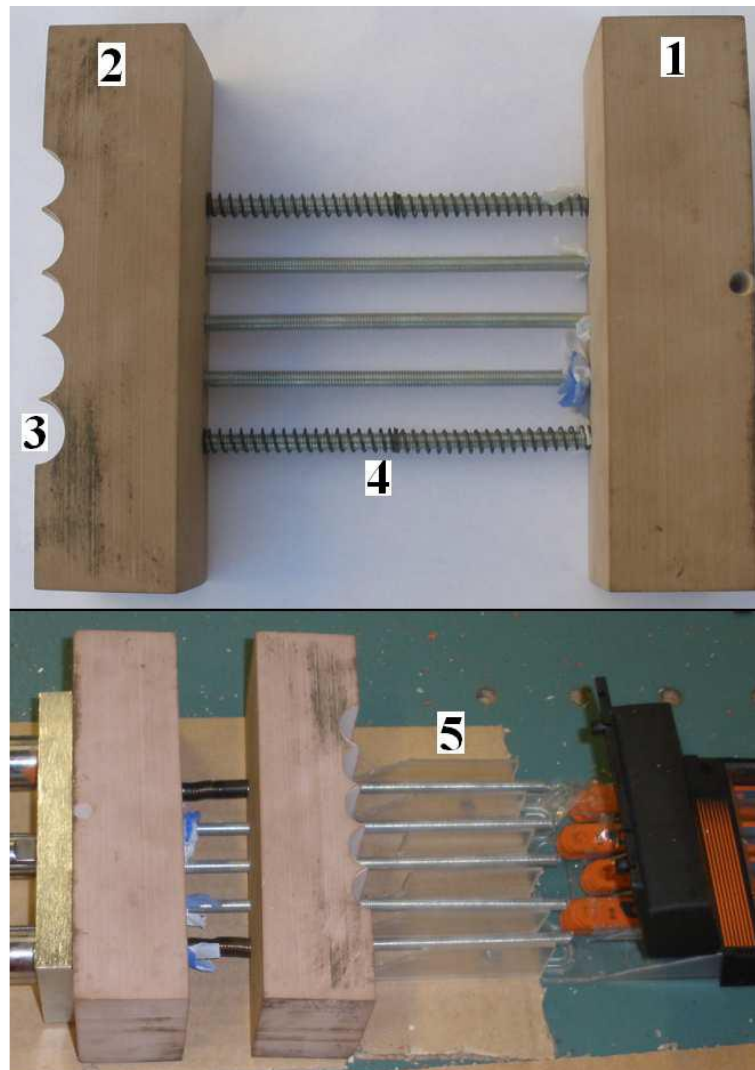


Рисунок 4.15 – Перший варіант конструкції головки циліндра 2:

1 і 2 – блоки 1 і 2 відповідно, 3 – напівзаокруглена поверхня; 4 – пружини та пальці

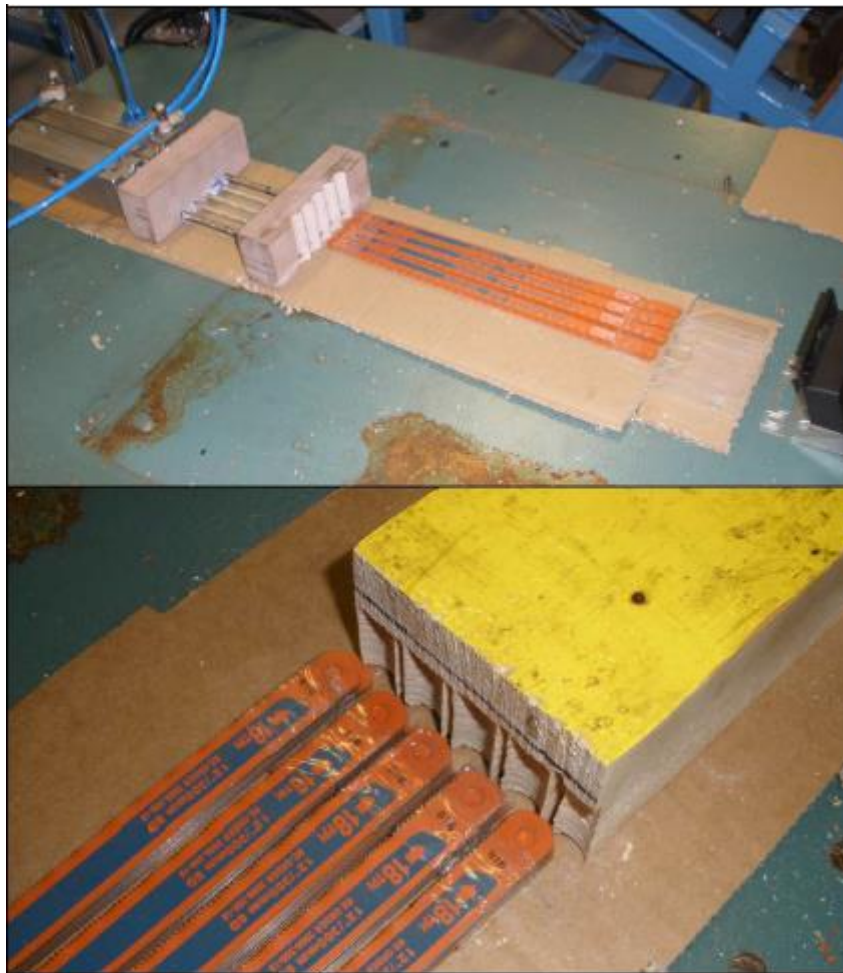


Рисунок 4.16 – Використання циліндру та напрямного елементу

Блоки 1 і 2 з'єднуються між собою металевими брусками у кількості 5 штук, довжина кожного із яких становить 138 мм. Ці бруски обплетені пружинами (пальці), які перетинають блоки 1 і 2. Ці пальці закріплюються в блоці 1 і вільно переміщуються через блок 2. Такі пальці забезпечують проштовхування НП у випадку, якщо головка циліндра 2 зупиняється напрямним елементом (елемент 5 на рис. 4.15).

Виявлення НП, які готові до проштовхування в коробку, відбувається датчиками. Після цього коробка переміщується лінією на пакувальну станцію, де відбувається її відкриття. Обидва блоки 1 і 2 починають свій рух, завдяки чому НП через напрямний елемент проштовхуються до коробки. При зупинці блоку 2 напрямним елементом, циліндр 2 продовжує свою роботу, при чому блок 1 також продовжує свій рух.

У другому варіанті конструкції головки циліндру 2 (рис. 4.17) вона представляє собою суцільний блок. В цьому блоці наявні шість просвердлених ліній, товщина яких становить 3 мм. Конструкція ліній передбачає, що головка циліндру може вільно проходити через напрямний елемент і стопки НП в результаті будуть доходити до кінця шляху.

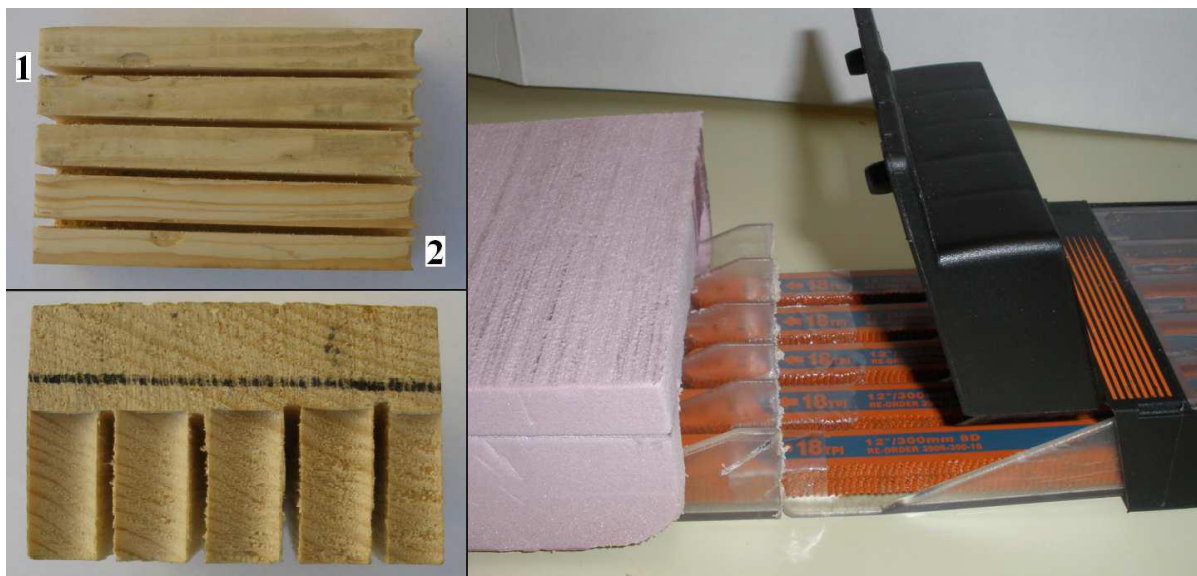


Рисунок 4.17 – Друга конструкція головки циліндру 2:

1 – напрямні; 2 – напівзаокруглена поверхня

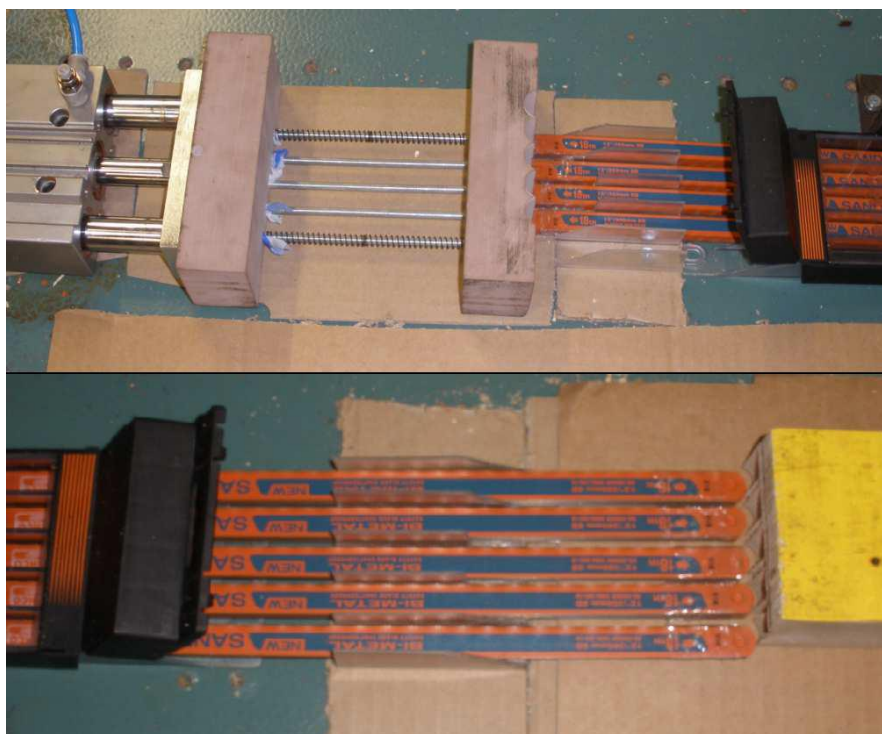


Рисунок 4.18 – Пакування циліндром із другим варіантом конструкції головки

Напрямний елемент розміщується вище коробки, в результаті чого спрощується заповнення обох рівнів коробки, оскільки перший рівень НП вільно падає вниз, а вже другий рівень проштовхується пакувальним механізмом. Слід відзначити, що дуже важливим на цьому етапі є проштовхування НП до кінця коробки, інакше її неможливо буде закрити. Для вирішення цієї проблеми пропонується два підходи:

1. Додати ще один циліндр 8, форма головки якого буде циліндричною. Цей циліндр необхідно розташувати перпендикулярно відносно ящика.
2. Висунути нижню частину циліндра 2 трошки вперед.

Закриття коробки після пакування в неї ножівкових полотен показано на рис. 4.19.



Рисунок 4.19 – Закриття коробки

4.4 Переміщення заповнених коробок до зварювального апарату

Технологічна лінія пакування ножівкових полотен була модифікована з метою скорочення часу та витрат. Одним із шляхів збільшення ефективності процесу пакування НП стала зміна місця розташування зварювального апарату в межах приміщення, де виконується пакування НП. Для з'єднання пакувальної станції із зварювальним апаратом було встановлено конвеєр СЗ. Відстань між цими ключовими машинами в автоматизованій лінії пакування НП становить

близько 2 метрів, в зв'язку з цим передбачається використання конвеєра із нахилом.

Розташування обладнання після процесу автоматизації пакування ножівкових полотен наведено на рис. 4.20.

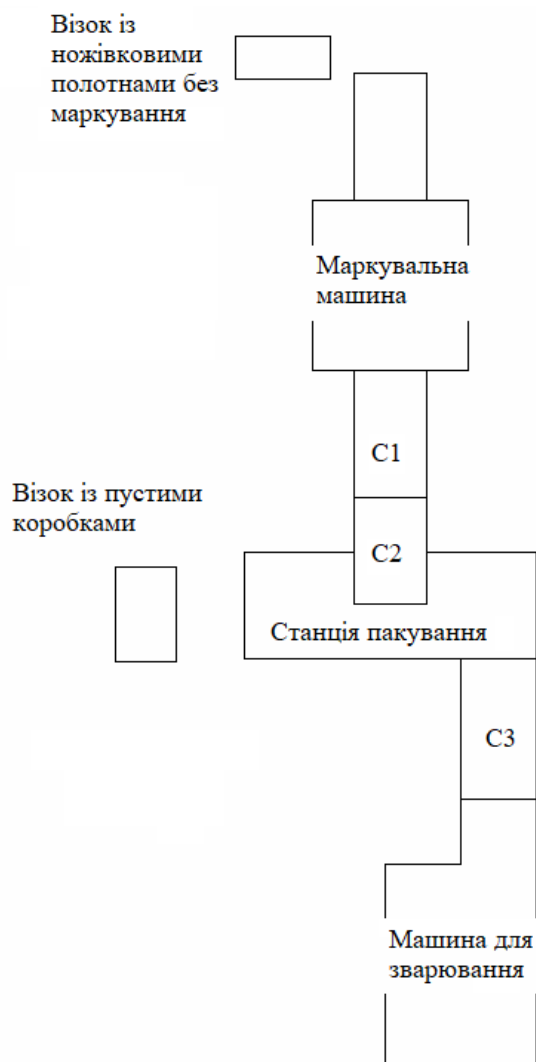


Рисунок 4.20 – Розташування обладнання в приміщенні пакування

Одна із причин вибору конвеєра із нахилом полягає в тому, що висота пакувальної станції від підлоги складає 900 мм, а зварювального апарату – 1200 мм.

Також слід враховувати, що швидкість роботи зварювального апарату більша, ніж пакувальної станції. Тому процес зварювання передбачається із зупинками через певні проміжки часу. Ці зупинки забезпечуються

використанням оптичного датчика, який буде відслідковувати рівень заповненості конвеєра 3.

Відстань між коробками на конвеєрі 3 повинна становити не більше 100 мм, тоді конвеєр 3 буде виступати в якості буфера. Обидва конвеєри 2 і 3 передбачаються як стрічкові із шириною 300 мм, що забезпечить належне утримання на їх поверхнях коробок із НП.

Лінія пакування передбачається напівавтоматизованою, тобто частково буде залучений оператор. Оператор все одно повинен знаходитись в приміщенні, оскільки цього потребує технологічний процес нанесення маркування на НП. Робота оператора зводиться до його реагування на сигнал від датчика у випадку відсутності порожніх коробок на відповідному візку.

4.5 Розроблення блок-схем алгоритмів для технологічного процесу пакування ножівкових полотен

Для кращого розуміння принципу роботи елементів автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен, роботу кожного із елементів системи представлено у вигляді блок-схем, які наведені на рис. 4.21 – 4.23.

На рис. 4.21 наведено алгоритм дій при виконанні пакування на станції пакування, а також можна зрозуміти взаємозв'язок між діями циліндрів та вхідними даними із лінії пакування. Як видно з рис. 4.21, на кожному етапі відбувається перевірка виконання вимог роботи циліндрів та відповідність значень на лічильнику. Це збільшує надійність роботи автоматизованої лінії пакування.

На рис. 4.22 наведено алгоритм роботи елементів пакувальної станції, а на рис. 4.23 наведено алгоритм роботи магазину із пустими коробками. В цьому алгоритмі передбачена передача сигналу оператору у випадку виявлення відсутності пустих коробок у відповідному місці.

На рис. 4.24 наведено схему підключення виходів ПЛК та положення золотників для циліндрів.

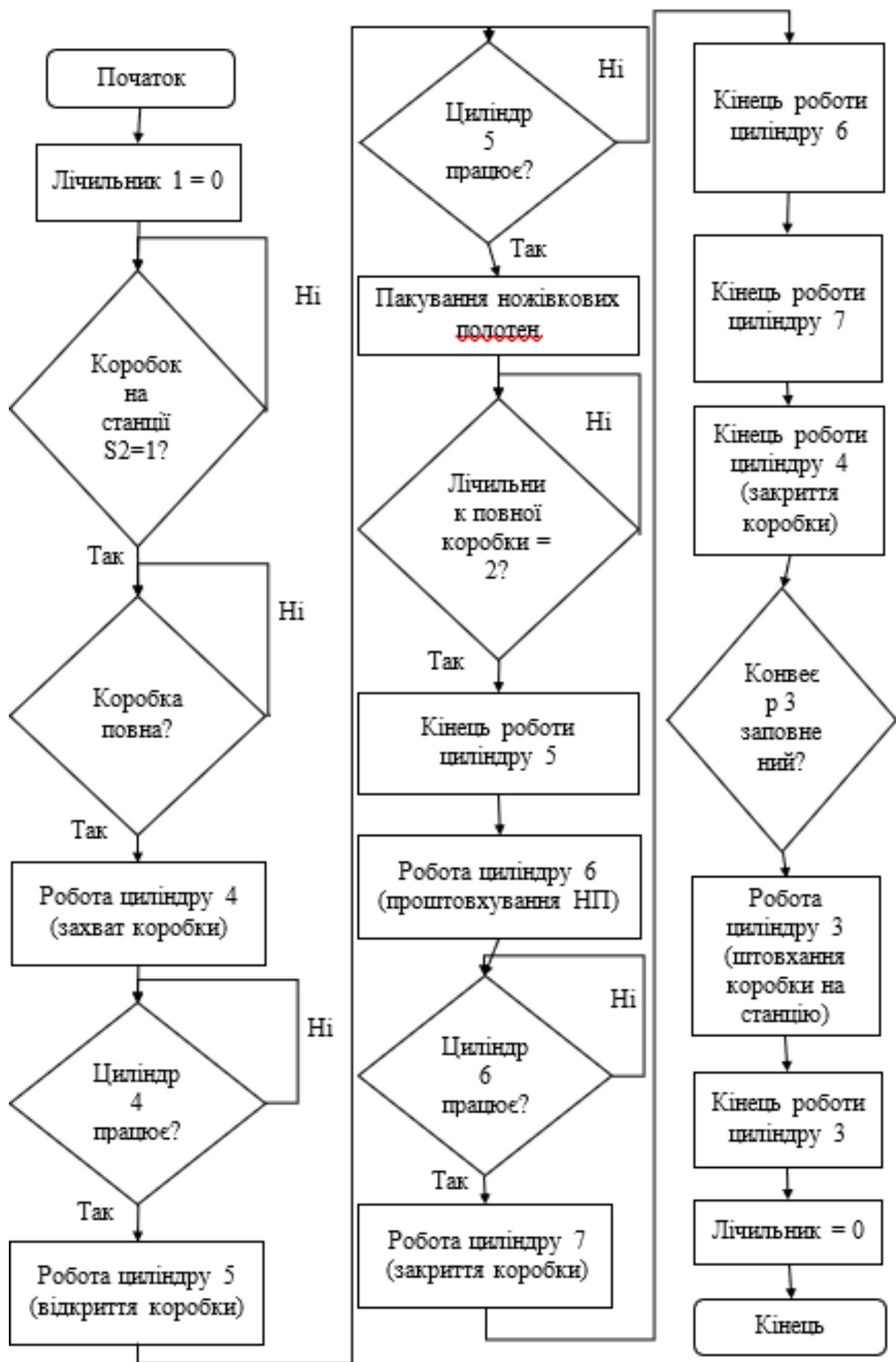


Рисунок 4.21 – Алгоритм роботи пакувальної станції

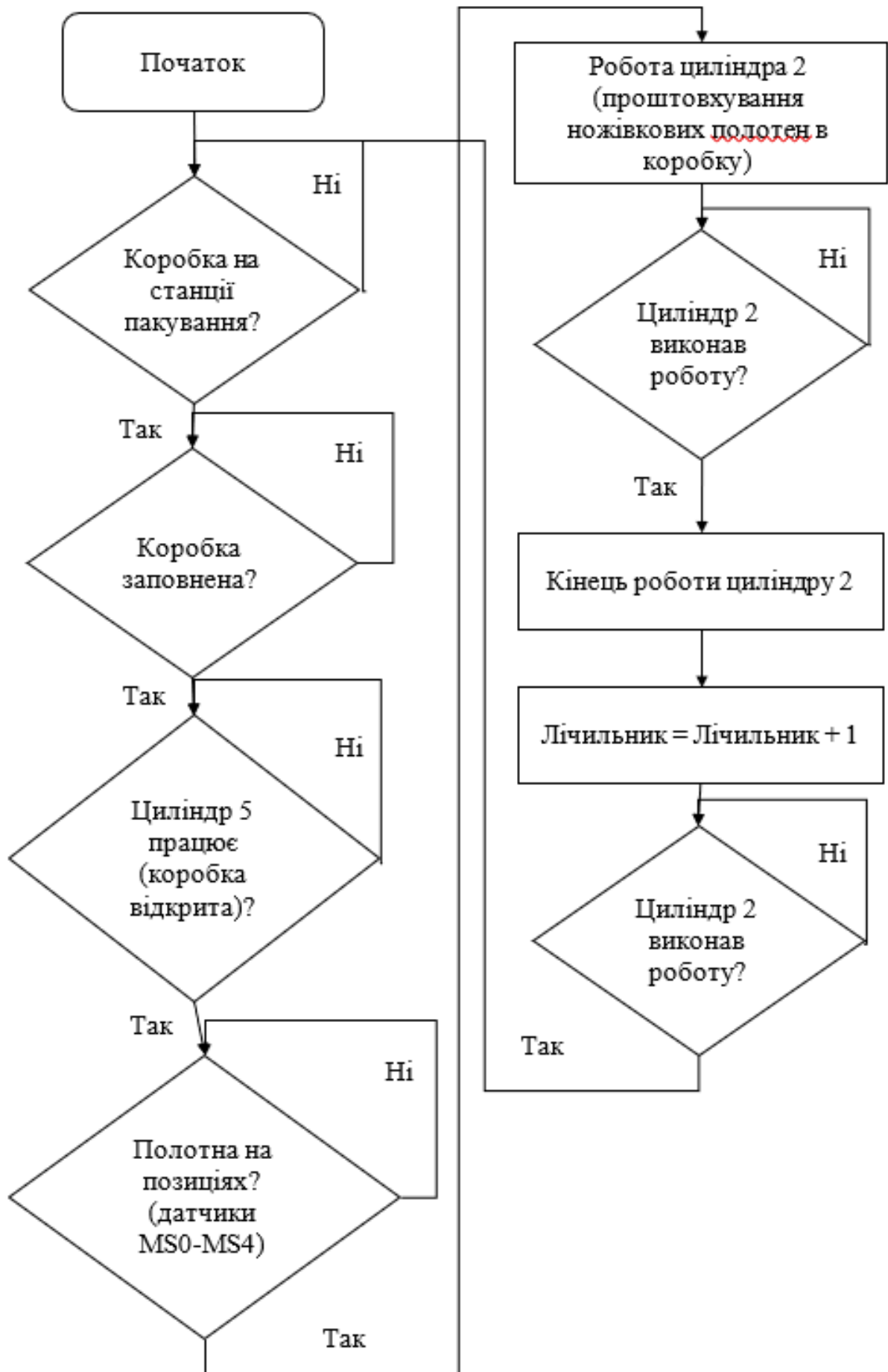


Рисунок 4.22 – Алгоритм роботи пакувальної станції

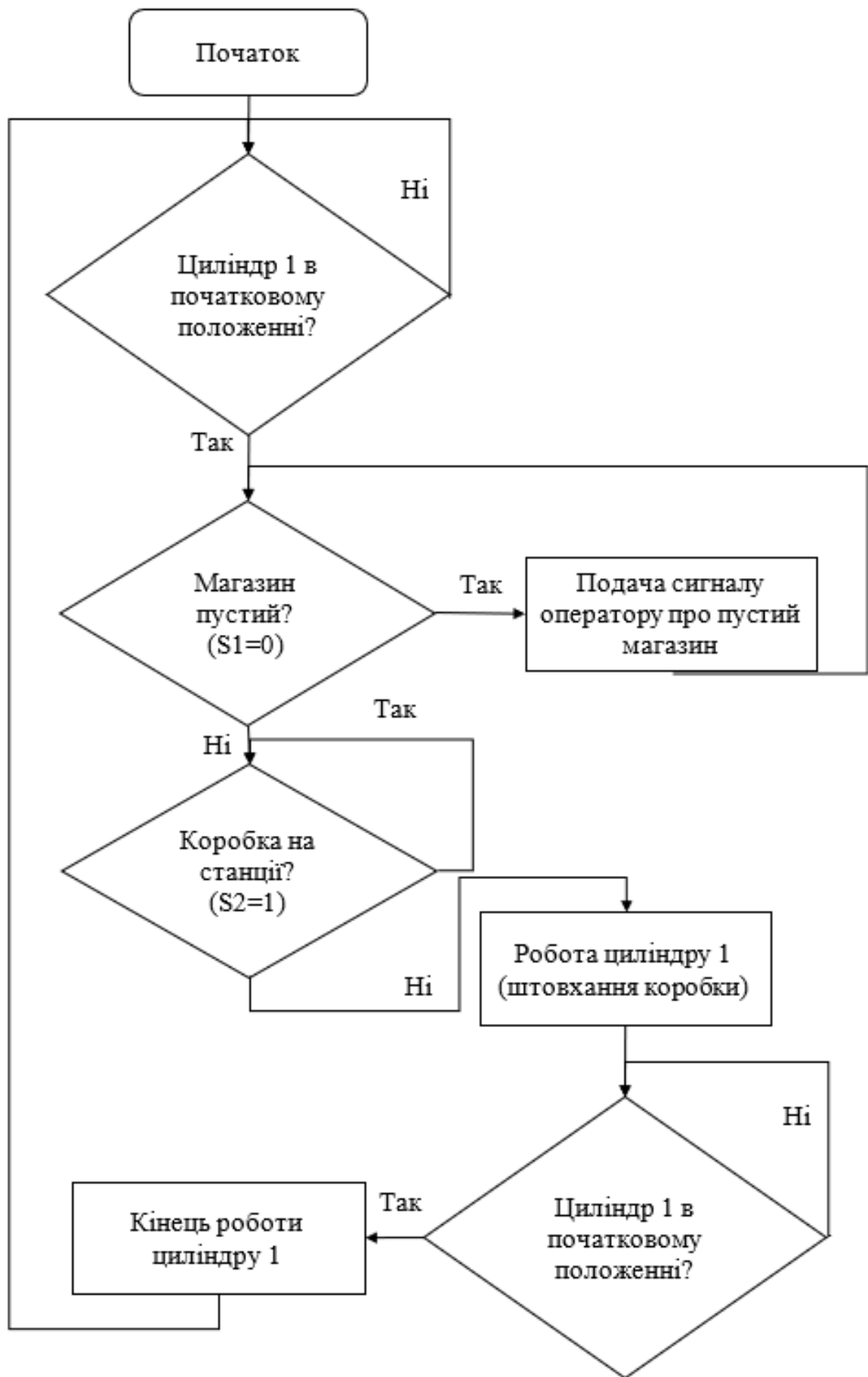


Рисунок 4.23 – Алгоритм роботи магазину із пустими коробками

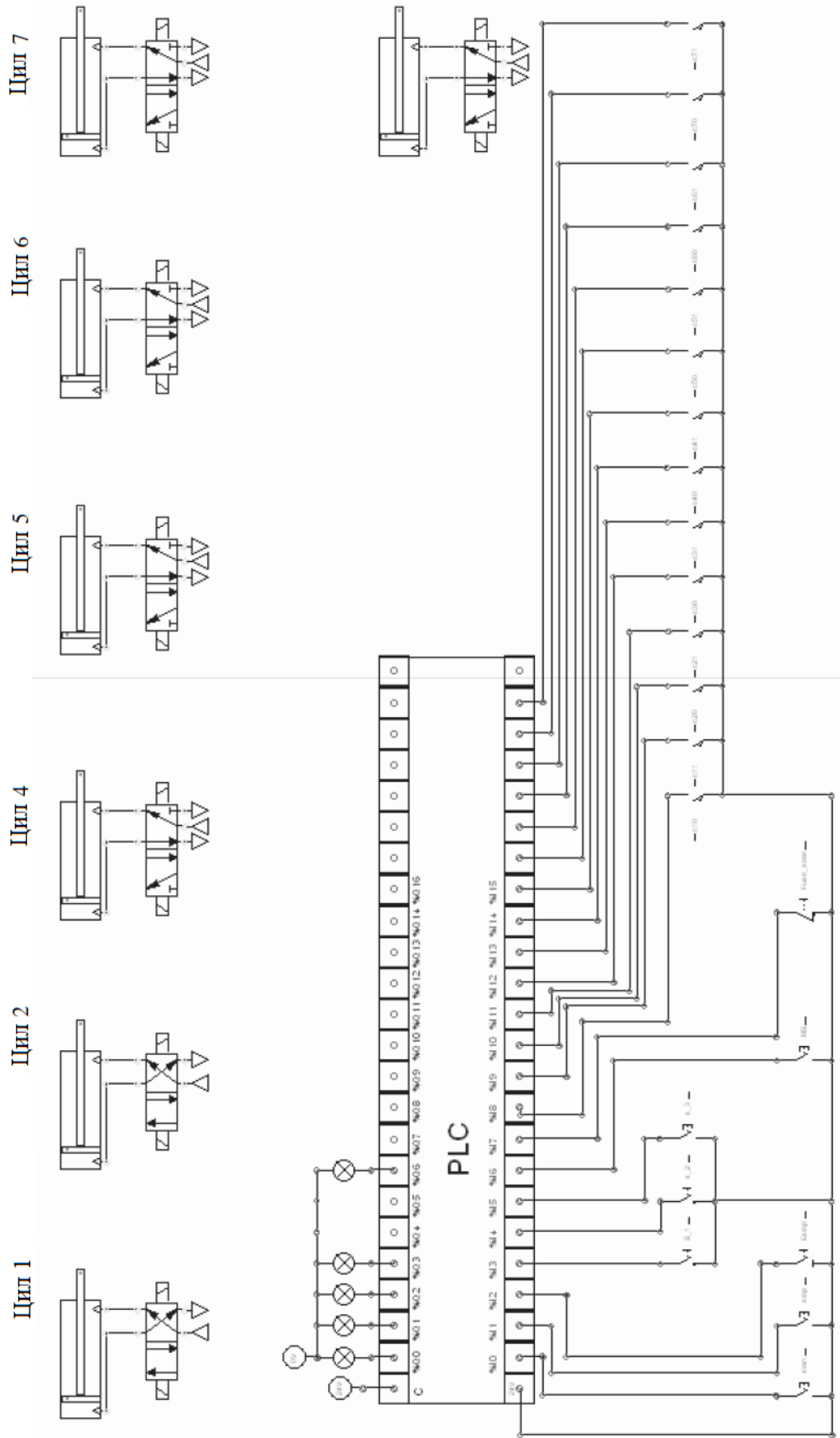


Рисунок 4.24 – Схема підключення до ПЛК та положення золотників циліндрів

4.6 Програма роботи програмованого логічного контролера

В рамках поставлених задач щодо автоматизації лінії пакування ножівкових полотен основним завданням ПЛК є керування циліндрами системи у кількості 7 штук, а також всіма вхідними сигналами від кнопок та датчиків. Програма розділена на ряд підпрограм, загальна кількість яких складає 7 штук. Кожна з цих підпрограм контролює частину технологічного процесу, а саме:

- рух конвеєра 2 – підпрограма G0 (рис. 4.25);
- рух конвеєра 3 – підпрограма G10 (рис. 4.26);
- магазин із пустими коробками – підпрограма G20 (рис. 4.28);
- передача сигналу про пустий магазин із порожніми коробками - підпрограма G30 (рис. 4.27);
- станція пакування - підпрограма G40 (рис. 4.30);
- пакування ножівкових полотен - підпрограма G60 (рис. 4.31);
- пауза в роботі лінії - підпрограма G70 (рис. 4.29);
- аварійна зупинка - підпрограма G100 (рис. 4.32).

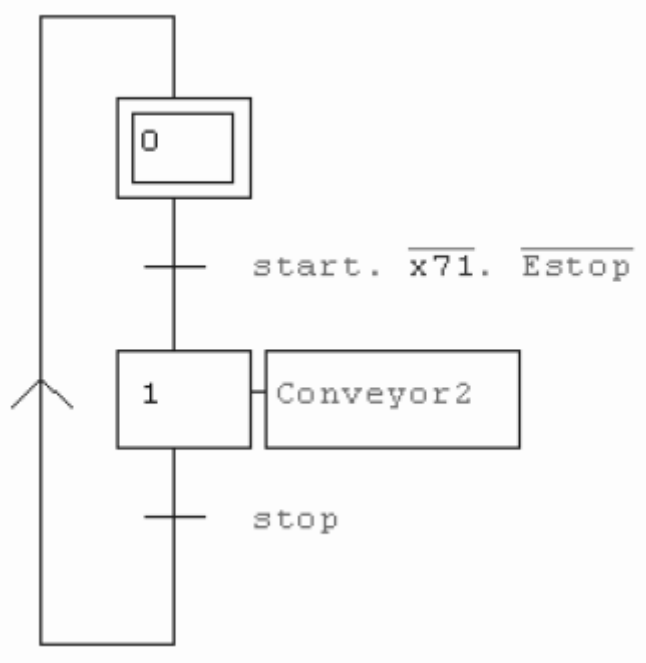


Рисунок 4.25 – Підпрограма роботи конвеєра 2 (G0)

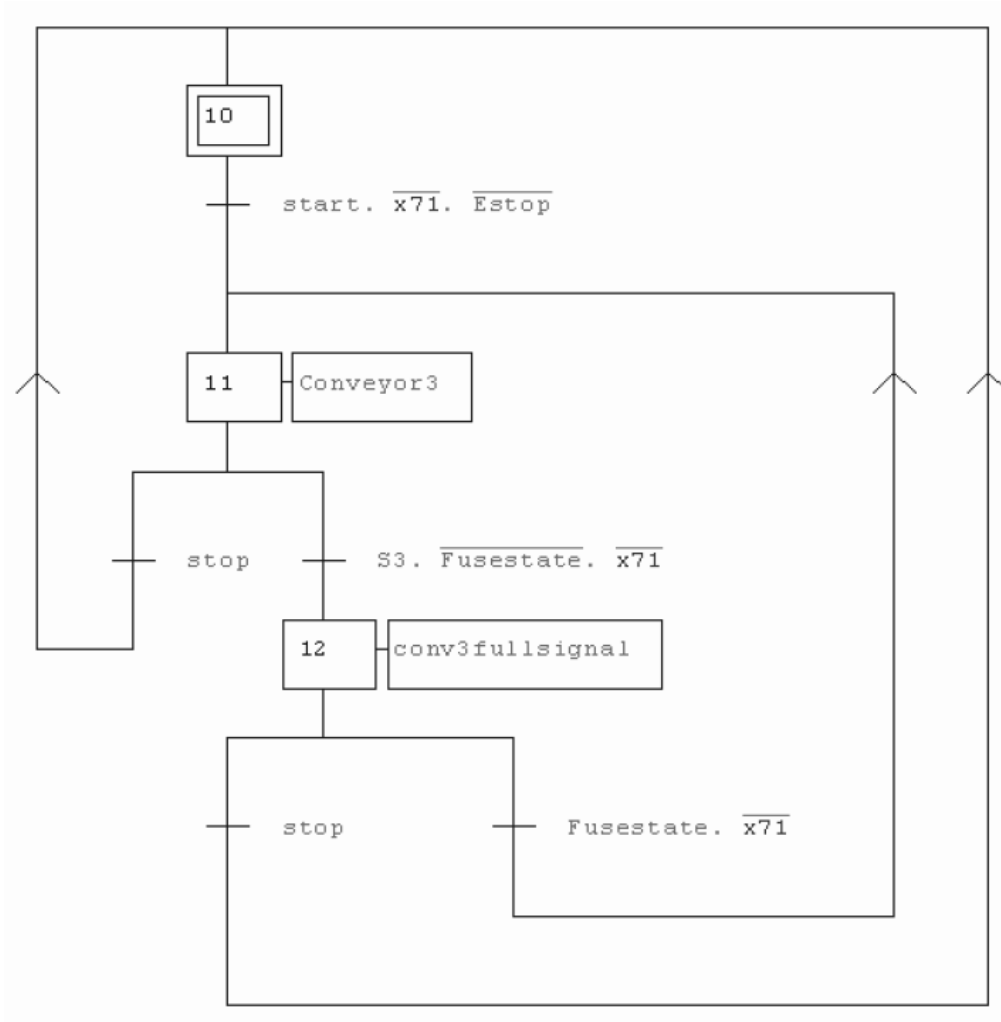


Рисунок 4.26 – Підпрограма роботи конвеєра 2 (G10)

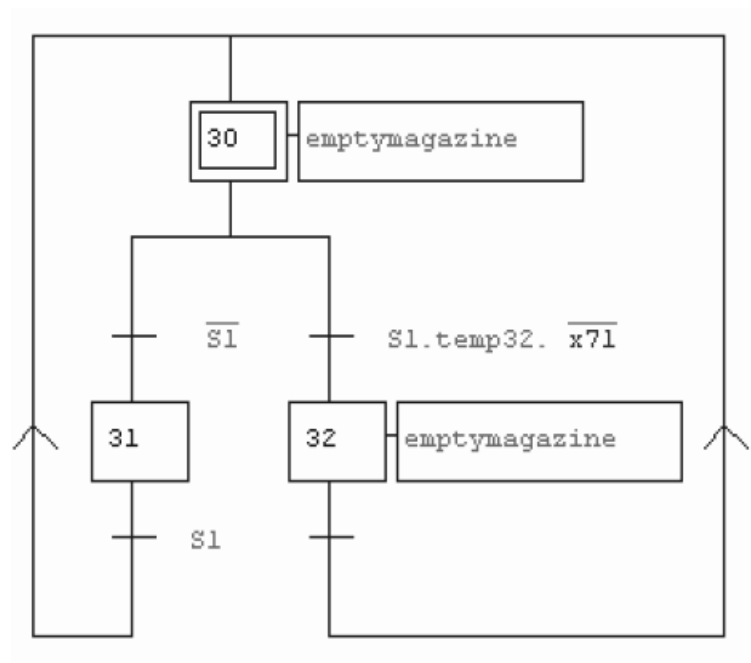


Рисунок 4.27 – Підпрограма сигналізування про пустий магазин із порожніми коробками (G30)

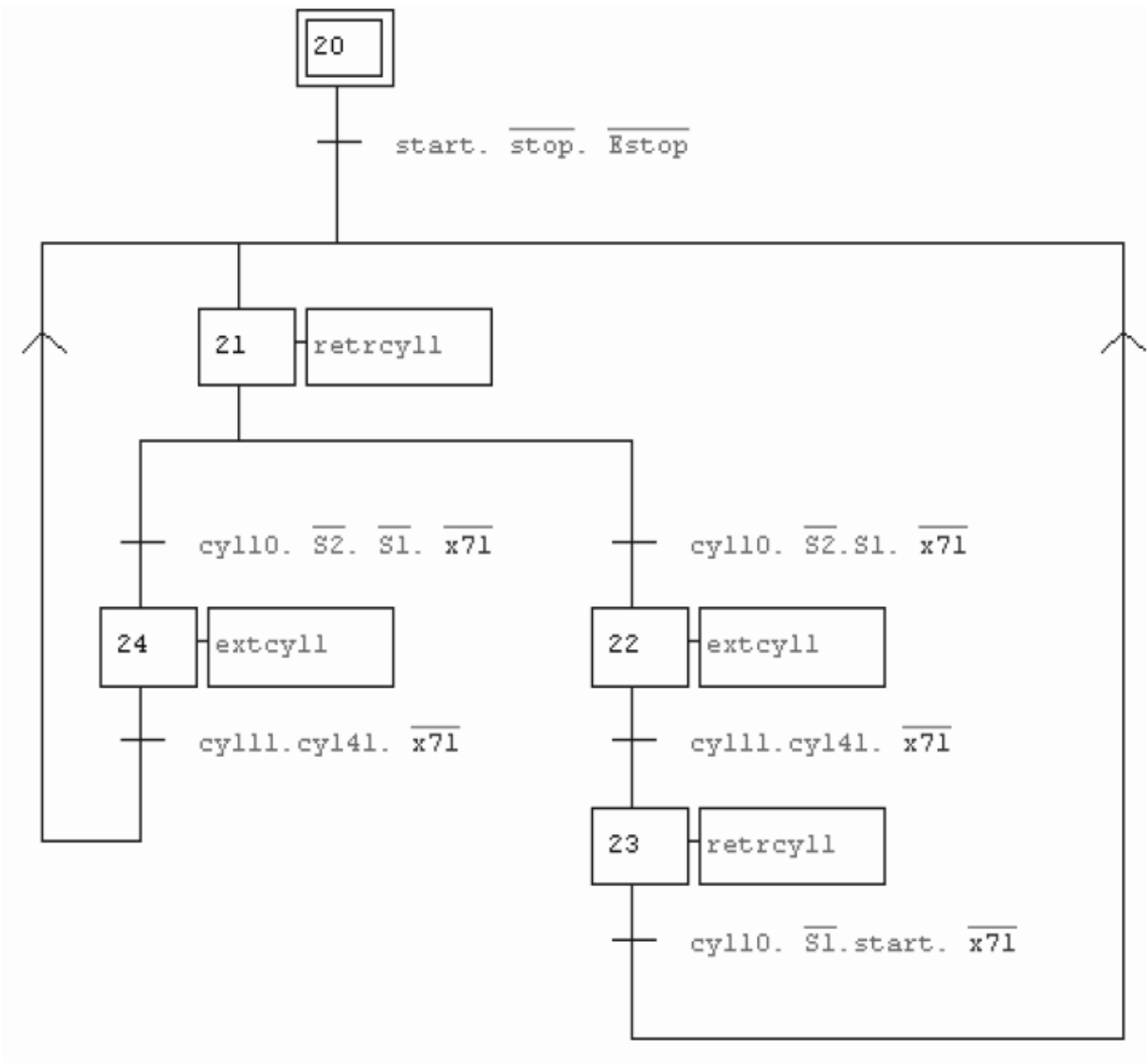


Рисунок 4.28 – Підпрограма магазину із порожніми коробками (G20)

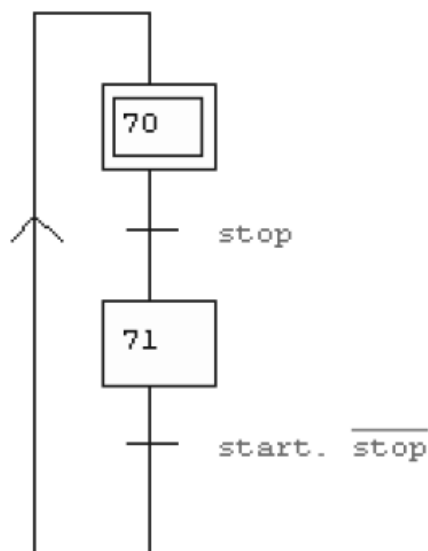


Рисунок 4.29 – Підпрограма паузи (G70)

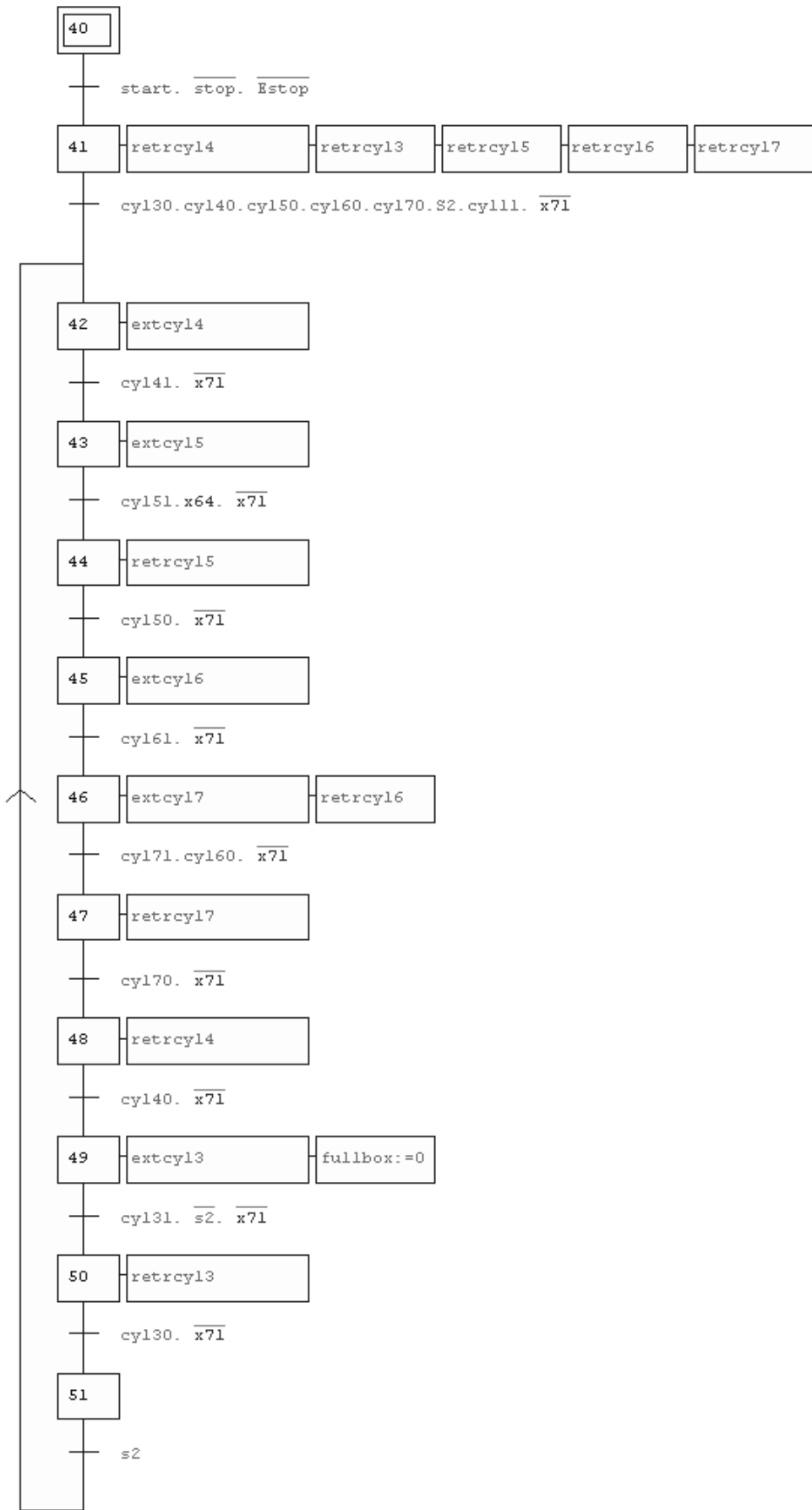


Рисунок 4.30 – Підпрограма пакувальної станції (G40)

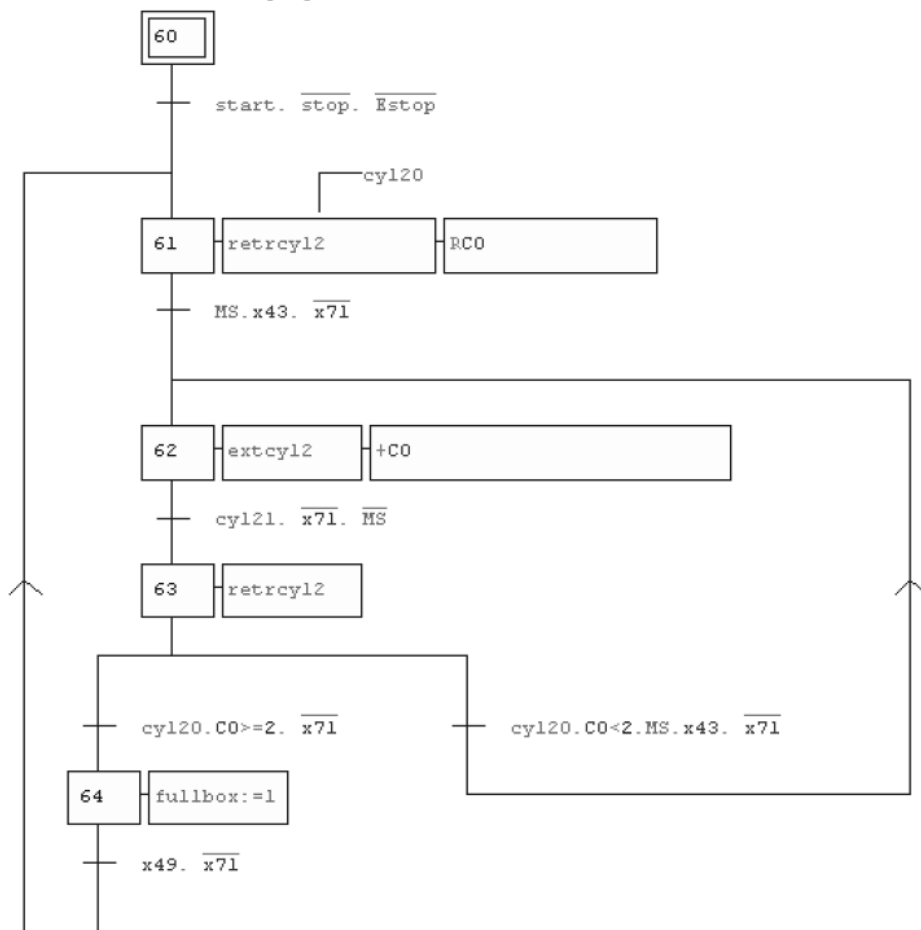


Рисунок 4.31 – Підпрограма пакування ножівкових полотен (G60)

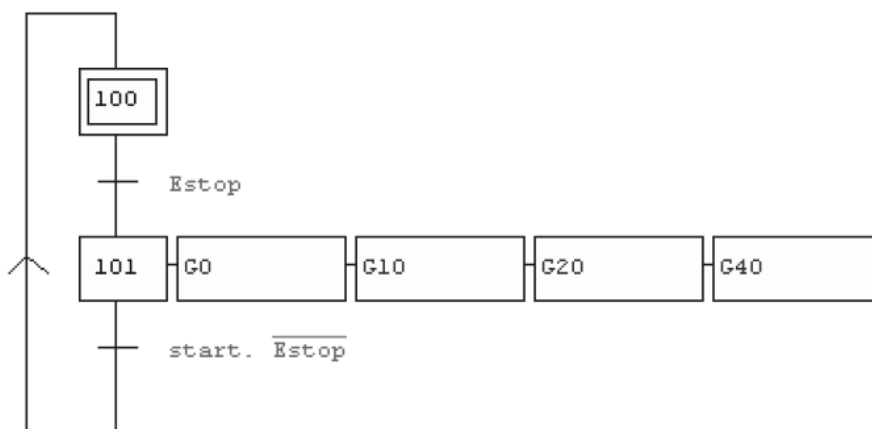


Рисунок 4.32 – Підпрограма аварійної зупинки (G70)

Циклограма роботи циліндрів у пневматичній системі автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен наведена на рис. 4.33.

Схема роботи циліндрів у випадку використання суто пневматичної системи, без залучення роботизованого обладнання наведена на рис. 4.34.

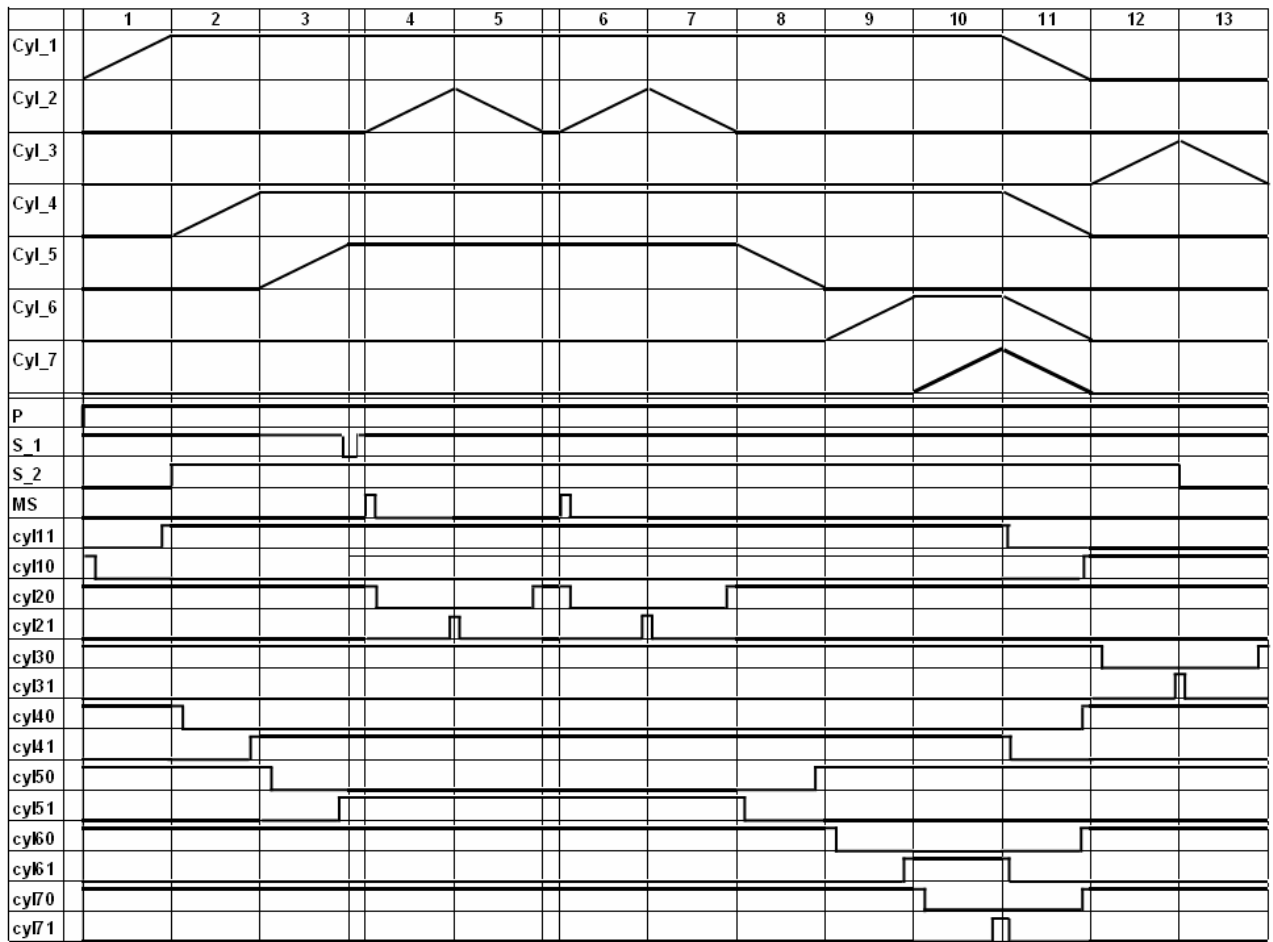


Рисунок 4.33 – Циклограма роботи циліндрів

4.7 Висновки до четвертого розділу

В четвертому розділі проведено дослідження роботи системи керування автоматизованою лінією пакування ножівкових полотен. В розділі наведено принцип роботи магазину із пустими коробками, призначених для пакування в них ножівкових полотен, а також станції пакування, процесу заповнення коробок полотнами та їх подальше переміщення до зварювального апарату.

В розділі розроблено блок-схеми алгоритмів для технологічного процесу пакування ножівкових полотен, а також наведено електричну схему підключення елементів автоматизованої лінії до ПЛК. Також наведено програму роботи ПЛК.

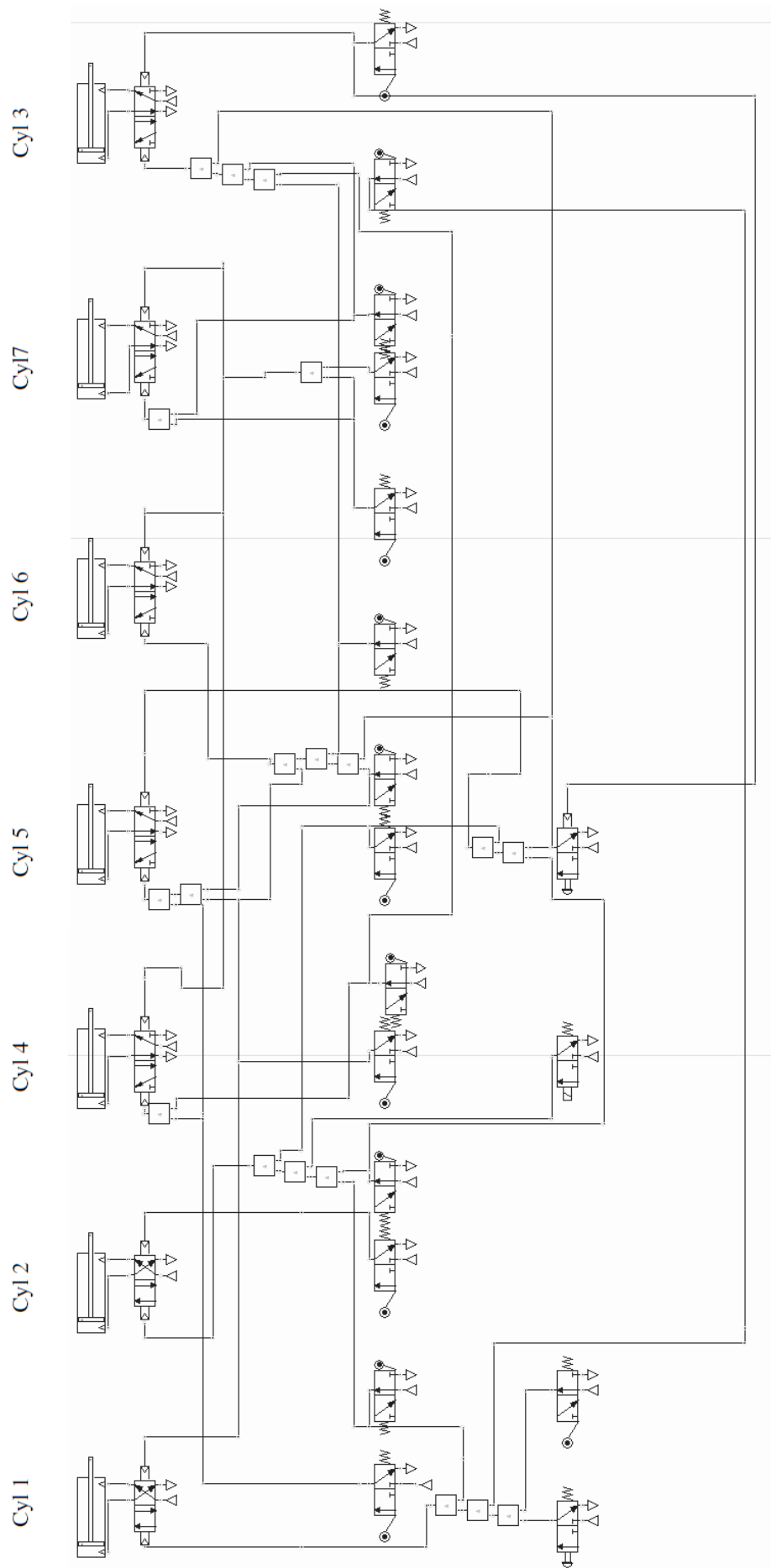


Рисунок 4.34 – Пневматична схема циліндрів

ВИСНОВКИ

В першому розділі було проведено огляд та аналіз продукції компанії Bahco. В результаті аналізу встановлено, що на одному із заводів, який спеціалізується на випуску ножівкових полотен, 80% продукції припадає на одну із моделей ножівкових полотен, а саме Sandflex Bi-metal 3906. Ці ножівкові полотна поставляються в упаковках по 2, 3, 5, 10 та 100 полотен. За статичними даними встановлено, що майже вся закупівля цих ножівкових полотен припадає на пакування у 100 штук в одній коробці.

Крім того, в розділі було проведено аналіз технологічного процесу пакування ножівкових полотен. В результаті аналізу встановлено, що пакування на даний момент виконується повністю ручним методом, для чого у приміщенні знаходяться два оператори.

Оскільки процес нанесення маркування та подальше зварювання коробок після їх пакування є напівавтоматизованим, то у цьому приміщенні повинен знаходитись щонайменше один оператор. Тому поставлені задачі автоматизації процесу пакування ножівкових полотен передбачається як напівавтоматизований, в якому оператор буде виступати у ролі наглядача за ходом процесу пакування і виконувати необхідні дії для процесу маркування та зварювання.

В другому розділі наведено два основних підходи до облаштування автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен. Перший підхід полягає у використанні пневматичних циліндрів для виконання процесу пакування, конвеєрів для транспортування елементів. Другий підхід передбачає використання роботизованого обладнання для проведення процесу пакування.

Для обох підходів було наведено схему розташування обладнання в приміщенні, а також виокремлено основні переваги та недоліки кожної із систем. Також розглядалась можливість поєднання пневматичної та робототехнічної системи пакування продукції.

Було проведено порівняльний аналіз систем за наступними критеріями: гнучкість, складність, надійність, вартість, міцність, рівень автоматизації,

безпеку, технічне обслуговування, швидкість. В результаті аналізу встановлено, що пневматична система буде більш оптимальним вибором для пакування ножівкових полотен.

В третьому розділі було проведено підбір обладнання для автоматизованої системи керування лінією пакування ножівкових полотен. Було проведено критеріальний аналіз вибору роботу для його застосування в робототехнічному підході. Аналіз був проведений за такими характеристиками, як повторюваність результатів, безпека, габаритні розміри, вартість, технічне обслуговування, точність виконання, кількість ступенів свободи.

В результаті аналізу було встановлено, що для робототехнічної та гібридної системи автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен найбільш оптимальним вибором буде робот SCARA.

Крім того, було проведено підбір обладнання для пневматичної системи. Пропонується використання циліндрів односторонньої та двосторонньої дії. В якості датчиків було обрано оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L, ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2 та індуктивний датчик Sien M8B-PS-S-L. В якості програмованого логічного контролера пропонується використання S7-300 фірми Siemens.

В четвертому розділі проведено дослідження роботи системи керування автоматизованою лінією пакування ножівкових полотен. В розділі наведено принцип роботи магазину із пустими коробками, призначених для пакування в них ножівкових полотен, а також станції пакування, процесу заповнення коробок полотнами та їх подальше переміщення до зварювального апарату.

В розділі розроблено блок-схеми алгоритмів для технологічного процесу пакування ножівкових полотен, а також наведено електричну схему підключення елементів автоматизованої лінії до ПЛК. Також наведено програму роботи ПЛК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bahco News. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bahco.com/int_en/news.html (дата звернення 15.09.2023)
2. Bahco SANDFLEX® bi-metal metal saw blades 3906-300-18-10P. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.toolnation.com/bahco-sandflex-bi-metal-metal-saw-blades-3906-300-18-10p.html> (дата звернення 11.09.2023)
3. Bahco. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://instrument-service.com/brands/bahco> (дата звернення 11.09.2023)
4. CPU 314C-2 DP. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.avigan.com.ua/page/cpu-314c-2-dp/mp/3916/> (дата звернення 09.11.2023)
5. Griffin, R.C., Sacharow, S., Brody, A.L. (1985). The Packaging Process: A Segment of Manufacturing Operations. In: Principles of Package Development. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-7382-7_6
6. Mahalik, N.P. Advances in Packaging Methods, Processes and Systems. Challenges 2014, 5, 374-389. <https://doi.org/10.3390/challe5020374>
7. Packaging Automation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://businessfocusmagazine.com/2023/04/13/why-should-you-automate-your-packaging-automation/> (дата звернення 21.09.2023)
8. Scara robots Micro working robot RP-3AH. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eurobots.com.ua/robot-mitsubishi-scara-rp-3ah-micro-working-robot-uk.html> (дата звернення 23.10.2023)
9. Solenoid activated valves. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/44020/JMF-4-18.pdf> (дата звернення 08.11.2023)
10. Solenoid valve CPE10-M1BH-5J-M5 – 196875. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/RU_RU/196875.pdf (дата звернення 08.11.2023)

11. The Importance of Optimizing Your Packing Process. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bastiansolutions.com/blog/the-importance-of-optimizing-your-packing-process/> (дата звернення 21.09.2023)

12. Архелюк О.Д. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Перетворювачі та пристрої вимірювальної техніки» для студентів всіх форм навчання спеціальності «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» відділу Інфокомунікацій та інженерії. / Уклад.: О.Д. Архелюк – Чернівці.: ЧНУ імені Юрія Федьковича 2021. – 51 с.

13. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

14. Біметалічне стрічкове полотно по металу Bahco Sandflex Easy-cut 3857. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://instrument-service.com/products/bimetallicheskaya-lentochnaya-pila-po-metallu-bahco-sandflex-easy-cut-3857> (дата звернення 11.09.2023)

15. Біметалічні стрічкові пили по дереву Bahco. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://instrument-service.com/products/bimetallicheskaya-lentochnaya-pila-po-derevu-bahco-sandcut-3861> (дата звернення 11.09.2023)

16. Бурау Н.І. Теорія автоматичного управління. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Н.І. Бурау, Д.О. Півторак; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 57 с.

17. Бурштинський М.В. Давачі / М.В. Бурштинський, М.В. Хай, Харчишин Б.М. – 2-ге вид. доповн. – Львів: ТзОВ „Простір М”, 2014. – 202 с.

18. Власенко А.М. Слюсарні роботи: Підручник / А.М. Власенко – К.: Вища освіта, 2013. – 357 с.

19. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів / Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. – Кіровоград: Видавець – Лисенко В.Ф., 2016. – 352 с.

20. Губарев О.П. Мехатроніка: Циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації / Губарев О.П., Ганпанцурова О.С. // К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 160 с.

21. Даценко О.Л. Основи конструювання і дизайн упаковки: конспект лекцій для здобувачів фахової передвищої освітніосвітньо-професійної програми «Дизайн» спеціальності 022 Дизайн галузі знань 02 Культура та мистецтво денної форми навчання / уклад. О.Л.Даценко. Луцьк: ТФК ЛНТУ, 2022. 251с.

22. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І. В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Вид. 2-ге, виправлене – К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.

23. Ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/289262653/p289262653/?utm_1=r&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA3uGqBhDdARIsAFeJ5r0-0SJ5-4mlt1HjIpbAZErPJwuJuetkryjwhQXFFG_yXFOyojALZuAaAoW6EALw_wcB (дата звернення 07.11.2023)

24. Жорняк Л.Б. Електричні апарати автоматики та керування / Л.Б. Жорняк, М.В. Антонова, В.В. Василевський. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 414 с.

25. Індуктивний датчик Sien M8B-PS-S-L. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://technical.com.ua/the-inductive-sensor-sien-m8b-ps-s-l> (дата звернення 07.11.2023)

26. Коваленко І.В. Пакувальне обладнання. Конспект лекцій: Навч. посіб. з курсу для студ. спец. 7.090223 – «Машини і технології пакування» / І.В. Коваленко. – К.: 2014. – 211 с.

27. Колосов О.Є. Технологія пакування та зберігання пакованої продукції. Практикум: навч. посіб. для підготовки студентів, які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізацією «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 35 с.

28. Кучерук В.Ю. Програмування логічних контролерів Schneider Electric. Навчальний посібник / В.Ю. Кучерук, В.О Поджаренко, П.І. Кулаков. – Вінниця, ВДТУ, 2002. – 133 с.

29. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами. Навчальний. посібник / Ладанюк А.П., Архангельська К.С., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2014. – 274с.

30. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічний об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтег. технології / М. В. Лукінюк. - К.: НТУУ «КПІ», 2008. - 236 с.

31. Макієнко М.І. Загальний курс слюсарної справи: Підручник / М.І. Макієнко. – К.: Вища школа, 1994. – 311 с.

32. Морзе Н.В. Основи робототехніки: навчальний посібник / Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А, Гладун. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2016. – 184 с.

33. Невлюдов І.Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипченко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг Криворізький коледж НАУ, 2019 р. – 366 с.

34. Оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://technical.com.ua/the-optical-sensor-soeg-rsp-q30-ps-k-2l> (дата звернення 07.11.2023)

35. Пакувальна техніка : дайджест. Вип. 47 [Електронний ресурс] / Нац. унт харч. технол., Наук.-техн. б-ка ; підгот. О. В. Олабоді. – Київ, 2018. – 14 с.

36. Пеховка М.В. Основи слюсарної справи: Навчальний посібник / М.В. Пеховка, Т.Б. Боброва, С.М. Високос, Ю.Ю. Глушко, В.О. Сашко, Т.М. Терещенко. – Ресурсний центр ГУРТ, 2019. – 51 с.

37. Пневматичний циліндр DFM-20-400-B-PPV-A-GF. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ebay.com/b/Festo-Double-Rod-Cylinder-Hydraulic-Pneumatic-Cylinders/184027/bn_114978617 (дата звернення 07.11.2023)

38. Пневматичний циліндр DNCB-32-25-PPV-A – 532724. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/RU_RU/532724.pdf (дата звернення 07.11.2023)

39. Пневматичний циліндр DNCB-32-400-PPV-A – 532734. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ebay.com/itm/175686766116> (дата звернення 07.11.2023)

40. Пневматичний циліндр DNCB-32-80-PPV-A – 532727. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/RU_RU/532727.pdf (дата звернення 07.11.2023)

41. Пневматичний циліндр DSNU-8-50-P-A. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://technical.com.ua/pnevmocilindr-dsnu-8-50-p-a> (дата звернення 07.11.2023)

42. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

43. Програмований контролер Simatic S7-300, Siemens. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eleksun.com.ua/blog/article/programnyu-kontroler-simatic-s7-300-siemens> (дата звернення 09.11.2023)

44. Проць Я.І., Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів./ Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.

45. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посіб / [Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П.]. – К. : Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

46. Савицький В. К. Технічні засоби автоматизації : навч. посіб. / Володимир Савицький, Роман Федоришин ; Національний університет "Львівська політехніка". – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 292 с.

47. Савченко І. Д. Приводи систем керування [Текст]: навч. посіб./ І. Д. Савченко.–Д.: РВВ ДНУ, 2014. – 112 с.

48. Секатор Rainbow P123-Blue-B6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metalbox.com.ua/shop/product/bahco-cekator-rainbow-p123-blue-b6> (дата звернення 11.09.2023)

49. Синеглазов В.М. Автоматизація технологічних процесів: Навчальний посібник / В.М. Синеглазов, І.Ю. Сергеев. - К.: НАУ, 2010. – 506 с.

50. Соколенко А.І. Пакувальні матеріали та їх фізико-хімічні властивості / А.І. Соколенко, В.С. Костюк, К.В. Васильківський, Є.В. Костюк, В.А. Піддубний / Підручник. – К.: Кондор-Видавництво, 2015. – 396 с.

51. Універсальна ножівка Bahco 144-16-8DR-HP. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metalbox.com.ua/shop/product/universalnaia-nozhovka-bahco-144-16-8dr-hp> (дата звернення 11.09.2023)

52. Штіфзон О.Й. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.

53. Щербак Я. В. Основи теорії автоматичного регулювання електромеханотронних систем : навч. посіб. / Я. В. Щербак, К. Я. Івакіна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2019. – 223 с

Додатки

Додаток А
Стаття у журналі «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»

УДК 681.5:621.7

DOI:

ЧОРНОВАЛЮК Д.І.

Студент АКІТм-22-1

СОКОЛАН Ю.С.

<https://orcid.org/0000-0002-0273-5719>

sokolan.julia@gmail.com

СОКОЛАН К.С.

<https://orcid.org/0000-0002-3513-8312>

sokolan.kateryna@gmail.com

МАЙДАН П.С.

<https://orcid.org/0000-0003-3319-8730>

maidanp@khmnu.edu.ua

СЕЛЬСЬКИЙ А.А.

<https://orcid.org/0000-0002-7373-0472>

Selskyi.A@khmnu.edu.ua

Хмельницький національний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПАКУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

В роботі розглядається пневматичний підхід до автоматизації процесу пакування ножівкових полотен. Такий підхід полягає у розробці принципової схеми та конструкції лінії автоматизованого пакування від станції нанесення маркування до станції зварювання упаковок. У запроєктованій лінії проведено підбір циліндрів, датчиків, програмованого логічного контролера, а також прораховано вартість встановлення такої системи.

Запровадження автоматизованого пакування ножівкових полотен дозволяє збільшити швидкість пакування, підвищити рівень безпеки працівників внаслідок мінімізації ризику отримання порізів від гострих країв ножівкових полотен.

В роботі запропонована принципова схема розташування обладнання в приміщенні, де проводиться пакування різального інструменту, а також розроблено циклограму роботи циліндрів системи та їх пневматична схема. Також наводяться підпрограми ПЛК, який керує автоматизованою лінією пакування різального інструменту.

Ключові слова: різальний інструмент, автоматизація, ножівкові полотна, лінія пакування продукції, Siemens, датчики, конвеєр, пневматичний циліндр.

DMYTRO CHORNOVALIUK, IULIA SOKOLAN, KATERYNA SOKOLAN, PAVLO MAIDAN,

ANDRIY SELSKIY

Khmelnyskyi National University

AUTOMATION OF THE CUTTING TOOL PACKAGING PROCESS

This paper considers a pneumatic approach to automating the hacksaw blade packaging process. This approach consists in developing a schematic diagram and design of an automated packaging line from the labeling station to the package welding station. In the designed line, the selection of cylinders, sensors,

and a programmable logic controller was carried out, and the cost of installing such a system was calculated.

The introduction of automated packaging of hacksaw blades allows to increase the speed of packaging, improve the safety of workers by minimizing the risk of cuts from the sharp edges of hacksaw blades.

The paper proposes a schematic diagram of the equipment arrangement in the room where the cutting tool is packaged, as well as a cyclogram of the system cylinders and their pneumatic circuit. Also, the subroutines of the PLC that controls the automated cutting tool packaging line are presented.

Keywords: cutting tool, automation, hacksaw blades, product packaging line, Siemens, sensors, conveyor, pneumatic cylinder.

Постановка проблеми

Упаковка представляє собою не лише забезпечення естетичного вигляду продукції, але й найчастіше вона несе функцію забезпечення захисту продукції від механічних пошкоджень, маркування моделі продукції, коротку інструкцію, інформацію про виробника, тощо. У випадку із гострими предметами пакування ще й несе функцію захисту людей від травмування на порізів.

Автоматизація процесу пакування продукції зменшує витрати на робочу силу працівників. У випадку із гострим ріжучим інструментом автоматизація лінії пакування продукції підвищує безпеку працівників та зменшує ризик виникнення нещасних випадків у працівників, таких як порізів, поранень, тощо. Автоматизований процес пакування дозволить зменшити кількість помилок, які можуть виникнути, підвищити рівень точності стосовно кількості продукції в одній упаковці, збільшити ефективність та швидкість технологічного процесу виготовлення продукції.

Аналіз останніх джерел

Компанія Bahco розпочала своє існування ще у XIX сторіччі. Засновником компанії вважається Йохан Петер Йохансон. Саме йому приписується винахід різновидних гайкових ключів. Ще у 1896 році Йохансон створив Bahco разом із Бернтом Аугостом Х'єртом. У 2005 році відбулася реорганізація європейських підрозділів компанії АБ «Бакка Груп» в інфраструктуру SNA Europe (підрозділ Snap-on Inc. (США), що доповнило існуючий асортимент професійного інструменту Ванс, Lindstrom, Belzer новими торговими марками - Irazola, Palmera, Acessa, Irimo» [1].

Компанія Bahco виготовляє широкий асортимент продукції, до якої входять розвідні ключі, ножовки по дереву, напильники, шарнірно-зубчастий інструмент, викрутки, гайкові ключі, динамометричні інструменти, трубні ключі та інструменти для трубопроводів, пневматичний, автомобільний та діагностичний інструмент, освітлювальне обладнання, спеціалізовані електронні інструменти, інструменти для підрізки, біметалеві ножові полотна, кільцеві та стрічкові пили.

Виробництво компанії Bahco фізично розташовується на декількох заводах, кожен із яких спеціалізується на виготовленні певного асортименту продукції. Один із таких заводів спеціалізується на випуску ножівкових полотен для різання по металу та по дереву. Ножівкові полотна Sandflex Bi-metal моделі 3906 (рис. 1) складають приблизно 60% від загального обсягу виробництва серед всіх різновидів ножівкових полотен, що відповідає близько 75 мільйонам одиниць таких полотен щорічно [2].

За статистичними даними компанії Bahco [3] найбільш поширеною серед покупців є коробка із ножівкових полотен в кількості 100 одиниць (рис. 2). Приблизно 80% закупівель ножівкових полотен Sandflex становить саме такий варіант пакування.

Метою роботи є: автоматизація процесу пакування біметалічних полотен для ручних пилок SandFlex виробництва компанії Bahco.

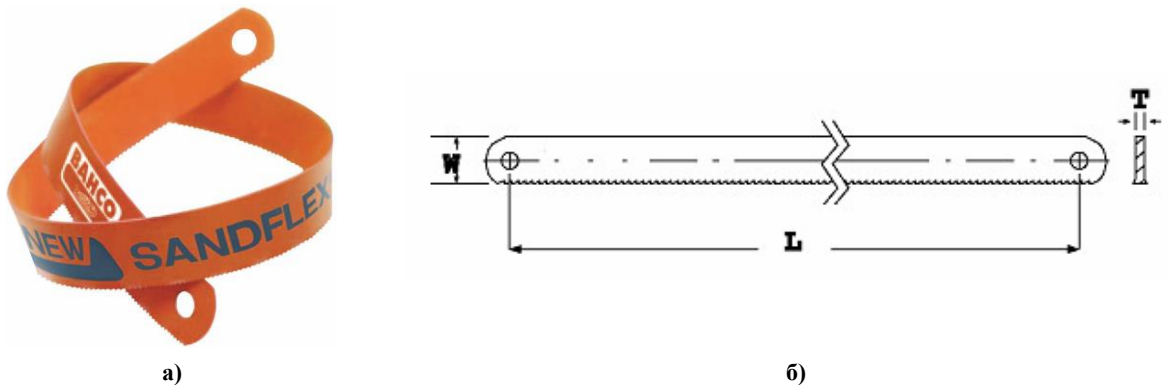


Рис. 1. Ножівкове полотно Sandflex Bi-metal моделі 3906:
 а - зовнішній вигляд; б – принципова схема



Рис. 2. Упаковка 100 ножівкових полотен Sandflex

Виклад основного матеріалу

Поточний технологічний процес пакування ножівкових полотен (НП) починається із нанесення маркування. Цей процес напівавтоматизований та потребує часткового залучення оператора для наповнення візка із НП без маркування та наповнення візка із пустими коробками. Леза із нанесеним маркуванням формують стопки по 10 полотен у кожній, після чого вони вручну переміщуються оператором маркувальної машини до станції пакування. На станції пакування розміщується робоче місце ще одного оператора, робота якого полягає лише у пакуванні НП у коробки. Після процесу закінчення пакування полотен у коробку, вони складуються і зберігаються у візку до моменту його наповнення. Наповнений візок в подальшому переміщується до станції зварювання, де відбувається остаточне закріплення конструкції упаковки.

Розташування обладнання у приміщенні, де відбувається процес пакування НП, наведено на рис. 3.

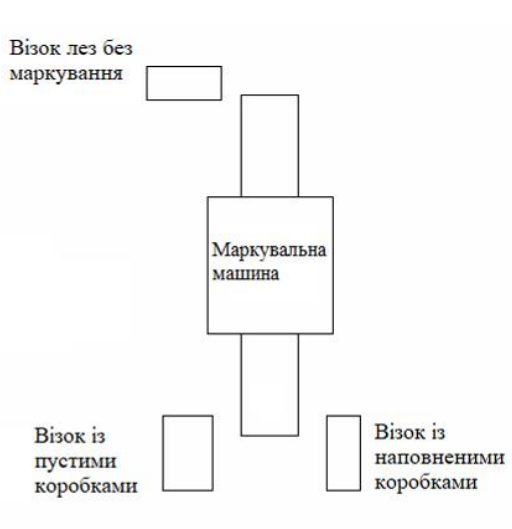


Рис. 3. Поточна схема розташування обладнання

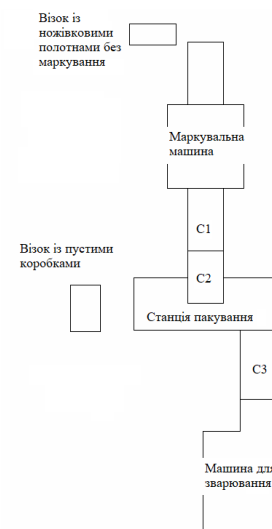


Рис. 4. Схема розташування обладнання автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен

В рамках поставленої мети можна виділити наступні задачі автоматизації лінії пакування продукції.

1. Переміщення порожніх коробок до місця пакування ножівкових полотен.
2. Утримання та відкриття коробки. Автоматизована лінія пакування повинна визначати характеристики позиції для пакування.

3. Процес пакування 100 ножівкових полотен в одну коробку. Лінія автоматизованого пакування повинна гарантувати точне значення у 100 одиниць ножівкових полотен в кожній коробці.

4. Закриття коробку після виконання процесу пакування. Виконується шляхом зварювання двох ручок на коробці. Тобто, система пакування повинна забезпечувати повне закриття коробок перед зварюванням.

5. Переміщення заповнених коробок на наступний етап. Наповнені ножівковими полотнами коробки повинні бути підготовлені до їх перевезення до наступної станції, тобто в кінці процесу пакування вони повинні розміщуватись у візку.

Для вирішення поставлених задач можна застосувати пневматичний підхід до автоматизації процесу пакування різального інструменту, а саме ножівкових полотен. В такій системі буде використовуватись ряд циліндрів в якості виконавчого механізму, а також датчики та конвеєри. Робота наведених елементів системи будет контролюватись програмованим логічним контролером (ПЛК). Ескіз розташування обладнання в цеху пакування продукції при пневматичному підході наведений на рис. 4.

Після завершення нанесення маркування, ножівкові полотна виходять із маркувальної машини, при чому мають одну певну орієнтацію по відношенню до машини. Перший конвеєр, позначений С1 на рис. 2.1, переміщує стопки НП від маркувальної машини до наступного конвеєра, який позначений С2. Цей конвеєр має ту ж саму орієнтацію, що і конвеєр С1, але швидкість його роботи вища. Такий приріст швидкості забезпечує збільшення відстані між стопками НП на конвеєрі С2. В кінці С2 розміщується одна перешкода для зупинки НП в позиції, яка відповідає позиції пакування.

В якості виконавчого механізму у системі виступають пневматичні циліндри (рис. 5), а саме:

- DNCB-32-400-PPV-A-532734 (1 штука, вартість 3813 гривень) [4];
- DFM-20-400-B-PPV-A-GF (1 штука, вартість – 2698 гривень) [5];
- DNCB-32-80-PPV-A – 532727 (2 штуки, вартість 2570 гривень) [6];
- DSNU-8-50-P-A– 532727 (2 штуки, вартість 1685 гривень) [7];
- DNCB-32-25-PPV-A – 532724 (1 штука, вартість 1338 гривень) [8].

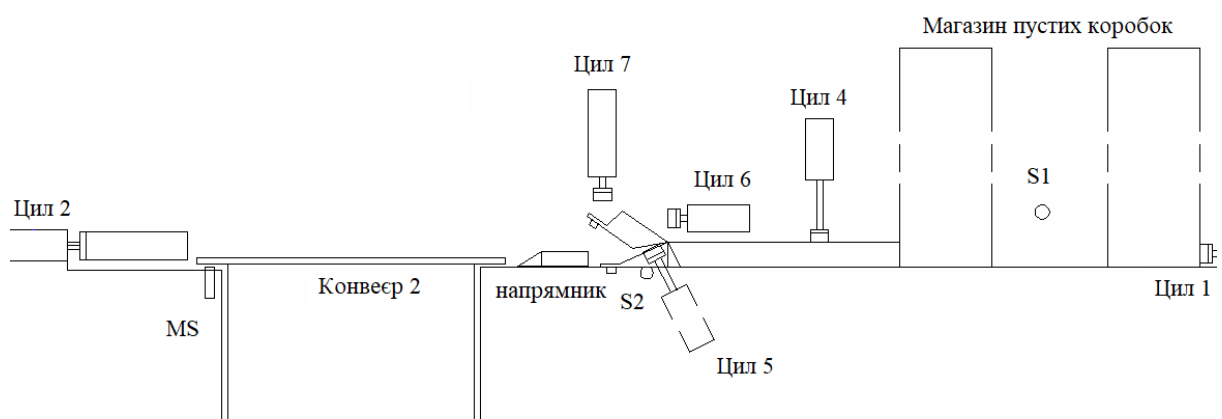


Рис. 5. Принципова схема пакувальної станції

Вартість циліндрів M_{cyl} становитиме:

$$M_{cyl} = 3813 + 2698 + 2570 \cdot 2 + 1685 \cdot 2 + 1338 = 18359 \text{ гривень} \quad (1)$$

S1 – це рефлекторний датчик наближень, який розташовується з одного боку магазину. Цей датчик сигналізує якщо магазин порожній. В такому випадку датчик видає один світловий сигнал, який повідомляє оператору про необхідність заповнення магазину.

Цил 1 – це пневматичний циліндр, який використовується в системі пакування ножівкових полотен для виштовхування коробки із магазину в напрямку пакувальної станції. Якщо на пакувальній станції знаходиться коробка, то циліндр не буде виштовхувати нову коробку на станцію. Для визначення наявності коробок на пакувальній станції використовується мікроперемикач S2. Як тільки на пакувальній станції розміщується порожня коробка, зверху активується циліндр 4, задача якого полягає в утриманні коробки в положенні для пакування. Функція циліндру 3 полягає в тому, щоб штовхати заповнену ножівковими полотнами коробку в напрямку конвеєра 3.

Ще три циліндри, позначені 5, 6 та 7, застосовуються для виконання процесів відкриття та закриття коробки. Задача циліндру 5 полягає в тому, що він тримає відкритою кришку в процесі наповнення коробок, в той час як циліндр 6 штовхає кришку в горизонтальному напрямку. Циліндр 7 штовхає коробку вниз, в результаті чого виконується закриття коробки.

Пневматична схема циліндрів наведена на рис. 6, а циклограма їх роботи у системі автоматизованого пакування – на рис. 7.

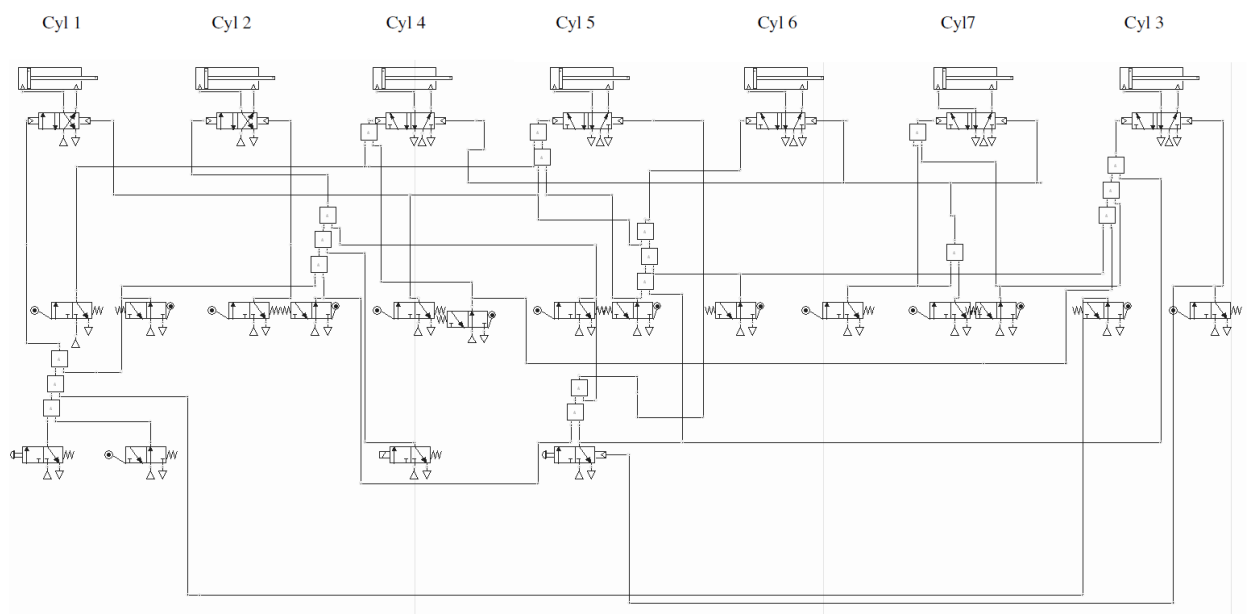


Рис. 6. Пневматична схема циліндрів

Крім того, в системі передбачається використання двох видів пневматичних клапанів: JMF-4-1/8-4556 у кількості 2 штук, вартість 2148 гривень та SPE10-M1BH-5J-M5 – 196875 у кількості 5 штук, вартість 3045 гривень. Тоді вартість клапанів M_{valve} становитиме:

$$M_{valve} = 2148 \cdot 2 + 3045 \cdot 5 = 19521 \text{ гривня} \quad (2)$$

В кінці конвеєра 2 для зупинки ножівкових полотен використовується одна перешкода. Вздовж конвеєра розміщується п'ять датчиків, які позначені MS від 0 до 4. Ці датчики визначають наявність п'яти стопок ножівкових полотен на позиції пакування.

В автоматизованій системі пакування ножівкових полотен використовується ряд датчиків. Індуктивний датчик наближення призначений для визначення відсутності або наявності металевих предметів на конвеєрі та в інших місцях системи за допомогою електронного безконтактного датчика. В якості індуктивного датчика наближення (ІДН) в системі автоматизованого пакування ножівкових полотен

пропонується використовувати датчик Sien M8B-PS-S-L (рис. 8, а). Його вартість в Україні становить 2400 гривень [9], загальна кількість для системи становить 5 штук.

Ємнісний датчик наближення (ЄДН) дозволяє виявляти об'єкти базуючись на їх діелектричній проникності. В системі автоматизованого пакування ножівкових полотен такі датчики будуть використовуватись для виявлення заповненості контейнера із готовими упаковками ножівкових полотен, а також для виявлення наявності пустих коробок на конвеєрі. Пропонується використовувати ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2 (рис. 8, б). Вартість такого датчика становить 1848 гривень [10].

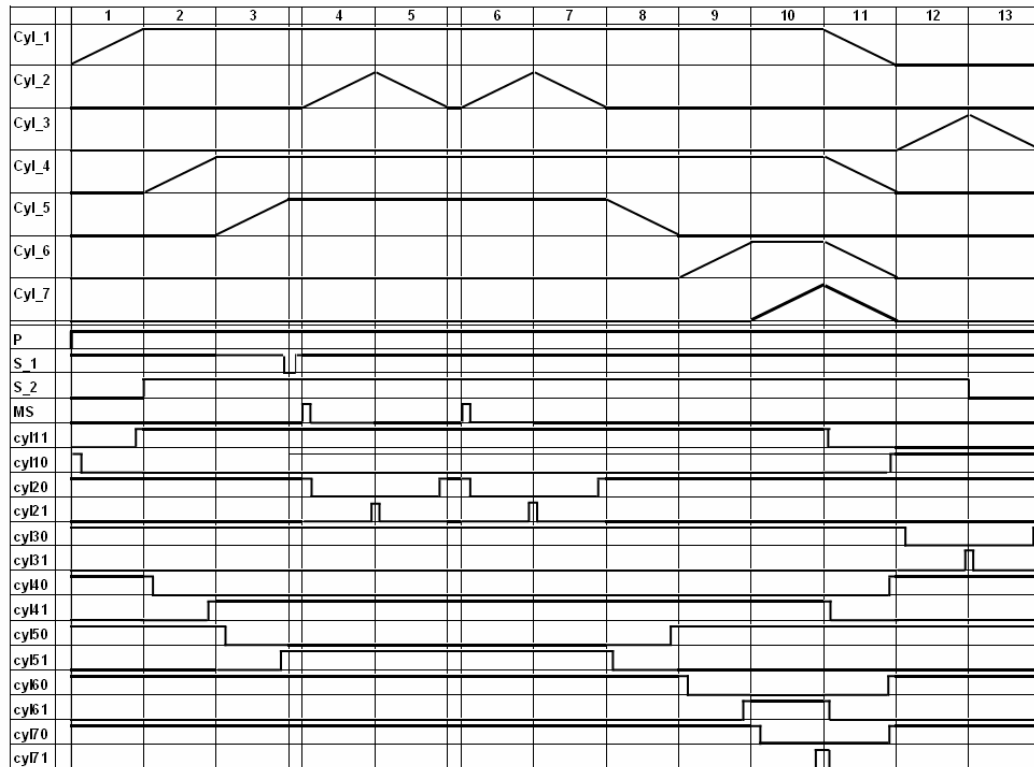


Рис. 7. Циклограма роботи циліндрів



Рис. 8. Датчики у системі автоматизованого пакування ножівкових полотен:
 а - Індуктивний датчик Sien M8B-PS-S-L; б - ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2;
 в - оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L

Ще один із датчиків, який буде використовуватись в системі – це оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L (рис. 8, в). Вартість датчика становить 3441 гривня [11]. Необхідна кількість для системи автоматизованого пакування ножівкових полотен становить 2 штуки. В якості мікроперемикача обрано модель SR-3-E-SW – 14797 в кількості 1 штука, вартістю 1804 гривні. Тоді вартість датчиків в системі становитиме:

$$M_{sensors} = 3441 \cdot 2 + 2400 \cdot 5 + 1848 \cdot 2 + 1804 = 24382 \text{ гривні} \quad (3)$$

З'єднання пакувальної станції із зварювальним апаратом виконано конвеєром 3 з метою пришвидшення процесу пакування. Тому зварювальний апарат на схемі розташування обладнання (рис. 4) змінив своє положення у порівнянні із початковим розташуванням (рис. 3). Відстань між станцією пакування та зварювальним апаратом за новим розташуванням обладнання становить 2 метри.

Конвеєр С3 передбачається із нахилом, оскільки висота пакувальної станції від підлоги складає 900 мм, а зварювального апарату – 1200 мм. Також слід враховувати, що швидкість роботи зварювального апарату більша, ніж пакувальної станції. Тому процес зварювання передбачається із зупинками через певні проміжки часу. Ці зупинки забезпечуються використанням оптичного датчика, який буде відслідковувати рівень заповненості конвеєра 3.

Відстань між коробками на конвеєрі 3 повинна становити не більше 100 мм, тоді конвеєр 3 буде виступати в якості буфера. Обидва конвеєри 2 і 3 передбачаються як стрічкові із шириною 300 мм, що забезпечить належне утримання на їх поверхнях коробок із НП.

Слід відзначити, що конвеєр 3 виконує ще одну функцію – функцію буфера між пакувальною станцією та зварювальним апаратом. У випадку зупинки останнього, процес пакування ножівкових полотен буде продовжуватись до тих пір, поки не спрацює датчик наближення S3. Цей датчик розміщується в кінці конвеєра 3, задача якого відмічати факт заповнення конвеєра.

В якості програмованого логічного контролеру (ПЛК) для системи автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен пропонується використовувати Simatic S7-300 фірми Siemens (рис. 9). Особливості таких контролерів, які засновуються на центральних процесорах, включають в себе [12]:

- можливість розширення системи при її модернізації;
- завдяки модульній конструкції можливо використовувати різноманітні функціональні, сигнальні та комунікаційні модулі для максимальної адаптації до конкретно поставлених задач;
- просте включення в мережеві структури, підтримка інформаційних технологій та широкі комунікаційні можливості;
- можливість вибору із широкого діапазону ЦПУ в залежності від поставлених задач автоматизованого керування;
- відсутність необхідності в буферних батареях, зручна конструкція; робота на природному охолодженні, в результаті чого значно зменшуються витрати на експлуатацію.



Рис. 9. ПЛК Simatic S7-300 фірми Siemens

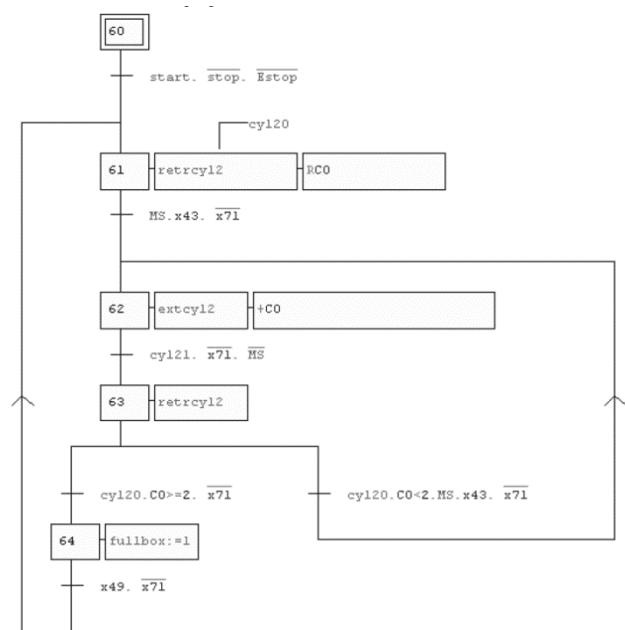


Рис. 10. Підпрограма пакування ножівкових полотен (G60)

Вартість підбраного ПЛК становить 55 000 гривень. В якості модуля живлення пропонується використання джерела живлення PS-307 в кількості 1 штука, виробник – фірма Siemens, вартість 5 500 гривень. Модуль цифрового входу в кількості 2 штуки пропонується також від Siemens, модель SM321 (16 X), вартість кожного становить 8078 гривень. Модуль цифрового виходу фірми Siemens в кількості 2 штуки, вартістю 11 000 гривень кожен моделі SM322 (16 X).

Тоді вартість ПЛК становитиме:

$$M_{PLC} = 55000 + 5500 + 8078 \cdot 2 + 11000 \cdot 2 = 98656 \text{ гривень} \quad (4)$$

Загальна вартість системи автоматизованого пакування ножівкових полотен становитиме:

$$M = M_{cyl} + M_{valve} + M_{sensors} + M_{PLC} = 18359 + 19521 + 24382 + 98656 = 160918 \text{ гривень} \quad (5)$$

В рамках поставлених задач щодо автоматизації лінії пакування ножівкових полотен основним завданням ПЛК є керування циліндрами системи у кількості 7 штук, а також всіма вхідними сигналами від кнопок та датчиків. Програма розділена на ряд підпрограм, загальна кількість яких складає 7 штук. Кожна з цих підпрограм контролює частину технологічного процесу, а саме:

- рух конвеєра 2 – підпрограма G0;
- рух конвеєра 3 – підпрограма G10;
- магазин із пустими коробками – підпрограма G20;
- передача сигналу про пустий магазин із порожніми коробками - підпрограма G30;
- станція пакування - підпрограма G40;
- пакування ножівкових полотен - підпрограма G60 (рис. 10);
- пауза в роботі лінії - підпрограма G70;
- аварійна зупинка - підпрограма G100.

Висновки

В результаті автоматизації лінії пакування ножівкових полотен було запропоновано пневматичний підхід до вирішення поставленої задачі. Лінія автоматизованого пакування запроектована як напівавтоматизована, в якій оператор виконує лише загальний нагляд за ходом технологічного процесу та реагує на сигнал аварійної зупинки. Запровадження автоматизації дозволить збільшити швидкість пакування до 350 полотен на хвилину. Вартість запроектованої системи становить 160 918 гривень.

Література

1. Bahco. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://instrument-service.com/brands/bahco>
2. Bahco SANDFLEX® bi-metal metal saw blades 3906-300-18-10P. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.toolnation.com/bahco-sandflex-bi-metal-metal-saw-blades-3906-300-18-10p.html>
3. Bahco News. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bahco.com/int_en/news.html
4. Пневматичний циліндр DNCB-32-400-PPV-A – 532734. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ebay.com/itm/175686766116>
5. Пневматичний циліндр DFM-20-400-B-PPV-A-GF. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ebay.com/b/Festo-Double-Rod-Cylinder-Hydraulic-Pneumatic-Cylinders/184027/bn_114978617
6. Пневматичний циліндр DNCB-32-80-PPV-A – 532727. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/RU_RU/532727.pdf
7. Пневматичний циліндр DSNU-8-50-P-A. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://technical.com.ua/pnevmocilindr-dsnu-8-50-p-a>
8. Пневматичний циліндр DNCB-32-25-PPV-A – 532724. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/RU_RU/532724.pdf

9. Індуктивний датчик Sien M8B-PS-S-L. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://technical.com.ua/the-inductive-sensor-sien-m8b-ps-s-l>

10. Ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/289262653/p289262653/?utm_1=r&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA3uGqBhDdARIsAFeJ5r0-0SJ5-4mlt1HjIbAZErPJwuJuEtKryjwhQXFFG_yXFOyojALZuAaAoW6EALw_wcB

11. Оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://technical.com.ua/the-optical-sensor-soeg-rsp-q30-ps-k-2l>

12. Програмований контролер Simatic S7-300, Siemens. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eleksun.com.ua/blog/article/programnyy-kontroler-simatic-s7-300-siemens>

References

1. Bahco. [Electronic resource]. - Access mode: <https://instrument-service.com/brands/bahco>.
2. Bahco SANDFLEX® bi-metal metal saw blades 3906-300-18-10P. [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.toolnation.com/bahco-sandflex-bi-metal-metal-saw-blades-3906-300-18-10p.html>.
3. Bahco News. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.bahco.com/int_en/news.html.
4. Pneumatic cylinder DNCB-32-400-PPV-A - 532734. [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.ebay.com/itm/175686766116>
5. Pneumatic cylinder DFM-20-400-B-PPV-A-GF. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.ebay.com/b/Festo-Double-Rod-Cylinder-Hydraulic-Pneumatic-Cylinders/184027/bn_114978617.
6. Pneumatic cylinder DNCB-32-80-PPV-A - 532727. [Access mode: https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/RU_RU/532727.pdf].
7. Pneumatic cylinder DSNU-8-50-P-A. [Electronic resource]. - Access mode: <http://technical.com.ua/pnevmocilindr-dsnu-8-50-p-a>.
8. Pneumatic cylinder DNCB-32-25-PPV-A - 532724. [Electronic resource]. - Access mode: https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/RU_RU/532724.pdf.
9. Sien M8B-PS-S-L inductive sensor. [Electronic resource]. - Access mode: <http://technical.com.ua/the-inductive-sensor-sien-m8b-ps-s-l>.
10. Capacitive sensor Autonics CR18-8DN2. [Electronic resource]. - Access mode: https://rozetka.com.ua/289262653/p289262653/?utm_1=r&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA3uGqBhDdARIsAFeJ5r0-0SJ5-4mlt1HjIbAZErPJwuJuEtKryjwhQXFFG_yXFOyojALZuAaAoW6EALw_wcB
11. Optical sensor SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L. [Electronic resource]. - Access mode: <http://technical.com.ua/the-optical-sensor-soeg-rsp-q30-ps-k-2l>.
12. Programmable controller Simatic S7-300, Siemens. [Electronic resource]. - Access mode: <https://eleksun.com.ua/blog/article/programnyy-kontroler-simatic-s7-300-siemens>.

ДИПЛОМНА РОБОТА НА ТЕМУ “МЕТОД КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ ЛІНІЄЮ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ”

ВИКОНАВ: СТ. ГР. АКІТМ-22-1

ЧОРНОВАЛЮК Д.І.

КЕРІВНИК: ДОЦ., К.Т.Н.

СЕЛЬСЬКИЙ А.А.

ВСТУП

2

- Упаковка представляє собою не лише забезпечення естетичного вигляду продукції, але й найчастіше вона несе функцію забезпечення захисту продукції від механічних пошкоджень, маркування моделі продукції, коротку інструкцію, інформацію про виробника, тощо. У випадку із гострими предметами пакування ще й несе функцію захисту людей від травмування на порізів.
- Автоматизація процесу пакування продукції зменшує витрати на робочу силу працівників. У випадку із гострим ріжучим інструментом автоматизація лінії пакування продукції підвищує безпеку працівників та зменшує ризик виникнення нещасних випадків у працівників, таких як порізів, поранень, тощо.

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3

- **Метою роботи** є автоматизація процесу пакування біметалічних полотен для ручних пилок SandFlex виробництва компанії Bahco.
- Досягнення поставленої мети можна досягнути розв'язавши наступні **завдання**:
- 1. Переміщення порожніх коробок до місця пакування ножівкових полотен.
- 2. Утримання та відкриття коробки. Автоматизована лінія пакування повинна визначати характеристики позиції для пакування.
- 3. Процес пакування ножівкових полотен в коробку.
- 4. Закриття коробки після виконання процесу пакування.
- 5. Переміщення заповнених коробок на наступний етап (зварювання).

ПРОДУКЦІЯ КОМПАНІЇ ВАНСО

4



Ножівкове полотно Sandflex Bi-metal моделі 3906

ПОТОЧНЕ РОЗТАШУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

5



Маркувальна машина

Візок лез без маркування



Маркувальна машина

Візок із пустими коробками



Візок із наповненими коробками



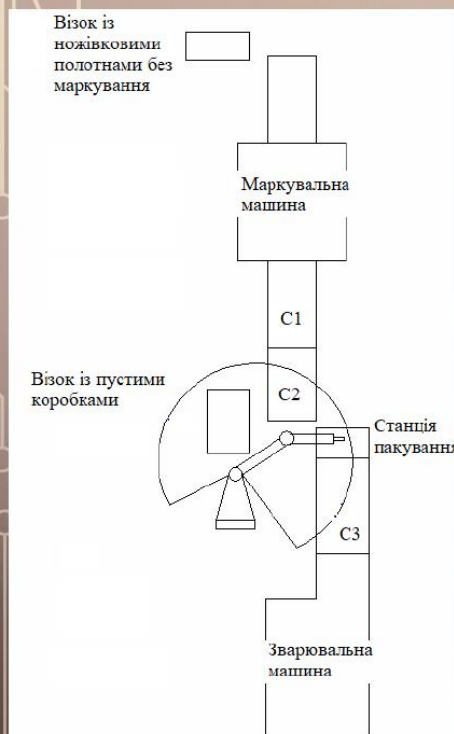
Машина для ультразвукового зварювання

Машина для плавлення



РОБОТОТЕХНІЧНИЙ ПІДХІД

6



Недоліки при робототехнічному підході

- складна кінематика;
- вища вартість системи автоматизації;
- необхідність у залученні програмістів та інженерів до програмування робота;
- використання двох різнотипних захватів;
- висока вартість технічного обслуговування устаткування;
- у випадку поломки вартість ремонту значна більша, ніж в пневматичному підході.

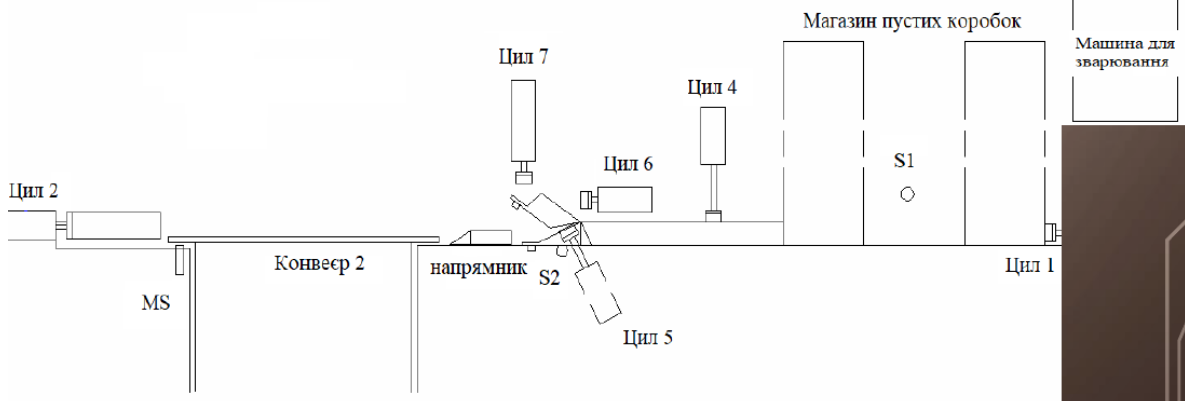
Розташування обладнання при моделюванні робототехнічної системи пакування

ПНЕВМАТИЧНИЙ ПІДХІД

Розташування обладнання моделюванні пневматичної системи пакування

Принципова схема пакувальної станції у пневматичному підході

Цил – циліндри, S1 – датчик наближень, S2 – мікроперемикач, MS – індуктивні датчики наближення



Візок із ножівковими полотнами без маркування

Маркувальна машина

Візок із пустими коробками

Станція пакування

Магазин пустих коробок

Машина для зварювання

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ. ЦИЛІНДРИ



пневматичний циліндр DNCB-32-400-PPV-A-532734 (1 штука, 3813 гривень)



пневматичний циліндр DFM-20-400-B-PPV-A-GF (1 штука, 2698 гривень)



пневматичний циліндр DNCB-32-80-PPV-A – 532727 (2 штуки, 2570 гривень)



пневматичний циліндр DSNU-8-50-P-A – 532727 (2 штуки, 1685 гривень)



пневматичний циліндр DNCB-32-25-PPV-A – 532724 (1 штука, 1338 гривень)

$$M_{cyl} = 3813 + 2698 + 2570 \cdot 2 + 1685 \cdot 2 + 1338 = 18359 \text{ гривень}$$

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ. КЛАПАНИ

9



JMF-4-1/8-4556
(2 штуки, вартість 2148)



CPE10-M1BH-5J-M5 – 196875
(5 штук, вартість 3045)

$$M_{valve} = 2148 \cdot 2 + 3045 \cdot 2 = 19521 \text{ гривня}$$

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ. ДАТЧИКИ

10



Індуктивний датчик Sien M8B-PS-S-L
(2 штуки, вартість 1848 грн.)



Ємнісний датчик Autonics CR18-8DN2
(2 штуки, вартість 2400 грн.)

$$\begin{aligned} M_{sensors} &= 3441 \cdot 2 + 2400 \cdot 5 \\ &+ 1848 \cdot 2 + 1804 \\ &= 24382 \text{ гривні} \end{aligned}$$



Оптичний датчик SOEG-RSP-Q30-PS-K-2L
(1 штука, 3441 грн.)

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ. ПЛК ТА МІКРОПЕРЕМИКАЧ

11



Мікроперемикач SR-3-E-SW – 14797
(1 штука, вартість 1804)



ПЛК Simatic S7-300 фірми Siemens

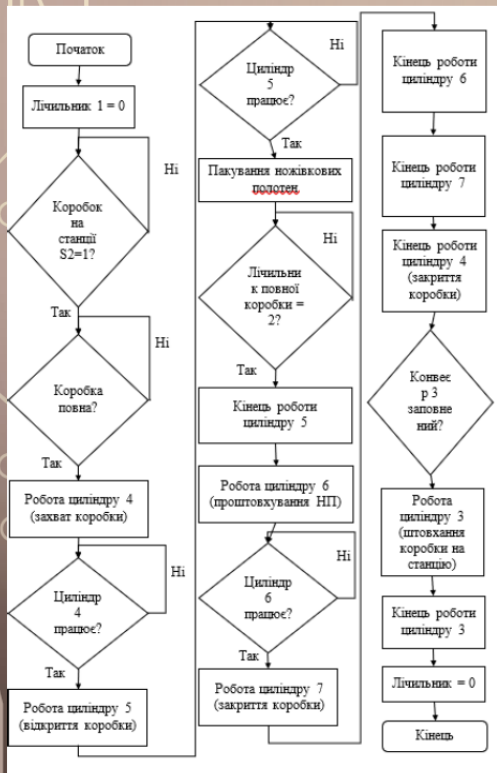
2 модулі цифрового входу SM321 (16 X)
2 модулі цифрового виходу SM322 (16 X)
модуль живлення PS-307

$$M = M_{cyl} + M_{valve} + M_{sensors} + M_{PLC} =$$

$$= 18359 + 19521 + 24382 + 98656 = 160918 \text{ гривень}$$

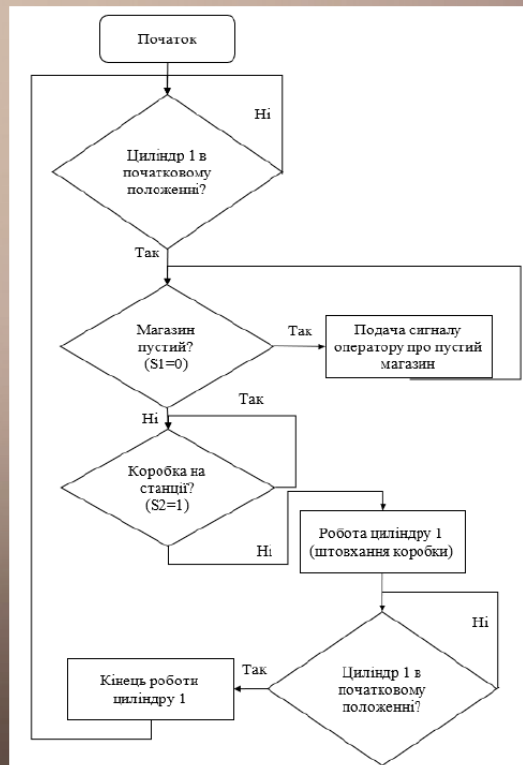
БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМІВ

12



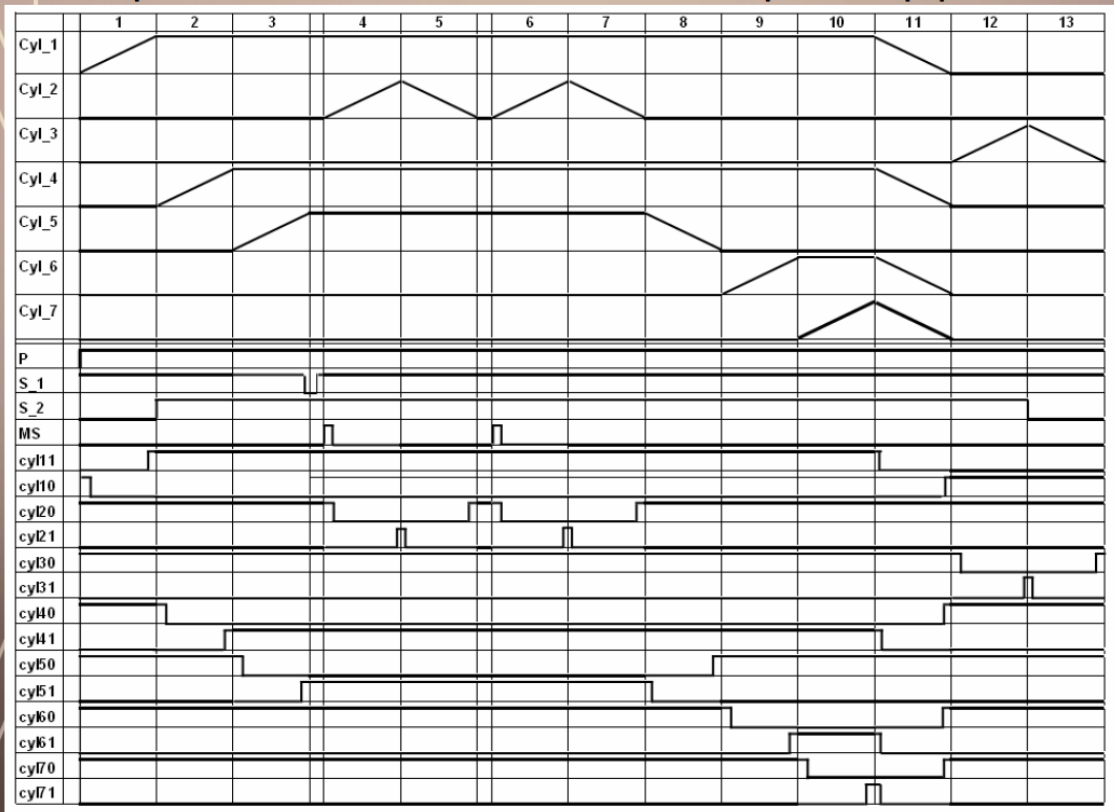
Алгоритм роботи пакувальної станції

Алгоритм роботи магазину із пустими коробками



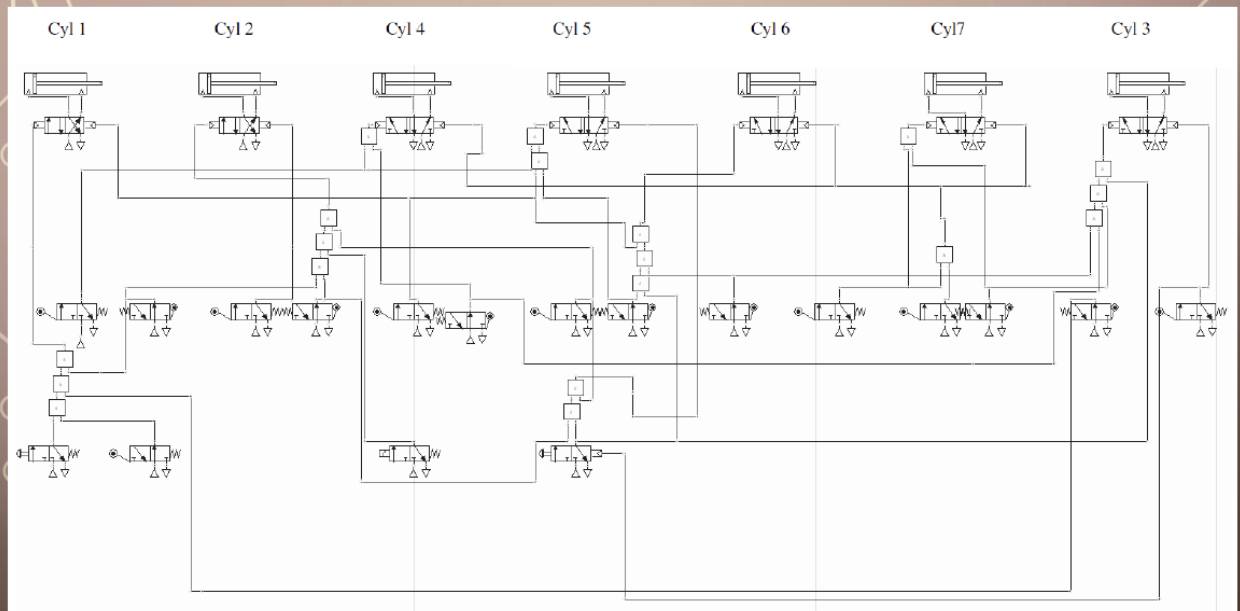
ЦИКЛОГРАМА РОБОТИ ЦИЛІНДРІВ

13



ПНЕВМАТИЧНА СХЕМА ЦИЛІНДРІВ

14



ВИСНОВКИ

15

В результаті автоматизації лінії пакування ножівкових полотен було запропоновано пневматичний підхід до вирішення поставленої задачі. Лінія автоматизованого пакування запроєктована як напіваавтоматизована, в якій оператор виконує лише загальний нагляд за ходом технологічного процесу та реагує на сигнал аварійної зупинки.

Запровадження автоматизації дозволить збільшити швидкість пакування до 350 полотен на хвилину. Вартість запроєктованої системи становить 160 918 гривень.

За результатами досліджень опубліковано наукову статтю «Автоматизація процесу пакування різального інструменту» в журналі «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» №4 2023 року, який входить до фахових журналів категорії Б зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Чорновалюк Дмитро Ігорович

Тема: Метод керування автоматизованою лінією пакування продукції

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

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень _____ Кількість сторінок записки 106

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розроблено метод керування автоматизованою лінією пакування продукції

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі було проведено огляд та аналіз продукції компанії Bahco, а також аналіз технологічного процесу пакування ножівкових полотен. В другому розділі наведено два основних підходи до облаштування автоматизованої лінії пакування ножівкових полотен. Перший підхід полягає у використанні пневматичних циліндрів для виконання процесу пакування, конвеєрів для транспортування елементів. Другий підхід передбачає використання роботизованого обладнання для проведення процесу пакування. Для обох підходів було наведено схему розташування обладнання в приміщенні, а також виокремлено основні переваги та недоліки кожної із систем. В третьому розділі було проведено підбір обладнання для автоматизованої системи керування лінією пакування ножівкових полотен. В четвертому розділі проведено дослідження роботи системи керування автоматизованою лінією пакування ножівкових полотен. В розділі розроблено блок-схеми алгоритмів для технологічного процесу пакування ножівкових полотен, а також наведено електричну схему підключення елементів автоматизованої лінії до ПЛК. Також наведено програму роботи ПЛК.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: в роботі розглядається лише пакування однієї із чотирьох моделей ножівкових полотен, які виготовляються на виробництві

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,5/В)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Соколан Юлія Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри Технології машинобудування Хмельницького національного університету

“10” 12 2023 р.

Соколан (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Чорновалюк Д.І.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курс, групи АКІТм-22-1

ЗАЯВА

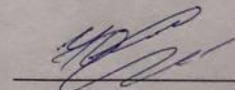
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.12.2023

дата



підпис

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 10%

ID: 121740 Назва: МКР Метод керування автоматизованою лінією пакування продукції Додано в БД: 2023-12-05 Автора: Дмитро ЧОРНОВАЛЮК Керівники: Андрій СЕЛЬСЬКИЙ Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	80994	1179	1799 (2%)	31 (3%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТіТК

ID перевірки:
1015970295

Дата перевірки:
05.12.2023 07:55:22 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
05.12.2023 08:02:25 EET

ID користувача:
100005862

Назва документа: **Чорновалюк антиплаг**

Кількість сторінок: 106 Кількість слів: 14845 Кількість символів: 114121 Розмір файлу: 2.84 MB ID файлу: 1015649385

1.85% Схожість

Найбільша схожість: 0.53% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015150700)

1.18% Джерела з Інтернету

93

Сторінка 108

1.23% Джерела з Бібліотеки

85

Сторінка 108

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнено

Посилання

1

Сторінка 108

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

1

КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод керування автоматизованою лінією пакування продукції
 Автор: Чорновалюк Дмитро Ігорович
 Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
 Науковий керівник: Сельський Андрій Анатолійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:


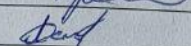

- 1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;
 - 2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;
 - 3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.
- Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 1,85% і адресується до 93 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 21.12.2023

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Валерій МАРТИНЮК

Андрій СЕЛЬСЬКИЙ