

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизована системи керування процесом перевірки якості упаковки на  
виробничій лінії

Назва теми

КвРАКІТ.2020032.01.12 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 IV курсу, група АКІТ-20-1

Підпис

Андрій СІКОМАС

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

Підпис, дата

Денис МАКАРИШКІН

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

« 19 » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та  
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

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

*А.І.Торп*  
*В.І.Роман*

«10» \_\_\_\_\_ 01 \_\_\_\_\_ 2024р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сікомас Андрій Юрійович

1 Тема роботи: Автоматизована системи керування процесом перевірки якості  
упаковки на виробничій лінії

керівник роботи Макаришкін Д.А., к.т.н, доцент

Затверджено наказом по університету від «15» лютого 2024р. №8.

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 01.06.2024р.

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

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ.  
Аналіз організації автоматизації процесу керування перевірки якості упаковки на  
виробничій лінії. Проектування автоматизованої системи керування процесом  
перевірки якості упаковки на виробничій лінії. Програмно-алгоритмічне  
забезпечення автоматизованої системи керування процесом перевірки якості  
упаковки на виробничій лінії. Висновки.

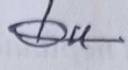
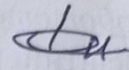
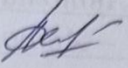
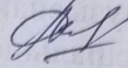
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 1.  
Технологічна схема процесу керування. 2. Структурна схема автоматизованої  
системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії. 3.  
Блок-схема алгоритму автоматизованої системи керування процесом перевірки  
якості упаковки на виробничій лінії.

Завдання отримав \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_

*Макаришкін*

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

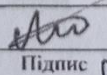
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	15.03.2024р.	Виконано
2	Аналіз організації автоматизації процесу керування перевірки якості упаковки на виробничій лінії	10.04.2024р.	Виконано
3	Проектування автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії	20.04.2024р.	Виконано
4	Програмно-алгоритмічне забезпечення автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії	10.05.2024р.	Виконано
5	Висновки	20.05.2024р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи	25.05.2024р.	Виконано
7	Оформлення креслень, презентаційних матеріалів	01.06.2024р.	Виконано

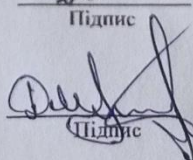
Студент

  
Підпис

Андрій СІКОМАС

Ім'я, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Денис МАКАРИШКІН

Ім'я, прізвище

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії».

Автор роботи: Сікомас Андрій Юрійович.

Керівник роботи: Макаришкін Денис Анатолійович.

Пояснювальна записка: 78 с., 36 рис., 3 табл., 40 джерел.

Графічна частина: 18 презентаційних слайдів.

СИСТЕМА ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ПРОДУКТУ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ, ПЛК, НМІ, MES, ПРОМИСЛОВА КАМЕРА, АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ, ETHERNET/IP, OPC UA.

Метою роботи є розробка та реалізація автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на реальній виробничій лінії.

Ця дипломна робота присвячена створенню та інтеграції системи контролю якості упаковки на виробничій лінії підприємства Nestlé Slovensko s.r.o. На початку розглядається значення якості упаковки та її ключова роль у виробничому процесі. Основна мета роботи – розробка перспективної системи контролю якості упаковки, яка використовує сучасні технології та має зручний інтерфейс. Розробка включає апаратні та програмні компоненти: датчики, виконавчі механізми, камеру для перевірки упаковки, ПЛК, НМІ і MES. Алгоритм управління системою був ретельно розроблений і реалізований в ПЛК. ПЛК керує процесом контролю якості упаковки, а екран НМІ забезпечує моніторинг та контроль системи. Після проектування та впровадження система була розгорнута на реальній виробничій лінії заводу Nestlé Slovensko s.r.o. Це дозволило оцінити її ефективність та функціональність у реальних умовах.

01.06.2024

дата



Підпис

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	4
ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ УПАКОВКИ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ.....	7
1.1. Програмований логічний контролер (ПЛК).....	7
1.1.1. Основні характкристики ПЛК.....	7
1.1.2. Внутрішня структура ПЛК.....	8
1.1.3. Програмний цикл ПЛК.....	9
1.1.4. Мови програмування.....	11
1.2. Людино-машинний інтерфейс (НМІ).....	14
1.2.1. Характеристика НМІ.....	15
1.3. Manufacturing Execution System (MES) .....	16
1.4. Постановка задачі на проектування автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії.....	18
1.5. Висновки до першого розділу.....	20
2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ УПАКОВКИ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ.....	21
2.1. Розробка структурної схеми автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії .....	21
2.2. Вибір технічних засобів автоматизації автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії.....	23
2.2.1. Вибір ПЛК.....	23
2.2.2. Вибір програми для створення НМІ.....	31
2.2.3. Вибір промислової камери.....	33
2.3. Висновки до другого розділу.....	41

КВРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
					Автоматизована системи керування			
Розробив		Сікомас А.Ю.		19.06.24	процесом перевірки якості упаковки на		2	67
Перевірив		Макаришкін Д.А.		19.06.24	виробничій лінії			
Р. контр.		Корецька Л.О.		19.06.24	Пояснювальна записка			
Затв.		Мартинюк В.В.		19.06.24				

ХНУ, гр. АКІТ-20-1

3 ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ УПАКОВКИ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ .....	43
3.1.Розробка алгоритму керування автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії .....	43
3.2.Встановлення обладнання на виробничій лінії на фабриці Nestlé Slovensko s.r.o .....	58
3.3.Розробка та реалізація НМІ для керованого дискретного процесу.....	59
3.4. Висновки до третього розділу.....	62
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	67
ДОДАТКИ.....	71

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

CIP – Common Industrial Protocol

EDS – Electronic Data Sheet

EtherNet/IP – EtherNet/Industrial Protocol

FBD – Function Block Diagram

HMI – Human-Machine interface

LD – Ladder Diagram

MAC – Media Access Control

MES – Manufacturing execution system

OPC UA – Open Platform Communications Unified Architecture

OSI – Open Systems Interconnection

TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol

AB – Allen-Bradley

АК – алгоритм керування

АСКППЯУВЛ – автоматизована системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії

I/O – ввід/вивід

ПАСУ – інформаційна інтегрована автоматизована система управління

КС – конвеєрна стрічка

ОК – об'єкт керування

ОД – оптичний датчик

ПЛК – програмований логічний контролер

СКС – спеціалізована комп'ютерна система

ТП – технологічний процес

ТС – технологічна схема

ЦП – центральний процесор

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		4

## ВСТУП

Сьогодні забезпечення (контроль) точності пакування та термінів придатності є важливим початковим кроком у запобіганні помилок на пакуванні, тому що цей процес має важливе значення для запобігання потраплянню алергенів у неалергенну упаковку, що може мати серйозні наслідки для споживачів, враховуючи це, згідно з нормами EN 1169/2011, термін придатності повинен бути чітко вказаний на упаковці, щоб уникнути таких проблем, як скарги споживачів, як це було в минулих інцидентах, пов'язаних з Nestlé Slovensko s.r.o.

Таким чином, вдосконалення систем перевірки упаковки (АСКППЯУВЛ) та терміну придатності є життєво важливим для харчової промисловості, тому ці АСКППЯУВЛ не тільки підвищують ефективність виробництва та якість продукції, але й зменшують кількість відходів та забезпечують безпеку споживачів.

Основною метою цього проекту є створення АСКППЯУВЛ з використанням передових технологій та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом користувача. Початковий етап включав дослідження теорії, необхідної для розробки функціональної системи контролю якості упаковки (АСКППЯУВЛ). Згодом було розроблено програмно-апаратне рішення для системи контролю (АСКППЯУВЛ), що включає датчики і камеру для оцінки упаковки, а також ПЛК АСКППЯУВЛ і систему НМІ АСКППЯУВЛ для обробки і візуалізації даних. Крім того, був розроблений зручний інтерфейс, який був інтегрований за допомогою додатку Aveva InTouch для полегшення роботи та моніторингу з боку операторів. Таким чином, ця дипломна робота буде зосереджена на розробці та впровадженні АСКППЯУВЛ на підприємстві Nestlé Slovensko s.r.o. Контроль якості упаковки на виробничій лінії має важливе значення для дотримання стандартів продукції та захисту добробуту споживачів. Через унікальні характеристики кожної виробничої лінії та різноманітні програмні рішення, що використовуються на різних фабриках, універсальна система контролю якості

					КЪРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		5

упаковки (АСКППЯУВЛ) не є легкодоступною для придбання. Оскільки, в цілому, готової системи для контролю якості упаковки, яку можна було б купити, встановити і одразу почати використовувати, на ринку не існує, розробка та впровадження такої системи потребує індивідуального підходу. Створення АСКППЯУВЛ має здійснюватися спеціалізованою фірмою, яка займається розробкою та впровадженням подібних рішень.

На завершальному етапі проекту АСКППЯУВЛ була проведена оцінка ефективності (доцільності) впровадженої системи. Результати показали, що запропоноване рішення ефективно усунуло недоліки існуючої системи контролю якості упаковки (АСКППЯУВЛ), а користувальницький інтерфейс АСКППЯУВЛ виявився зручним для операторів. Впровадження цієї АСКППЯУВЛ має потенціал для підвищення якості та безпеки продукції, що виробляється на виробничій лінії Nestlé Slovensko s.r.o.

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		6

# 1. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ УПАКОВКИ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ

## 1.1. Програмований логічний контролер (ПЛК)

Для успішної реалізації проекту (створення та розробка АСКППЯУВЛ) необхідне глибоке розуміння функціональних можливостей програмованого логічного контролера (ПЛК) АСКППЯУВЛ, людино-машинного інтерфейсу (НМІ) АСКППЯУВЛ і Manufacturing Execution System (MES) АСКППЯУВЛ. Ці три компоненти мають ключове значення для впровадження системи інспекції упаковки на виробничій лінії Nestlé Slovensko s.r.o.

ПЛК АСКППЯУВЛ – це спеціалізований інструмент, який використовується для вирішення складних завдань управління (керування) в автоматизованих системах. На відміну від традиційних комп'ютерів, ПЛК АСКППЯУВЛ представляють собою СКС, який легко програмується користувачем і пропонує унікальні функціональні можливості, пристосовані для використання в умовах промислової автоматизації [1].

### 1.1.1. Основні характеристики ПЛК

Використання ПЛК АСКППЯУВЛ в промислових умовах пропонує ряд особливостей, які роблять їх важливими інструментами для застосування в різних галузях промисловості. Ці особливості включають:

- Адаптивність як апаратного, так і програмного забезпечення АСКППЯУВЛ, що забезпечує легкість налаштування для різних застосувань.
- Системи ПЛК АСКППЯУВЛ відомі своєю надійністю та відмовостійкістю, що дозволяє їм безперебійно працювати в складних промислових умовах.

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		7

– Обслуговування систем ПЛК АСКППЯУВЛ спрощується завдяки стандартизованим інструментам і можливостям діагностики, що ще більше підвищує їхню корисність у промислових умовах.

– Системи ПЛК АСКППЯУВЛ пропонують гнучкість і можливість переробки, що робить їх легко розширюваними і придатними для повторного використання в різних сферах застосування.

– Забезпечують підтримку пристроїв вводу/виводу АСКППЯУВЛ, ефективно обробляючи стандартні та уніфіковані сигнали.

Компактність або модульність систем ПЛК АСКППЯУВЛ дозволяє налаштовувати їх відповідно до конкретних вимог застосування, причому варіанти варіюються від невеликих ПЛК АСКППЯУВЛ для управління (керування) окремими машинами до великих ПЛК АСКППЯУВЛ для складних і високошвидкісних додатків [1].

### 1.1.2. Внутрішня структура ПЛК

ПЛК АСКППЯУВЛ – це складний пристрій, що складається з декількох компонентів, які працюють в тандемі для виконання певних функцій в промислових умовах. В основі ПЛК АСКППЯУВЛ лежить центральний процесор (ЦП), який контролює всю роботу.

Різні модулі вводу/виводу (І/О) АСКППЯУВЛ підключаються до центрального процесора для збору даних із зовнішнього середовища і регулювання керованої системи, ці модулі АСКППЯУВЛ бувають різних типів і можуть обробляти як стандартні, так і спеціалізовані сигнали в АСКППЯУВЛ, а також комунікаційні модулі інтегровані в ПЛК АСКППЯУВЛ для полегшення зв'язку з іншими системами в ПАСУ.

Операційна система ПЛК АСКППЯУВЛ нерозривно пов'язана з ЦП для забезпечення безперебійної роботи, крім того, ПЛК АСКППЯУВЛ містить оперативну пам'ять (ОЗП) для зберігання користувацьких програм (програм

керування) і даних, а у разі відключення електроенергії ОЗП ПЛК АСКППЯУВЛ, ці дані можуть бути збережені за допомогою акумуляторної батареї або флеш-пам'яті.

При модульній конструкції ПЛК АСКППЯУВЛ, окремі модулі розміщуються в його корпусі - стійці, яка може бути налаштована або відповідає стандартним специфікаціям DIN-рейки, крім того, ПЛК АСКППЯУВЛ оснащений блоком живлення, який гарантує, що пристрій отримує необхідну потужність для ефективного функціонування [1].

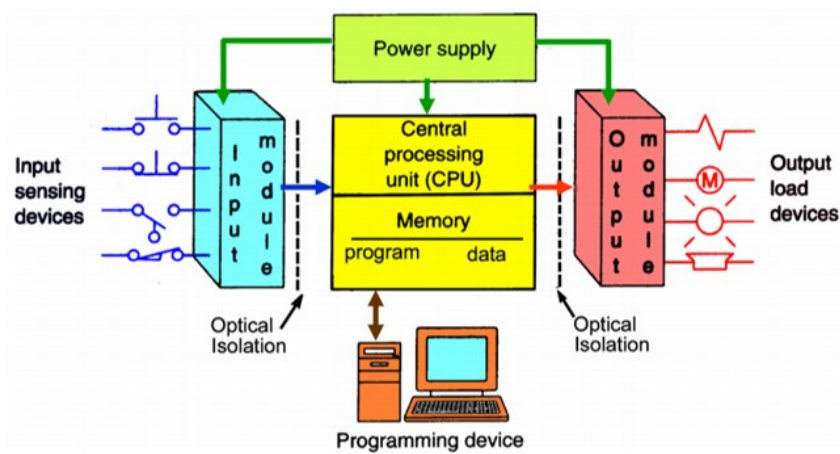


Рисунок 1.1 – Структурна схема внутрішньої будови ПЛК

### 1.1.3. Програмний цикл ПЛК

В даний час ПЛК АСКППЯУВЛ керують вхідними і вихідними сигналами, використовуючи концепцію «образу процесу», де входи і виходи зберігаються в певній області пам'яті. Програма користувача взаємодіє з цією областю пам'яті, а не безпосередньо з окремими модулями вводу/виводу. Образ процесу оновлюється під час послідовності операцій, відомих як процесорний цикл.

Під час кожного циклу роботи процесора мікропрограма ПЛК АСКППЯУВЛ спочатку завантажує представлення вхідних сигналів у вхідну частину зображення процесу. Потім користувацька програма оцінює стан входів, використовуючи це зображення. Якщо входи змінюються, програма користувача

реагує на це, оновлюючи вихідну частину зображення процесу. Ці зміни на виході потім передаються до реальних модулів виводу, що призводить до оновлення виходів.

Якщо необхідний зв'язок з пристроєм візуалізації процесу, він здійснюється в наступній фазі циклу. На заключній фазі оновлюються системні змінні, таймери і змінні стану для підготовки до наступного циклу. Цей цикл повторюється безперервно у швидкому темпі за нормальних обставин.

Час, необхідний процесору для завершення одного робочого циклу, називається часом циклу, який зазвичай становить від десятків до сотень мілісекунд у більшості застосувань. На час циклу впливають такі фактори, як кількість операцій вводу/виводу, складність (розмір) програми та інші змінні [1].

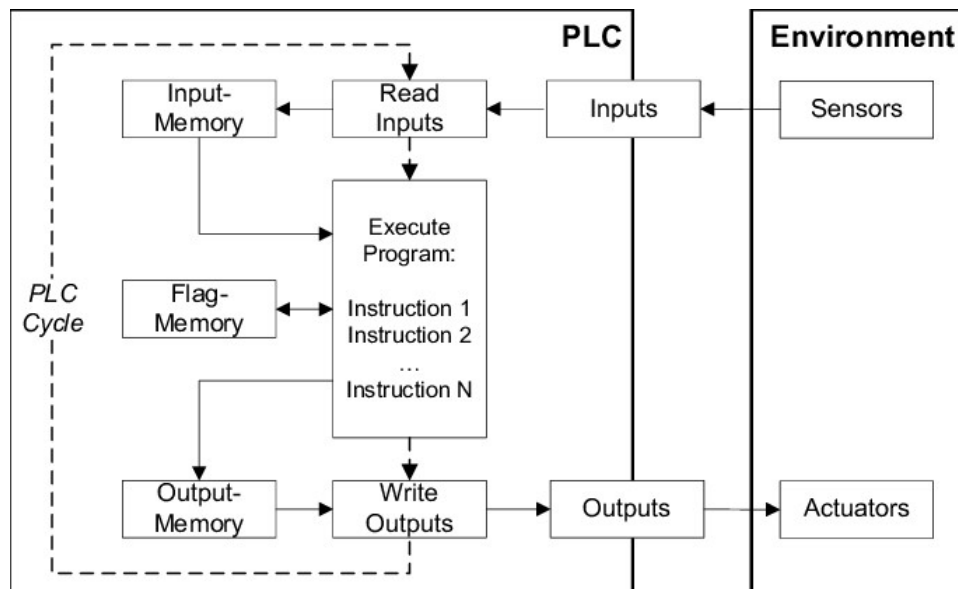


Рисунок 1.2 – Блок-схема програмного циклу

Використання зображень процесів у промислових системах керування має дві основні переваги.

По-перше, програма може потребувати багаторазової перевірки стану певних входів протягом одного циклу. Виконання цих перевірок безпосередньо через центральний процесор через системну шину до кожного окремого вхідного модуля і відповідної сигнальної клеми забирало б багато часу. Щоб вирішити цю

проблему, стани сигналів часто передаються масово на початку циклу. Згодом ці сигнали можуть бути протестовані в зображенні процесу за допомогою програмного забезпечення. Цей метод може значно скоротити тривалість робочого циклу. Крім того, виробники зазвичай пропонують прямий доступ до периферійних схем, що дозволяє швидко тестувати конкретні сигнали, коли це необхідно.

По-друге, використання зображення процесу забезпечує послідовний знімок вхідних сигналів протягом усього програмного циклу. Ця сталість може спростити програмування користувацьких додатків, оскільки вхідні дані залишаються незмінними і передбачуваними протягом циклу, що сприяє більш простій і надійній розробці програмного забезпечення [1].

#### 1.1.4. Мови програмування

При використанні програмованих логічних контролерів (ПЛК) АСКППЯУВЛ дуже важливо розробляти і впроваджувати концепції, адаптовані до конкретного застосування. Для того, щоб досягти цього, важливо отримати більш глибоке розуміння програмування ПЛК АСКППЯУВЛ та його тонкощів [2].

Програма ПЛК АСКППЯУВЛ – це, по суті, набір інструкцій, представлених у текстовій або графічній формі, які відображають логіку, що керує процесом, керованим ПЛК АСКППЯУВЛ. Відповідно до стандарту IEC 61131-3, існує дві основні класифікації мов програмування ПЛК АСКППЯУВЛ, кожна з яких поділяється на різні типи [20].

До категорії текстових мов належать перелік інструкцій (IL) і структурований текст (ST), а до категорії графічних мов - блок-схеми або логічна схема (LD), функціональна блок-схема (FBD) і послідовна функціональна схема (SFC) [2].

Таким чином, знання мов програмування ПЛК АСКППЯУВЛ і вибір найбільш підходящої для конкретного застосування має вирішальне значення для

ефективного управління (керування) процесами за допомогою ПЛК АСКППЯУВЛ. Розуміючи нюанси цих мов, можна оптимізувати продуктивність і ефективність систем ПЛК АСКППЯУВЛ в різних промислових умовах.

Нижче наведено опис трьох найбільш часто використовуваних мов:

1) Серед цих мов блок-схеми або логіка сходів є, мабуть, найпоширенішою і найпростішою формою програмування ПЛК АСКППЯУВЛ. Ця мова, яку часто називають «релейною логікою», представляє контакти реле, що використовуються в системах з релейним керуванням. Використання логіки сходів проілюстровано в базовому прикладі, показаному на рисунку 1.3 [2].

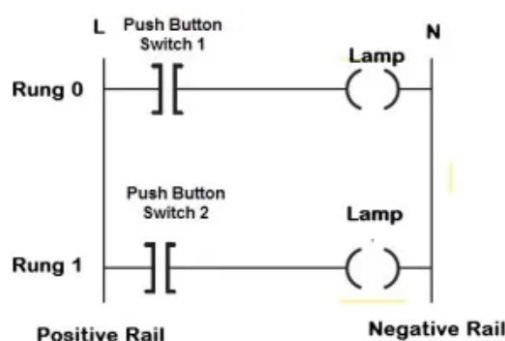


Рисунок 1.3 – LD

У наведеному вище рисунку 1.3 дві кнопки використовуються для керування (управління) одним і тим самим навантаженням лампи. Коли обидва перемикачі замкнуті, лампа світиться.

Дві горизонтальні лінії називаються проводами, а вертикальні - шинами. Кожна перекладина утворює електричне з'єднання між позитивною шиною (P) і негативною шиною (N). Шини з'єднують позитивну і негативну сторони, дозволяючи електриці протікати між кнопками і лампою [2].

2) FBD, простий і наочний метод реалізації численних функцій в програмованому логічному контролері, був описаний компанією PLCOpen в стандарті IEC 61131-3. Функціональний блок, зображений у вигляді прямокутного блоку з входами зліва і вихідними лініями справа, слугує одиницею програмної інструкції, яка при виконанні дає одне або декілька вихідних значень. Цей блок ефективно ілюструє зв'язок між вхідними та вихідними станами [2].

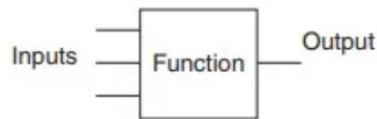


Рисунок 1.4 – Функціональний блок

Корисність використання функціональних блок-схем полягає в тому, що вони дозволяють розмістити численні входи і виходи в межах функціонального модуля. З'єднуючи ці входи і виходи між собою, створюється складна павутина функціональності, як показано на рисунку 1.5 [2].

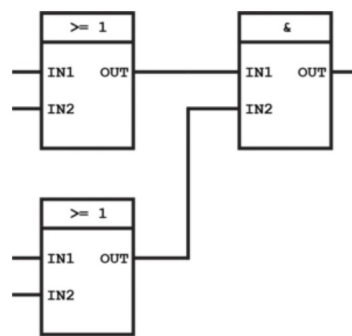


Рисунок 1.5 – Функціональна блок-схема

3) Структурований текст, показаний на рисунку 1.6, є мовою програмування, яка використовує команди для вказівки дій. Вона дотримується традиційних стандартів програмування і не враховує регістр літер. Логіка програми формується шляхом визначення призначень і зв'язків за допомогою різних операторів [2].

```

IF Start THEN
    Start:=FALSE; //Remove Start Latch
    WHILE Initialised = FALSE DO
        System_Prime:=TRUE; //Set Output On For System Primer
    END_WHILE
    System_Prime:=FALSE; //Turn Off Output For System Primer Once Initialised
END_IF

```

Рисунок 1.6 – Структурований текст

## 1.2. Людино-машинний інтерфейс (НМІ)

Системи НМІ АСКПІЯУВЛ – це спеціальні комп'ютерні програми, які допомагають людям бачити і контролювати роботу машин. Вони використовують малюнки та символи, щоб показати, що відбувається на заводі чи в іншому місці, де виробляються речі. Це полегшує людям нагляд за машинами і допомагає переконатися, що все працює безперебійно.

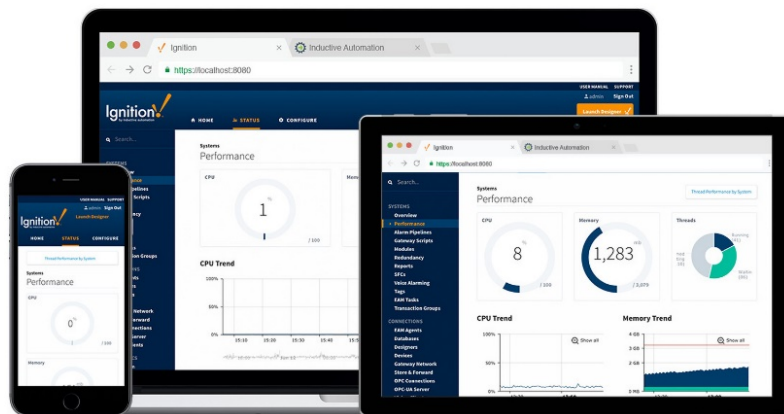


Рисунок 1.7 – Приклад НМІ АСКПІЯУВЛ

Системи НМІ АСКПІЯУВЛ відіграють вирішальну роль (значення) у візуалізації та дистанційному моніторингу (контролі) широкого спектру технологічних процесів (механізмів). Це фундаментальне графічне програмне забезпечення є універсальним і може використовуватися для розробки додатків практично для будь-якого процесу (технології) промислової автоматизації. Системи НМІ АСКПІЯУВЛ дозволяють користувачам легко створювати візуальні зображення виробничих технологій (процесів) на екрані комп'ютера, забезпечуючи оновлення інформації про стан технології в режимі реального часу. Ці системи оснащені сучасними графічними редакторами, які дозволяють користувачам створювати та анімувати різні графічні елементи, підвищуючи реалістичність відображення. Ці графічні об'єкти також можуть функціонувати як інтерактивні елементи керування, дозволяючи користувачам безпосередньо

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

маніпулювати (керувати) різними аспектами виробничого процесу. Системи НМІ АСКППЯУВЛ широко використовуються в різних галузях (сферах) промисловості [3].

Системи НМІ АСКППЯУВЛ використовуються в широкому спектрі галузей (сфер) промисловості, включаючи виробництво заліза, виробництво електроенергії, хімічне виробництво і навіть експериментальні операції (процеси), такі як розщеплення атомів. Ці системи здатні керувати тисячами і десятками тисяч віртуальних операцій (процесів). Розвиток технології НМІ АСКППЯУВЛ призвів до розробки систем з сотнями тисяч входів і виходів (входів/виходів), а деякі проекти, які зараз реалізуються, націлені на майже мільйон входів/виходів [4].

#### 1.2.1. Характеристика НМІ

Перетин між технологією і людиною, відомий як людино-машинний інтерфейс (НМІ) АСКППЯУВЛ, може приймати різні форми, такі як проста кнопка на портативному пристрої або складна приладова панель в кабіні літака. Однак практична реалізація НМІ АСКППЯУВЛ є багатогранним завданням, яке передбачає вибір правильних мультимедійних ресурсів, програмного забезпечення, а також забезпечення надійності та безпеки технологічного процесу [4].

По суті, кожна програма НМІ АСКППЯУВЛ має на меті представити дані у двох основних форматах: візуалізація процесу та оглядові таблиці. Ефективно поєднуючи ці елементи, системи НМІ АСКППЯУВЛ дають користувачам можливість приймати обґрунтовані рішення, оптимізувати процеси і забезпечувати безперебійну роботу в різних середовищах. У сучасних системах НМІ АСКППЯУВЛ основна увага приділяється поліпшенню роботи користувача шляхом надання інструментів (об'єктів) для візуалізації і навігації по контрольованому процесу, відображення даних в реальному часі і історичних

даних для моніторингу та аналізу продуктивності процесу, забезпечення контролю і втручання в процес, полегшення зв'язку з різними пристроями і системами, а також підтримки діагностики і технічного обслуговування. Кінцевою метою є підвищення ефективності (продуктивності), точності та безпеки в різних галузях промисловості.

Екран НМІ АСКПЛЯУВЛ оснащений різноманітними елементами, які поділяються на статичні та динамічні об'єкти. Для привернення уваги до динамічних об'єктів можна використовувати анімацію.

Статичні об'єкти слугують фіксованими компонентами екрану для надання інформації та ілюстрації взаємозв'язків між елементами. Вони складаються з описів, міток, символів і сіток трендів для полегшення навігації.

Динамічні об'єкти, з іншого боку, є анімованими елементами, які візуально відображають поточний стан процесу і оновлюються даними в режимі реального часу. Ці елементи, такі як кнопки, лічильники, графіки та звіти, відіграють вирішальну роль у взаємодії користувача (оператора) з процесом.

### 1.3. Manufacturing Execution System (MES)

MES (рисунок 1.8) – це програмне забезпечення, яке використовується для управління (керування) виробничими процесами (технологіями) в режимі реального часу. Системи MES АСКПЛЯУВЛ допомагають виробничим компаніям вдосконалювати свої виробничі процеси (технології), підвищуючи їх ефективність та продуктивність [6]. Основні можливості таких систем включають:

1. Планування та відстеження виробництва – дає змогу виробничим компаніям планувати виробництво та контролювати його хід. Це сприяє оптимізації виробничих процесів (технологій) та зменшенню втрат часу і коштів.

2. Управління (керування) матеріалами – забезпечує можливість відстеження руху матеріалів у виробничому процесі (технології). Це дозволяє компаніям

оптимізувати запаси та мінімізувати втрати матеріалів, підвищуючи загальну ефективність виробництва.

3. Управління (керування) якістю – надає інструменти для контролю якості виробничих процесів і продукції. Завдяки цьому компанії можуть оперативно виявляти та вирішувати проблеми, забезпечуючи високий рівень якості кінцевого продукту.

4. Управління (керування) процесами – дозволяє компаніям керувати та оптимізувати свої виробничі процеси (технології). Це сприяє досягненню більшої ефективності та продуктивності, дозволяючи виробництву працювати більш гладко та злагоджено.

5. Відстеження продуктивності – надає можливість моніторити продуктивність (ефективність) виробничих процесів (технологій). Це допомагає виявляти області для покращення і забезпечувати досягнення кращих результатів у діяльності компанії [7].

Таким чином, MES-системи АСКПІЯУВЛ є ключовим інструментом для виробничих підприємств, що прагнуть досягти високих стандартів ефективності, якості та продуктивності у своїй роботі.

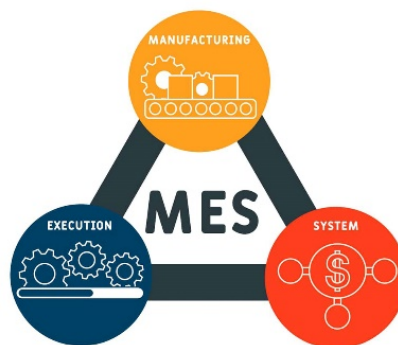


Рисунок 1.8 – Manufacturing Execution System

Системи управління (керування) виробництвом (MES) АСКПІЯУВЛ мають можливість працювати в режимі реального часу, надаючи виробничим компаніям можливість миттєво відстежувати виробничі зміни та процеси (технології). Це дозволяє компаніям швидко вирішувати будь-які збої або проблеми, що можуть виникнути, і мінімізувати їхній вплив на виробництво. Інтеграція систем MES

АСКППЯУВЛ з такими технологіями, як Інтернет речей і штучний інтелект, дає ще більше розуміння виробничих процесів, розширюючи можливості управління (керування). Як важливий компонент Індустрії 4.0, MES-системи АСКППЯУВЛ сприяють високому рівню автоматизації та підвищенню продуктивності виробничих компаній (фабрик). Впровадження MES-системи АСКППЯУВЛ дозволяє компаніям краще контролювати виробничі процеси (технології) та підвищувати ефективність (продуктивність) виробництва [8].

1.4. Постановка задачі на проектування автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії

Об'єктом керування (ОК) є виробнича лінія, на якій виробляються кубики бульйонів. Технологічна схема цієї лінії включає наступні основні компоненти (складники): фасувальну машину, каплеструйний принтер, конвеєрну стрічку (КС) та пакування. Завданням є розробити систему, яка буде контролювати правильність (відповідність) упаковки та терміну придатності, нанесений принтером. За потреби, видаляти (вилучати) неякісний (невідповідний) виріб з КС ще перед пакуванням, аби забезпечити 100% правильність (якість) виробу при пакуванні. Загальний вигляд ОК показано на рисунку 1.9.

Таким чином, потрібно зпроектувати та розробити АСКППЯУВЛ на КС за каплеструйним принтером та вилучення неякісної (дефектної) продукції повинно здійснюватися ще перед пакуванням. Для цього потрібно додати такі основні компоненти (складові), як: датчик, ПЛК, НМІ, MES та клапан.

Датчики прибуття товару фіксують момент надходження продукту до зони контролю (перевірки). Після цього камера робить знімок продукту для аналізу. ПЛК АСКППЯУВЛ обробляє дані від камери та датчиків, звіряє (порівнює) інформацію з MES АСКППЯУВЛ. MES АСКППЯУВЛ зберігає та надає необхідну інформацію для звірки, зокрема номер матеріалу, термін придатності, код партії. Інтерфейс введення/виведення на НМІ АСКППЯУВЛ дозволяє вручну

вводити дані та видавати команди на активацію механізмів. Клапан з стисненим повітрям використовується для видалення дефектного продукту з лінії.

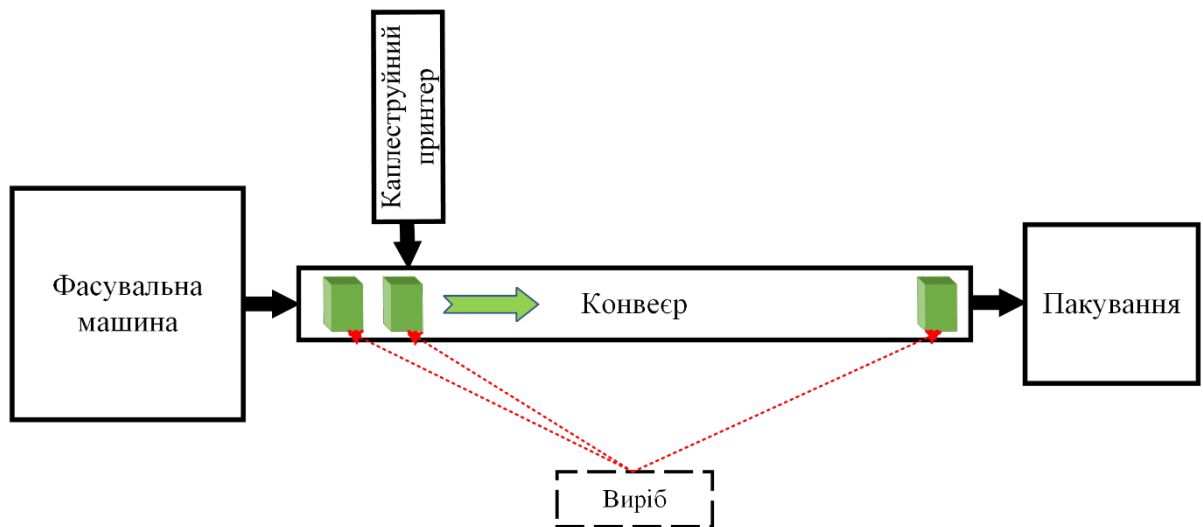


Рисунок 1.9 – Технологічна схема (ОК)

Алгоритм функціонування (роботи) АСКПЛЯУВЛ складається з кількох етапів. Спочатку датчик прибуття фіксує надходження продукту до зони контролю (перевірки), сигнал з датчика передається на ПЛК АСКПЛЯУВЛ для подальшої обробки. Після отримання сигналу від датчика ПЛК АСКПЛЯУВЛ активує камеру, яка робить знімок продукту, на якому зафіксовано QR-код, термін придатності та код партії.

Камера розшифрує ці дані з упаковки та передає їх до ПЛК АСКПЛЯУВЛ. Далі ПЛК АСКПЛЯУВЛ, звіряє отримані дані з даними про продукт, збереженими в MES АСКПЛЯУВЛ, для підтвердження правильності упаковки. У разі необхідності, оператор може вручну ввести або виправити дані через інтерфейс введення/виведення НМІ АСКПЛЯУВЛ.

ПЛК АСКПЛЯУВЛ аналізує результати звірки (контролю). Якщо виявлено розбіжності (невідповідність) між отриманими та збереженими даними, ПЛК АСКПЛЯУВЛ подає сигнал на активацію механізму вилучення дефектного продукту з виробничого конвеєру. Сигнал з ПЛК АСКПЛЯУВЛ активує клапан,

до якого приведене стиснене повітря, який вилучає дефектний продукт з КС на виробничій лінії, забезпечуючи, що на виході буде тільки правильно упакований продукт.

Основна мета АСКПЛЯУВЛ – запобігти помилкам при пакуванні, гарантуючи, що кожен продукт поміщений в правильну (відповідну) упаковку. На виході система повинна забезпечити 100% точність відповідності продукту і його упаковки, гарантувати, що тільки правильні продукти будуть передані на подальші етапи виробничого процесу.

#### 1.4. Висновки до першого розділу

Реалізація АСКПЛЯУВЛ в Nestlé Slovensko s.r.o. передбачає розуміння функціональних можливостей ПЛК АСКПЛЯУВЛ, НМІ АСКПЛЯУВЛ та MES АСКПЛЯУВЛ. Кожна з цих частин важлива для забезпечення належної роботи машини і допомагає переконатися, що продукція упакована правильно.

Наявність системи, яка автоматично перевіряє (контролює) пакування, дуже важлива для забезпечення високої якості продукції та безперебійного виробничого процесу. Використовуючи датчики, індустріальну камеру, ПЛК АСКПЛЯУВЛ і MES АСКПЛЯУВЛ, машина може знаходити і вилучати будь-які невідповідні продукти. Це підвищує задоволення (безпеку) кінцевих споживачів і знижує витрати, пов'язані з браком та поверненням продукції. Машина також стежить за тим, щоб на наступний етап виробництва надходили лише правильні вироби.

Таким чином, успішна АСКПЛЯУВЛ в Nestlé Slovensko s.r.o. залежить від комплексного використання можливостей ПЛК АСКПЛЯУВЛ, НМІ АСКПЛЯУВЛ та MES АСКПЛЯУВЛ. Ці системи в сукупності забезпечують високу точність, ефективність та надійність процесу контролю, що є ключовими факторами для досягнення високих стандартів якості та продуктивності у виробництві.

					КЪРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		20

## 2. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ УПАКОВКИ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ

2.1 Розробка структурної схеми автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії

Структурна схема АСКППЯУВЛ продукції на заводі побудована наступним чином за такоє реалізацією (Рисунок 2.1):

1. ПЛК АСКППЯУВЛ: це основний компонент (елемент) виробничих систем. ПЛК АСКППЯУВЛ буде відповідати за контроль (перевірку), оцінку неякісного пакування та координацію (комунікацію) всіх пристроїв у системі.

2. Індустріальна камера АСКППЯУВЛ: буде використовуватися для виявлення та декодування цифр та QR-коду. Камера буде підключена до ПЛК АСКППЯУВЛ за допомогою EtherNet/IP комунікації.

3. Оптичний датчик: буде використовуватися для виявлення наявності продукту в потрібному місці (зоні) та ініціалізацію роботи камери. Датчик підключений до ПЛК АСКППЯУВЛ через інтерфейс вводу/виводу.

4. Пневматичний клапан: буде використовуватися для автоматичного видування (вилучення) неякісних продуктів у контейнер. Він також буде підключений до ПЛК АСКППЯУВЛ через інтерфейс вводу/виводу, де ПЛК АСКППЯУВЛ буде оцінювати, чи потрібно його відкривати (активувати) і у якому проміжку часу.

5. MES АСКППЯУВЛ: він буде надсилати правильні (актуальні) дані про продукт, який виробляється на виробничій лінії. Він буде підключений до ПЛК АСКППЯУВЛ за допомогою протоколу OPC UA.

6. Aveva InTouch НМІ АСКППЯУВЛ: буде використовуватися для відображення та контролю виробничого процесу для користувачів (операторів). Він буде підключений до ПЛК АСКППЯУВЛ за допомогою EtherNet/IP.

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		21

Вся система буде контролюватися ПЛК АСКППЯУВЛ, який буде комунікувати (координувати) з іншими пристроями та системами за допомогою EtherNet/IP та OPC UA комунікацій (протоколів), отримуючи та надсилаючи сигнали через інтерфейс вводу/виводу. Камера буде використовуватися для декодування терміну придатності та QR-коду, потім ПЛК АСКППЯУВЛ буде використовувати це, щоб оцінити (визначити), чи все правильно, якщо ні, він надішле сигнал на клапан, який пневматично виведе цей продукт з конвеєру. MES АСКППЯУВЛ буде відповідати за актуальні дані про продукт, на основі цих даних система оцінить (перевірить), який продукт є неякісним (дефектним), і комунікує з ПЛК АСКППЯУВЛ за допомогою протоколу OPC UA. HMI АСКППЯУВЛ буде використовуватися для відображення та управління (керування) виробничим процесом для операторів.

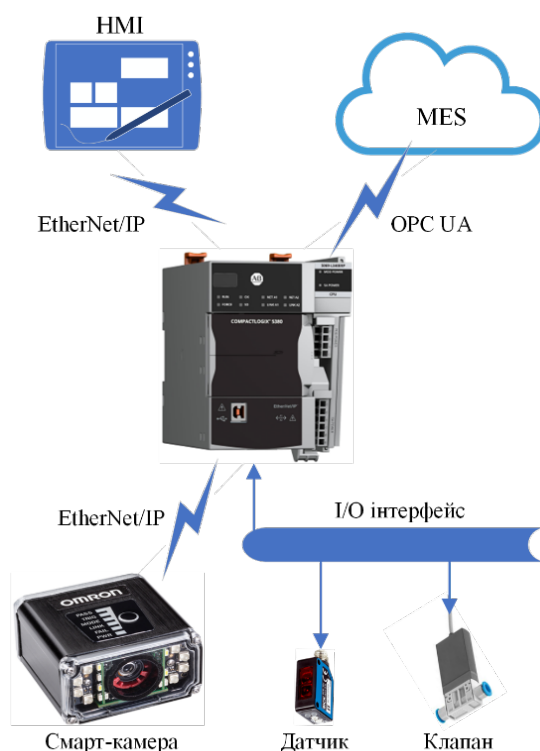


Рисунок 2.1 – Структурна схема АСКППЯУВЛ

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

## 2.2. Вибір технічних засобів автоматизації автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії

Для того, щоб інтегрувати АСКППЯУВЛ, необхідно створити відповідну конфігурацію системи управління (керування), яка включає ПЛК АСКППЯУВЛ, датчики, індустріальну (промислову) камеру, виконавчі механізми, засоби зв'язку та зручний інтерфейс.

### 2.2.1 Вибір ПЛК

Основні виробники ПЛК:

#### 1. Siemens

Siemens є одним із найвідоміших виробників у сфері (галузі) автоматизації та ПЛК. Вони пропонують серію контролерів SIMATIC, які задовольняють різні вимоги (завдання) до продуктивності. Назва SIMATIC розшифровується як Siemens Automatic, що підкреслює їхню роль в автоматизації та виробництві. ПЛК SIMATIC мають багато відмінних стандартних функцій, включаючи просте підключення Ethernet TCP/IP та зв'язок Profinet IO. Profibus також включений або може бути легко доданий за допомогою модуля.

#### 2. Allen-Bradley (AB)

Компанія Rockwell Automation, виробник ПЛК АВ, є одним з найбільших та найвідоміших у США. АВ пропонує контролери для проектів різного масштабу (функціональності). Їхні великі системи управління (керування) називаються програмованими контролерами автоматизації (РАС) і призначені для повних проектів (завдань) автоматизації. Мережа таких контролерів може керувати цілим заводом при належному (відповідному) проектуванні та плануванні, завдяки використанню контролерів ControlLogix, GuardPLC для систем безпеки та програмного пакету SoftLogix. Для менших застосувань АВ пропонує системи MicroLogix, SLC500 та CompactLogix, які є надзвичайно потужними для будь-якої

					КВРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		23

галузі (завдання). Програмне забезпечення для цих систем включає RSLogix 5000 та новішу версію Studio 5000, що є потужними інструментами для автоматизації.



Рисунок 2.2 – Найбільші виробники ПЛК та світова частка виробників ПЛК за 2018 рік

На підприємстві Nestlé Slovensko s.r.o. в основному використовуються ПЛК АВ компанії Rockwell Automation, що зумовлює необхідність побудови (реалізації) системи з використанням ПЛК АВ. Компанія АВ пропонує три різні різновиди ПЛК: MicroLogix, CompactLogix та ControlLogix.

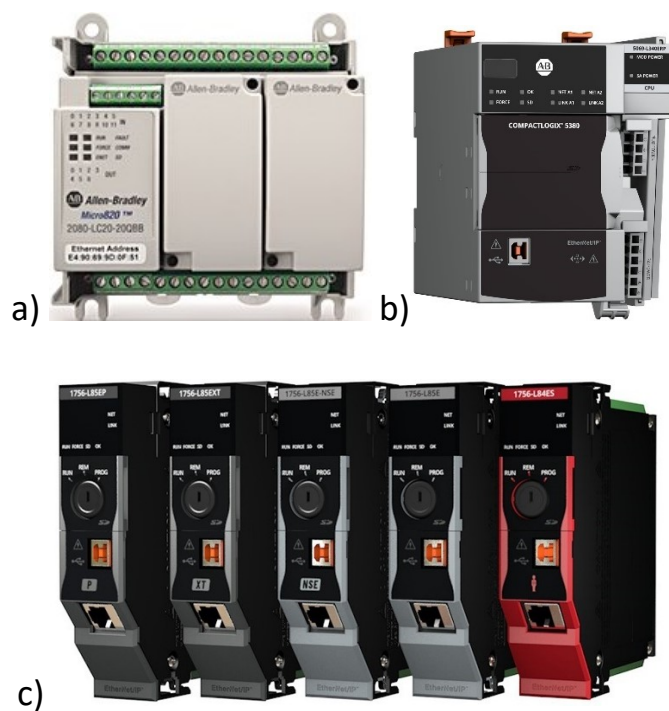


Рисунок 2.3 – Типи ПЛК Allen-Bredley: а) Micro820, б) CompactLogix 5380, в) ControlLogix 5580

Мікроконтролери Micro820 спеціально розроблені для невеликих автономних систем керування машинами та дистанційної автоматизації, які потребують гнучких можливостей зв'язку та вводу/виводу. Ці нанорозмірні контролери підтримують до 35 точок вводу/виводу і оснащені такими функціями (можливостями), як підключення до мережі Ethernet, слот microSD для запису програм і даних, а також можливості аналогового вводу/виводу.

Переходячи до контролерів CompactLogix 5380, слід зазначити, що вони пропонують більш високу продуктивність, збільшену ємність, підвищену безпеку і поліпшену функціональність для задоволення зростаючих потреб інтелектуальних машин і виробничих потужностей. Використовуючи вдосконалену програму Studio 5000 Logix Designer, ці контролери забезпечують спільне середовище для проектування та обслуговування систем, оптимізації ефективності (продуктивності), скорочення часу введення в експлуатацію та управління (керування) інтегрованим рухом через EtherNet/IP до 32 осей.

Контролери ControlLogix 5580 також використовують середовище проектування Studio 5000 для оптимізації продуктивності (ефективності) та скорочення часу виходу на ринок. Ці контролери пропонують (реалізують) комунікацію через EtherNet/IP мережу для високошвидкісних застосувань, а також рішення з безпеки SIL2/PLd і SIL3/PLe, що робить їх універсальними для цілого ряду застосувань, включаючи дискретні, рухові, технологічні та безпекові системи (технології).

З усього спектру типів ПЛК АВ, сімейство CompactLogix 5380 виділяється як найбільш задовільний (відповідний) вибір. Завдяки своїй модульній конструкції, що дозволяє легко розширювати кількість входів/виходів шляхом додавання нових модулів, CompactLogix 5380 5069-L310ER пропонує більшу ємність SD-карти, підтримку до 128 входів/виходів і максимум 24 вузлів EtherNet/IP. Це робить його ідеальним рішенням для таких застосувань, як системи валідації виробу або для розширення існуючих систем (задач).

Таблиця 2.1 – Перелік ПЛК АВ сімейства CompactLogix 5380

Catalog number*	Memory size	I/O expansion	Motion axes	Conformal coated	EtherNet/IP™ nodes
5069-L306ER	0.6 MB	8	0	-	16
5069-L306ERM	0.6 MB	8	2	-	16
5069-L310ER	1 MB	8	0	-	24
5069-L310ER-NSE	1 MB	8	0	-	24
5069-L310ERM	1 MB	8	4	-	24
5069-L320ER	2 MB	16	0	-	40
5069-L320ERM(K)	2 MB	16	8	Yes	40
5069-L330ER	3 MB	31	0	-	60
5069-L330ERM(K)	3 MB	31	16	Yes	60
5069-L340ER	4 MB	31	0	-	90
5069-L340ERM	4 MB	31	20	-	90
5069-L350ERM(K)	5 MB	31	24	Yes	120
5069-L380ERM	8 MB	31	28	-	150
5069-L3100ERM	10 MB	31	32	-	180
5069-L320ERP	2 MB	16	8	Yes	40
5069-L340ERP	4 MB	31	20	Yes	90

ПЛК АВ використовують EtherNet/IP протокол для зв'язку з пристроями (механізмами), тому дуже важливо мати чітке розуміння того, що таке EtherNet/IP.

EtherNet/IP (скорочення IP – Industrial Protocol), протокол, що розробляється ODVA з 2009 року, побудований на основі Common Industrial Protocol (CIP) і узгоджується з моделлю Open Systems Interconnection (OSI) і стандартами TCP/UDP. Ця гнучка мережа Ethernet, визнана відкритим стандартом IEC, дозволяє безперешкодно об'єднувати різні пристрої, драйвери та системи управління (керування) в єдину мережу. Впровадження EtherNet/IP є простим і сумісним зі стандартними комутаторами Ethernet, які зазвичай використовуються (застосовуються) в промисловій автоматизації. Універсальність EtherNet/IP очевидна, оскільки вона дозволяє інтегрувати в мережу IP-камери, WiFi і IP-телефони, що підкреслює її готовність до розширення промислового Інтернету речей (ІоТ).

Фізичний рівень EtherNet/IP підтримує бездротове з'єднання за допомогою таких технологій, як Wi-Fi, а також дротове з'єднання за допомогою мідних кабелів і оптоволокна. Залежно від конкретної технології (завдання) і типу

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

з'єднання використовуються різні стандарти IEEE, такі як 802.3, 802.1 і 802.11, з підтримкою швидкості зв'язку (передачі даних) від 10 Мбіт/с до 1 Гбіт/с. Максимальна відстань між мережними вузлами обмежена до 100 метрів. У мережі EtherNet/IP використовуються різні мережеві топології.

Лінійна топологія передбачає лінійне з'єднання вузлів, тоді як деревоподібна топологія має ієрархічну структуру з вузлами, що розгалужуються від центрального вузла. У топології «зірка» всі вузли підключаються до центрального пристрою, такого як комутатор або концентратор, а кільцева топологія включає вбудовані комутатори і технологію Device Level Ring (DLR) кільця на рівні пристроїв для формування кільцевого з'єднання, при якому зв'язок перенаправляється в разі відмови вузла.

EtherNet/IP працює на основі IP-стандарту TCP/UDP, де TCP (Transmission Control Protocol) забезпечує надійну, але повільну передачу даних в одноадресних пакетах, а UDP (User Datagram Protocol) пропонує швидшу, але менш гарантовану доставку. Цей протокол підтримує одноадресні, багатоадресні та ширококомвні пакети, дозволяючи спілкуватися з окремими вузлами, групами вузлів або передавати повідомлення всім вузлам мережі [9].

Мережа складається з основних елементів (компонентів), що забезпечують зв'язок між пристроями та системою управління (керування). EtherNet/IP має три класи, які визначають компоненти та способи їх використання:

1. IO-Scanner: Клас сканерів відповідає за відображення вхідних та вихідних мережевих змінних у циклах, визначених під час оновлення. Це забезпечує безперервний моніторинг і контроль. Приклади включають промислові контролери, що опитують датчики та виконавчі пристрої (механізми).

2. Обмін повідомленнями: Цей клас підтримує передачу явних повідомлень, а не даних вводу/виводу у реальному часі. Він використовується для таких завдань, як діагностика, конфігурація мережі та інтеграція з системами SCADA і НМІ АСКПЛЯУВЛ. Приклади включають програмне забезпечення для

управління (керування) мережею та інструменти для налаштування пристроїв (механізмів).

3. Адаптер вводу-виводу: Клас адаптерів надає специфічні функції для пристроїв (механізмів) з вбудованим протоколом EtherNet/IP. Це можуть бути різноманітні промислові пристрої, такі як датчики, клапани та шлюзи, які безпосередньо взаємодіють із мережею.

Таким чином, EtherNet/IP забезпечує гнучку і ефективну інфраструктуру для промислових мереж, дозволяючи різноманітним пристроям (механізмам) взаємодіяти (комунікувати) і виконувати свої функції в рамках загальної системи управління (керування).

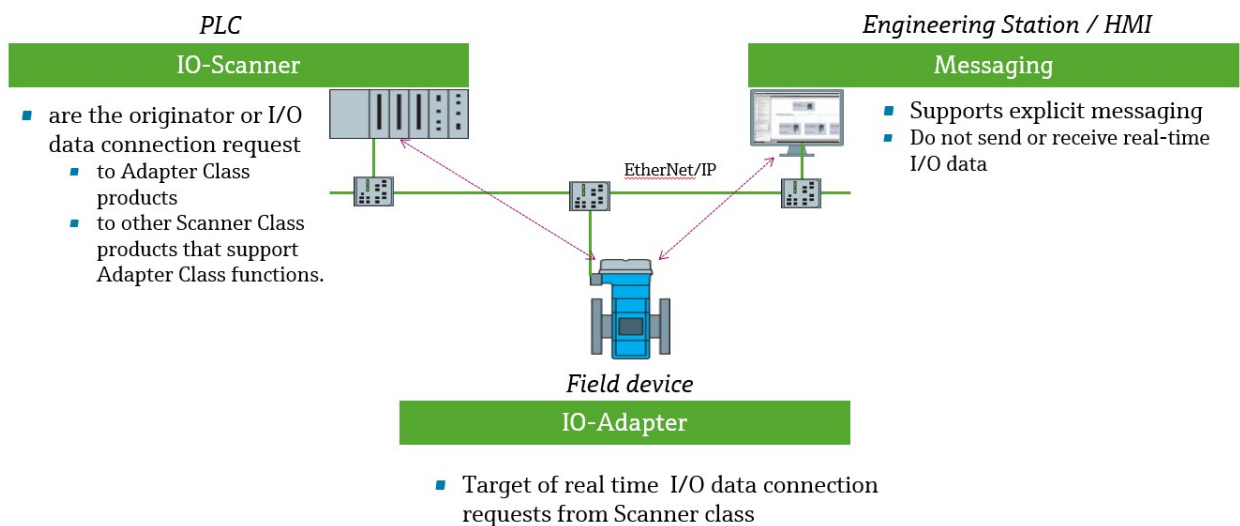


Рисунок 2.4 – Класи елементів у мережі

Для встановлення зв'язку з ПЛК необхідно мати файл EDS (Electronic Data Sheet). EDS-файл є структурованим текстовим файлом у форматі ASCII, що містить опис мережевих параметрів, які можна налаштовувати всередині інтелектуального пристрою (механізму). Цей файл дозволяє інструментам мережевої конфігурації правильно інтерпретувати дані, що передаються з пристрою, та налаштовувати різні параметри пристрою (механізму).

Протокол Media Access Control (MAC) є частиною специфікації IEEE 802.3 і забезпечує обмін даними між пристроями через мережу Ethernet. MAC-адреса

використовується для ідентифікації (верифікації) пристрою, який відправляє повідомлення (дані), в полі адреси джерела (SA), а також для позначення одержувача повідомлення в полі адреси призначення (DA). Якщо перший біт у полі DA дорівнює «1», це вказує на те, що кадр даних призначений для декількох пристроїв. У промисловій мережі EtherNet/IP телеграма може містити до 1 500 байт даних, залежно від вимог програми. Ці дані можуть включати різноманітну інформацію, яка передається між пристроями в мережі. Важливо дотримуватись максимального дозволеного розміру телеграми, щоб забезпечити коректну роботу протоколу та уникнути перевищення ліміту [9].

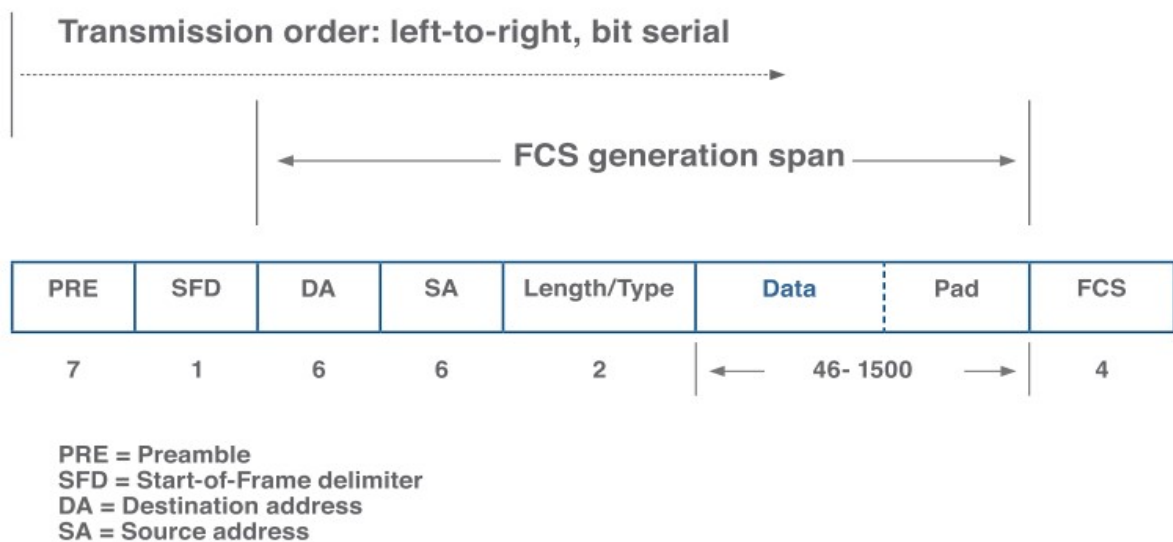


Рисунок 2.5 – Телеграм EtherNet/IP

EtherNet/IP використовує стандартний протокол TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) на мережевому та транспортному рівнях для забезпечення зв'язку між окремими пристроями (приладами). На цих рівнях відбувається інкапсуляція стандартних CIP-повідомлень (Common Industrial Protocol). Протокол TCP/IP дозволяє мережевим вузлам вбудовувати CIP-повідомлення в Ethernet-пакети та передавати їх іншим мережевим вузлам.

EtherNet/IP підтримує два типи з'єднань для передачі повідомлень: явні та неявні. Явні з'єднання використовуються для прямого зв'язку між двома

пристроями (приладами) в мережі, де кожне повідомлення направляється на конкретний пристрій. Неявні з'єднання, навпаки, призначені для періодичного обміну даними між кількома пристроями (приладами) і можуть здійснюватися у двох формах (типах): незв'язаний та зв'язаний обмін повідомленнями. Незв'язаний обмін повідомленнями дозволяє пристроям надсилати дані без необхідності встановлення з'єднання. Зв'язаний обмін повідомленнями вимагає попереднього встановлення з'єднання між пристроями, що забезпечує більш надійну передачу даних.

EtherNet/IP інтегрує кілька рівнів моделі OSI:

1. Фізичний рівень (Рівень 1): відповідає за фізичне з'єднання між пристроями за допомогою Ethernet.

2. Канальний рівень (Рівень 2): використовує метод CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), який управляє доступом до медіа та виявленням колізій.

3. Мережевий рівень (Рівень 3): включає протоколи TCP/UDP IP, що забезпечують адресацію та доставку пакетів у мережі.

4. Транспортний рівень (Рівень 4): забезпечує надійну передачу даних між пристроями.

5. Прикладний рівень (Рівень 7): відповідає за правильну інтерпретацію та обмін повідомленнями між пристроями у мережі EtherNet/IP.

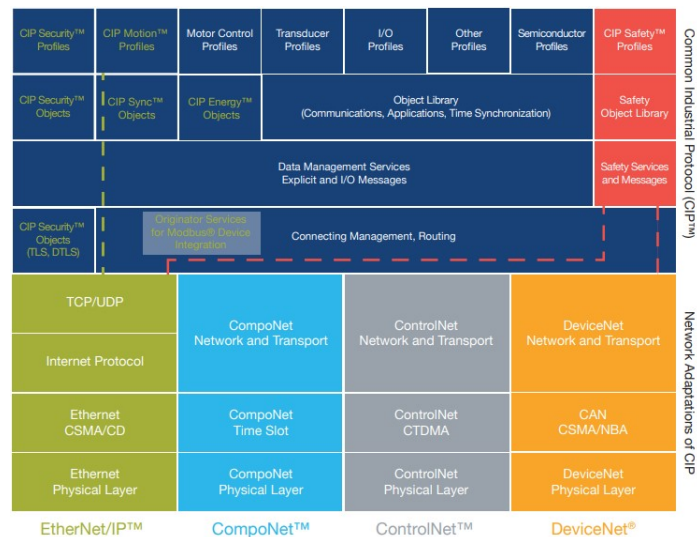


Рисунок 2.6 – EtherNet/IP в моделі CIP OSI

## 2.2.2 Вибір програми для створення НМІ

Вибір програмного забезпечення для НМІ АСКПІЯУВЛ є ключовим етапом (фазою) розробки будь-якої автоматизованої системи. Однією з таких програм є InTouch від компанії Aveva (раніше відомої як Wonderware), яка забезпечує можливість візуалізації, контролю та управління (керування) різними процесами та пристроями.

InTouch – це програмне забезпечення для НМІ АСКПІЯУВЛ, розроблене компанією Wonderware, заснованою у Каліфорнії в 1987 році. У 1998 році Wonderware об'єдналася з французькою компанією Schneider Electric, а у 2018 році Schneider Electric об'єдналася з британською компанією Aveva. Це злиття привело до створення Aveva InTouch, яка на сьогодні є провідним постачальником програмних рішень у цій галузі.

Aveva InTouch була спочатку розроблена для операційних систем Microsoft Windows і призначена для візуалізації та контролю процесів (технологій) у режимі реального часу. Вона надає користувачам можливість створювати інтерактивні і привабливі графічні дисплеї. Завдяки цьому InTouch стала чудовою альтернативою застарілим апаратним НМІ-панелям АСКПІЯУВЛ, дозволяючи

інженерам з автоматизації створювати візуально привабливі та інтерактивні (зрозумілі) додатки для контролю і моніторингу промислових процесів (механізмів).

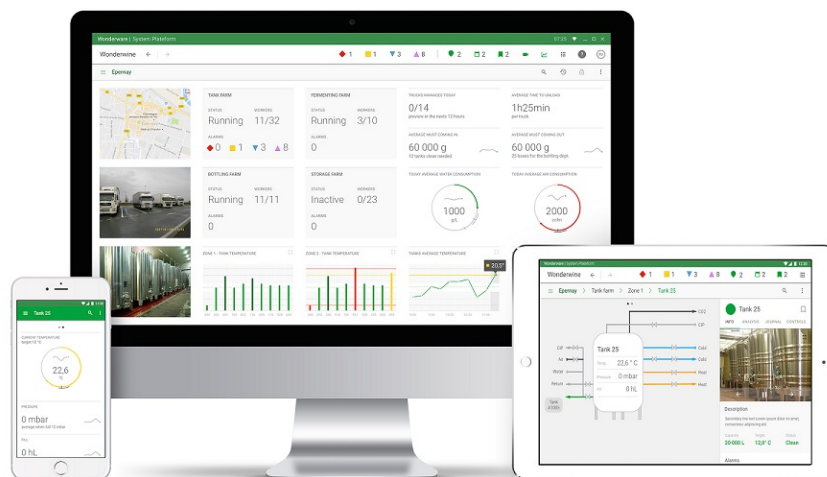


Рисунок 2.7 – Aveva InTouch

Перш ніж обрати НМІ-програму для АСКППЯУВЛ, важливо врахувати декілька факторів (умов), таких як функціональність, надійність, гнучкість і сумісність з існуючими системами. Ось детальний розгляд цих факторів для Aveva InTouch:

1. Функціональність. Aveva InTouch пропонує широкий спектр функцій для візуалізації та контролю процесів. Користувачі можуть створювати і відображати графічні дисплеї, такі як графіки трендів, аварійні сигнали і події, пакетні операції тощо. Це дозволяє ефективно контролювати і моніторити промислові процеси.

2. Надійність. Надійність є критично важливою для НМІ-додатків АСКППЯУВЛ, які працюють в суворих умовах. Aveva InTouch пройшла тестування і довела свою надійність у різних галузях (сферах) промисловості, забезпечуючи стабільну роботу (функціональність) навіть у найскладніших умовах.

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

3. Гнучкість. Гнучкість системи дозволяє адаптувати її до різних застосувань і процесів. Aveva InTouch надає можливість створювати різні типи візуальних об'єктів і налаштовувати користувацький інтерфейс відповідно до потреб конкретного користувача.

4. Сумісність з існуючими системами. Важливо визначити, чи буде НМІ-програма АСКПЛЯУВЛ сумісна з існуючими системами. Aveva InTouch підтримує інтеграцію з різними типами пристроїв (механізмами) і протоколами, що забезпечує сумісність з існуючими системами і полегшує інтеграцію.

Розглянувши ці фактори, можна зробити висновок, що вибір НМІ-програми АСКПЛЯУВЛ Aveva InTouch буде вигідним для промислових додатків, де необхідна візуалізація, моніторинг і контроль процесів у режимі реального часу [15].

Aveva InTouch підтримує зв'язок з ПЛК АСКПЛЯУВЛ через різні протоколи, залежно від типу ПЛК. Серед найбільш використовуваних протоколів є OPC UA, який є стандартним для зв'язку з ПЛК АСКПЛЯУВЛ. Крім того, InTouch підтримує пропрієтарні протоколи таких виробників ПЛК, як Siemens, АВ і Omron.

InTouch також забезпечує зв'язок з іншими системами в промислових процесах, такими як датчики, виконавчі механізми, двигуни тощо, використовуючи такі протоколи, як Modbus, ВАСnet, SNMP та інші. Ця гнучкість у зв'язку з ПЛК АСКПЛЯУВЛ та іншими пристроями робить Aveva InTouch потужним інструментом для інтеграції з різними промисловими системами, забезпечуючи широкі можливості для моніторингу та управління (керування) промисловими процесами.

### 2.2.3 Вибір промислової камери

Виробнича лінія заводу Nestlé Slovensko s.r.o. мала вимоги до інтелектуальної камери в АСКПЛЯУВЛ. Ця камера повинна була мати можливість ідентифікувати номери, декодувати QR-коди, визначати місцезнаходження зареєстрованих символів, а також бути досить компактною, щоб легко вписуватися в обмежений простір виробничої лінії. Після ретельної оцінки різних варіантів камер було вирішено, що камера Omron MicroHAWK F430 є найбільш підходящим вибором, оскільки відповідає всім необхідним критеріям.

Серія Omron MicroHAWK F, зображена на рисунку 2.8 – це серія невеликих інтелектуальних камер, які спрощують процедуру контролю. Ці камери забезпечують контроль якості, зчитування коду, оптичне розпізнавання символів, верифікацію і точні калібровані вимірювання – все це в одному пристрої. Камери серії F оснащені наймініатюрнішим, але найпотужнішим процесором у своїй категорії, який можна налаштувати відповідно до потреб продуктивності та бюджету. Незалежно від апаратного забезпечення або варіантів підключення, інтелектуальні камери цієї серії дозволяють користувачам швидко встановлювати параметри за допомогою зручної платформи AutoVISION [12].



Рисунок 2.8 – Omron MicroHAWK F430

Промислова камера Omron MicroHAWK F430 має наступні параметри:

Код продукту камери АСКПЛЯУВЛ:

F430-F000W12M-SWA

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ

Арк.

34

Роздільна здатність камери АСКППЯУВЛ:	1.2 МП
Фокусна відстань камери АСКППЯУВЛ:	від 50 до 300 мм
Сенсор камери АСКППЯУВЛ:	CMOS, монохромний
Захист від пилу та води камери АСКППЯУВЛ:	IP65/67
Можливі інтерфейси камери АСКППЯУВЛ:	RS-232C, I/O, EtherNet/IP, PROFINET
Розміри камери АСКППЯУВЛ:	44,5×44,5×25,4 мм
Вага камери АСКППЯУВЛ:	174 грами
Програмне забезпечення камери АСКППЯУВЛ:	AutoVISION, Visionscape

На рисунку 2.9 зображено структуру індустріальної (промислової) камери, яка демонструє використання CMOS-сенсора (Рисунок 2.10), виготовленого за допомогою напівпровідникової технології. Цей сенсор оснащений активними фотоелементами, кожен з яких функціонує як фотодіод, що пропускає електричний імпульс. Під впливом світла фотодіод зменшується в розмірах, які потім аналізуються і обробляються для створення цифрових даних і електронного зображення. Роботою камери, включаючи захоплення зображення та різні функції, керують мікропроцесори. Програмне забезпечення виробника відповідає за такі завдання, як пошук, обробка, перевірка та порівняння. На платформі AutoVISION користувачі (розробники) можуть легко налаштувати параметри для огляду, сканування, підрахунку, вимірювання та інших відповідних функцій.

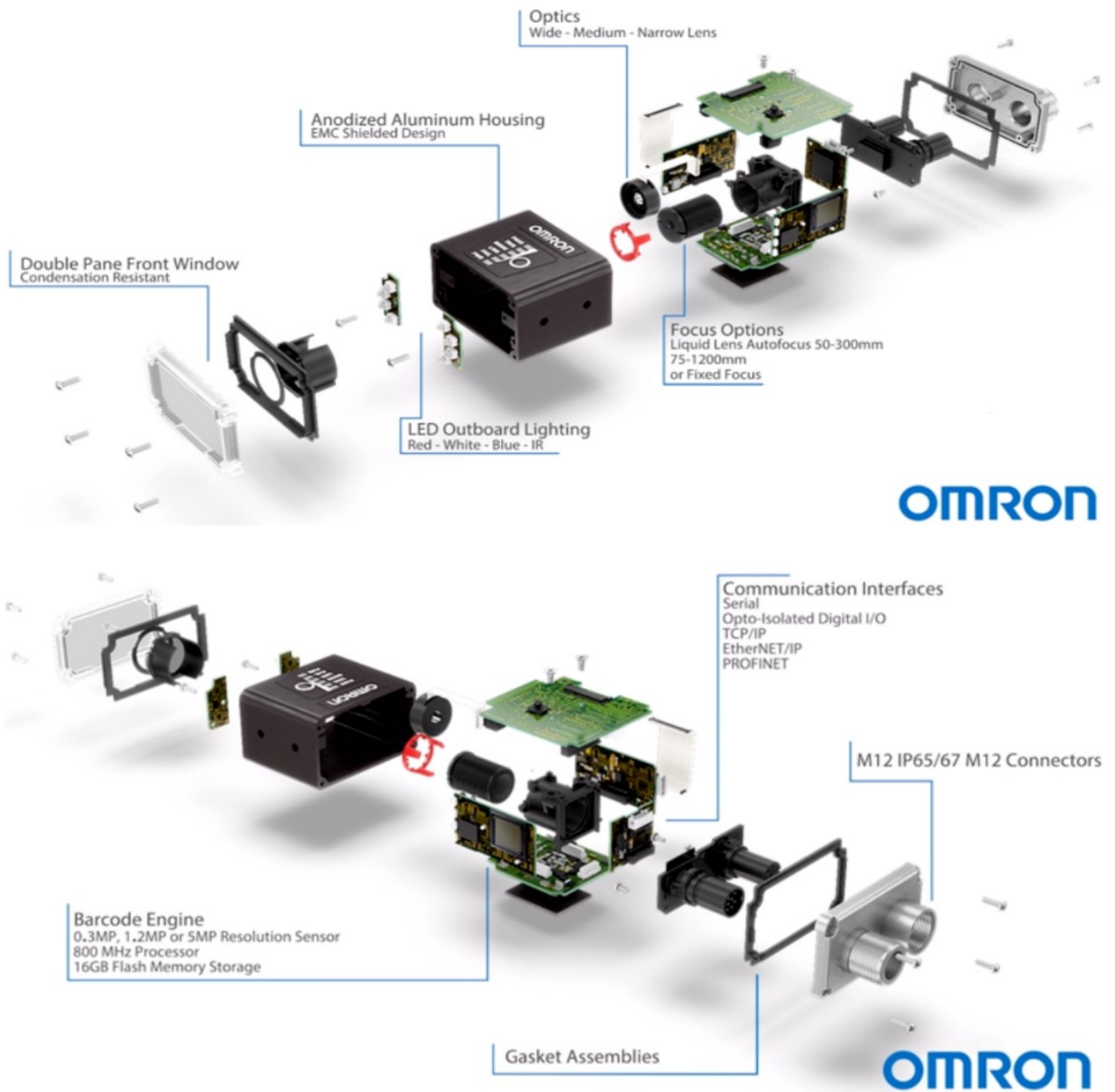


Рисунок 2.9 – Будова камери

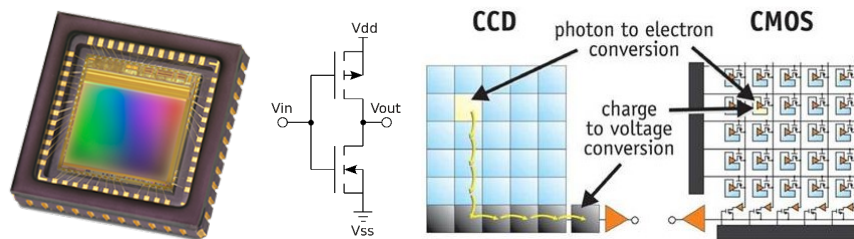







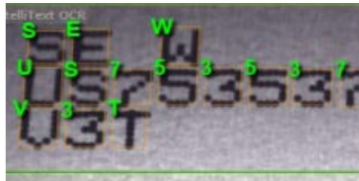



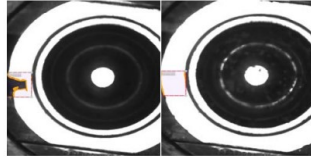
Рисунок 2.10 – CMOS-чип зображення

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

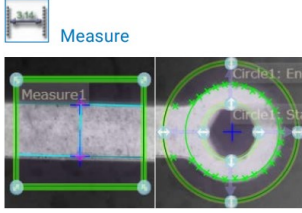

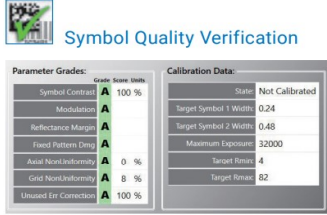
В AutoVISION є 12 різних перевірок на вибір [10]:



Таблиця 2.2 – Перелік інспекцій (технік) доступних у камері АСКПЛЯУВЛ

Інспекція (техніка)	Опис інспекції
 Locate 	<p>Знаходить і виводить положення і кут зареєстрованого зображення. Область керування цього інструменту може автоматично використовуватися для постобробки.</p>
 Decode 	<p>Зчитує штрих-код або 2D-код АСКПЛЯУВЛ. Функція Match String дозволяє цій розумній камері виконувати автентифікацію, яка зазвичай виконується комп'ютером або ПЛК АСКПЛЯУВЛ.</p>
 OCR 	<p>Зчитує великі літери, цифри та багаторядковий текст і порівнює їх з рядком символів, отриманим від хост-пристрою.</p>
 Count 	<p>Підраховує об'єкти, виявлені в зоні контролю.</p>
 Presence/Absence 	<p>Перевіряє наявність об'єктів.</p>

Кінець таблиці 2.2 – Перелік інспекцій (технік) доступних у камері АСКПЛЯУВЛ

 <p>Measure</p>	<p>Вимірює ширину або висоту між двома краями.</p>
 <p>Match Strings Tool</p>	<p>Він порівнює рядок символів, прочитаний OCR, з даними, що містяться в коді, прочитаному CR, який зазвичай виконується ПК або ПЛК АСКПЛЯУВЛ.</p>
 <p>String Format</p>	<p>Об'єднання двох символічних рядків, яке зазвичай виконується за допомогою ПК або ПЛК АСКПЛЯУВЛ.</p>
 <p>Logic Tool</p>	<p>Виконує логічні операції та порівнює розміри результатів інструментів.</p>
 <p>OCV</p>	<p>Виявляє помилки у вимірних рядках символів за допомогою зареєстрованого еталонного рядка символів.</p>
 <p>Symbol Quality Verification</p>	<p>Дозволяє легко перевіряти якість друку кодів відповідно до стандартів, таких як ISO 15415, AIM DPM/ISO 29158 та ISO 15416.</p>
 <p>Color (5 Mpix camera)</p>	<p>Оцінює, чи відповідає колір зареєстрованому. Ступінь відповідності можна встановити у відсотках.</p>

Точність контролю (перевірки) регулюється і може досягати максимального значення до 0,99. Це значення залежить від регульованої відповідності для окремих перевірок (інспекцій), яка може бути змінена відповідно до вимог і потреб. При використанні оптичного розпізнавання символів (OCR) важливо, як відбувається навчання системи. Це навчання передбачає отримання достатньої кількості зразків різних номерів, які потім використовуються для навчання системи і підвищення її точності. Навчання системи може відбуватися вручну або автоматично.

Найпоширенішими формами Ethernet-з'єднання для цих камер є EtherNet/IP і PROFINET. Щоб встановити з'єднання з камерою, необхідно фізично підключити її до локальної мережі за допомогою кабелю Ethernet і налаштувати IP-адресу відповідно до вимог. Згодом камеру можна інтегрувати (додати) до ПЛК АСКПЛЯУВЛ, який також підключений до тієї ж локальної мережі. Перед інтеграцією камери в ПЛК АСКПЛЯУВЛ необхідно завантажити файл EDS, наданий виробником камери. Цей файл містить важливу інформацію та конфігурації, які полегшують зв'язок між ПЛК АСКПЛЯУВЛ і камерою. Дотримуючись цих кроків, можна ефективно встановити з'єднання між камерою та мережею, а також ПЛК АСКПЛЯУВЛ, що забезпечить безперебійний зв'язок між двома пристроями. Конкретна конфігурація та налаштування можуть відрізнятися залежно від моделі камери, ПЛК АСКПЛЯУВЛ і використовуваного програмного забезпечення [11].

Ці камери використовуються в широкому спектрі галузей промисловості для контролю якості та інспекції.

Деякі приклади потенційних застосувань включають [12]:

В харчовій та фармацевтичній промисловостях (рисунок 2.11) ці камери можуть використовуватися для перевірки етикеток, перевірки наявності ліків в упаковці, перевірки кришок пляшок.

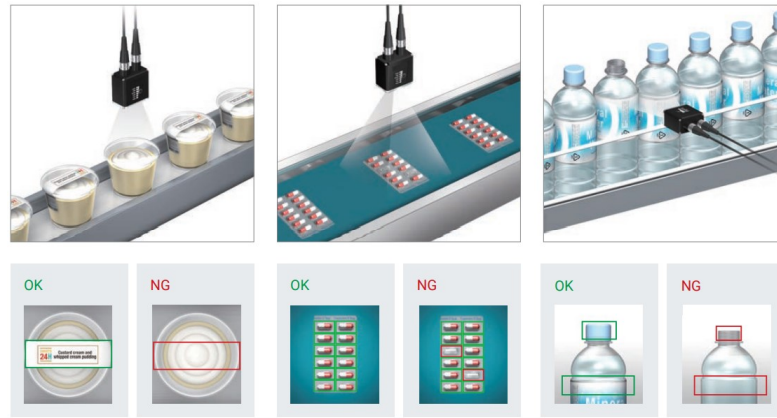


Рисунок 2.11 – Можливе використання камери в харчовій промисловості

В автомобільній промисловості (рисунок 2.12) ці камери можуть використовуватися для оцінки зачеплення, перевірки положення гумок, зчитування серійних номерів автомобілів на кузові, перевірки кодів електронних компонентів, підтвердження наявності вбудованих компонентів та ідентифікації електронних компонентів.



Рисунок 2.12 – Можливе використання камери в автомобільній промисловості

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

У логістиці (рисунок 2.13) ці камери можна використовувати для перевірки орієнтації етикеток, перевірки кодів і термінів придатності, оцінки кількості продукції та якості друку кодів

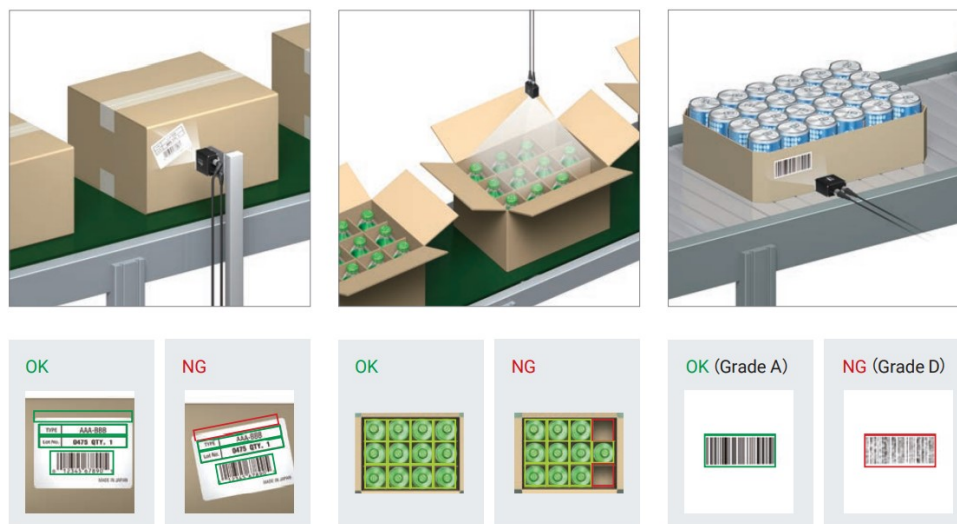


Рисунок 2.13 – Можливе використання камери в логістиці

## 2.3 Висновки до другого розділу

У цьому розділі описується процес створення інтегрованої системи контролю упаковки на виробничій лінії, включаючи вибір основних компонентів, таких як ПЛК АСКПЛЯУВЛ, програмне забезпечення для НМІ АСКПЛЯУВЛ, та промислової камери.

Розглядаються основні виробники ПЛК АСКПЛЯУВЛ, зокрема Siemens та АВ. З огляду на використання в Nestlé Slovensko s.r.o. ПЛК АВ, детально проаналізовано різновиди цих контролерів (MicroLogix, CompactLogix, ControlLogix). Найбільш підходящим для проекту обрано CompactLogix 5380 через його модульну конструкцію, розширені можливості і високу продуктивність. Пояснюється важливість протоколу EtherNet/IP для зв'язку з ПЛК АВ. Протокол забезпечує надійний і гнучкий зв'язок між пристроями,

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

підтримуючи різні мережеві топології та типи з'єднань. Це робить його ідеальним для промислових мереж і систем автоматизації.

Обґрунтовується вибір Aveva InTouch для створення людино-машинного інтерфейсу. Ця програма відзначається високою функціональністю, надійністю, гнучкістю і сумісністю з існуючими системами. InTouch підтримує різні протоколи зв'язку, що полегшує інтеграцію з ПЛК та іншими пристроями, забезпечуючи ефективний моніторинг і управління (керування) виробничими процесами.

Вибір Omron MicroHAWK F430 АСКППЯУВЛ обґрунтований її компактністю, високою продуктивністю та відповідністю всім необхідним вимогам для АСКППЯУВЛ. Камера забезпечує контроль якості, зчитування кодів, оптичне розпізнавання символів та інші функції, необхідні для ефективного контролю (перевірки) на виробничій лінії.

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		42

### 3 ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ УПАКОВКИ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ

3.1 Розробка алгоритму керування автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії

Проектування та впровадження АСКПЛЯУВЛ включає наступні етапи:

1. Визначення вимог та функціональних характеристик: Першим кроком є визначення вимог до системи управління (керування), яка перевірятиме правильність пакування. Сюди входять специфікації щодо виявлення та розпізнавання різних типів упаковки, оцінка їх правильної конфігурації та відбракування дефектних упаковок.

2. Вибір обладнання: На основі визначених вимог здійснюється вибір датчиків, виконавчих механізмів, ПЛК АСКПЛЯУВЛ та інтерфейсів для оператора (НМІ) АСКПЛЯУВЛ, які відповідатимуть потребам замовника.

3. Розробка програмного забезпечення для ПЛК АСКПЛЯУВЛ: Виходячи з визначених вимог та обраного обладнання, розробляється алгоритм перевірки правильності пакування. Цей алгоритм реалізується в ПЛК АСКПЛЯУВЛ за допомогою відповідної мови програмування.

4. Тестування та коригування: Після розробки програми проводиться її тестування. У випадку виявлення проблем або недоліків, вносяться необхідні корективи та проводиться повторне тестування, доки система не буде працювати бездоганно.

5. Розгортання та обслуговування: Після успішного тестування система встановлюється на виробничу лінію. Здійснюється моніторинг та обслуговування системи. У разі виникнення проблем проводяться необхідні ремонтні роботи або коригування програми ПЛК АСКПЛЯУВЛ. За потреби також проводиться

навчання операторів для забезпечення ефективної роботи системи та мінімізації помилок.

6. Забезпечення безпеки: При проектуванні та впровадженні системи особлива увага приділяється забезпеченню безпеки операторів та іншого персоналу, який працює з виробничою лінією [13].

Відповідно до зазначених вимог були проведені початкові підготовчі роботи, щоб окреслити операційні процедури системи АСКПЛЯУВЛ. Основна мета системи – запобігти помилкам при пакуванні, гарантуючи, що продукт поміщений в правильну упаковку. Це визначається за номером матеріалу продукту, що зберігається в QR-кодi на упаковці, а також перевіркою терміну придатності та коду партії, надрукованих на упаковці. Спочатку датчик фіксує прибуття товару у визначене місце, що спонукає камеру зробити знімок товару. Потім камера розшифровує QR-код і текст, передаючи інформацію на ПЛК АСКПЛЯУВЛ для оцінки. ПЛК АСКПЛЯУВЛ звіряє дані з даними MES АСКПЛЯУВЛ, щоб підтвердити відповідність деталей упаковки, дозволяючи, за необхідності, вводити ці дані вручну. У разі виявлення будь-яких розбіжностей ПЛК АСКПЛЯУВЛ подає сигнал через інтерфейс вводу/виводу для активації відкриваючого клапана, який використовує стиснене повітря для видалення дефектного продукту з КС виробничої лінії.

На основі вище сказаного, було проведено визначення вхідних та вихідних змінних для впровадження АСКПЛЯУВЛ у вигляді програмного автомату, який зображений на рисунку 3.1. Для розробки даної системи було враховано широкий спектр факторів, що впливають на якісне управління (керування) процесом перевірки якості упаковки. Вхідні змінні включають різноманітні параметри, які збираються з датчиків та інших пристроїв моніторингу. Вихідні змінні системи представляють собою команди та сигнали, які надсилаються на керуючі елементи для вилучення б верифікації (підтвердження) до MES АСКПЛЯУВЛ та зображення (сигналізацію) відповідних тривог для операторів.

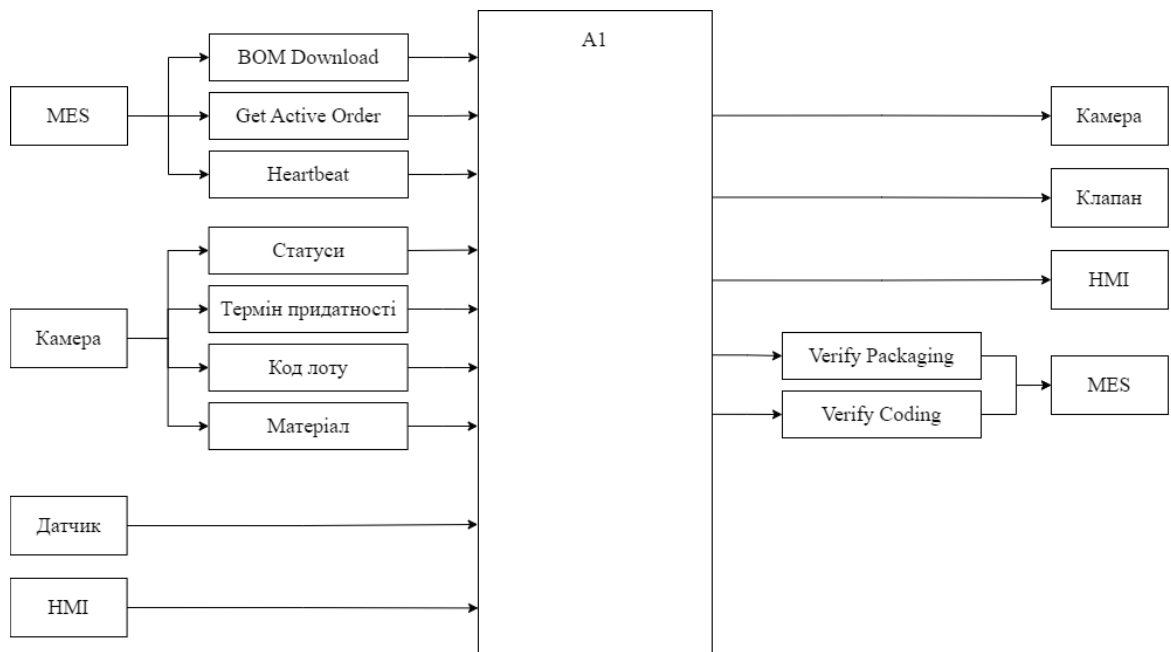


Рисунок 3.1 – Програмний автомат АСКППЯУВЛ

Наступним кроком була розробка графа переходів (рисунок 3.2) для ілюстрації функціонування програмного автомату, яка керує всією АСКППЯУВЛ. Граф переходів слугує цінним інструментом для візуального представлення різних станів системи та критеріїв, які призводять до переходів між цими станами.

По суті, граф переходів складається з вершин, які позначають різні стани системи, і стрілок, які зображують потенційні переходи між цими станами і позначені певною умовою або дією, яка запускає перехід. Такий комплексний підхід дозволяє детально змодельовати поведінку системи, охоплюючи всі можливі сценарії та їхні результати [14].

Створення такого графа починається з ідентифікації всіх можливих станів системи. Потім необхідно визначити всі потенційні дії (процеси) та умови, які можуть спричинити зміну стану. Кожен перехід повинен бути ретельно окреслений, щоб запобігти будь-яким двозначностям або неточностям.

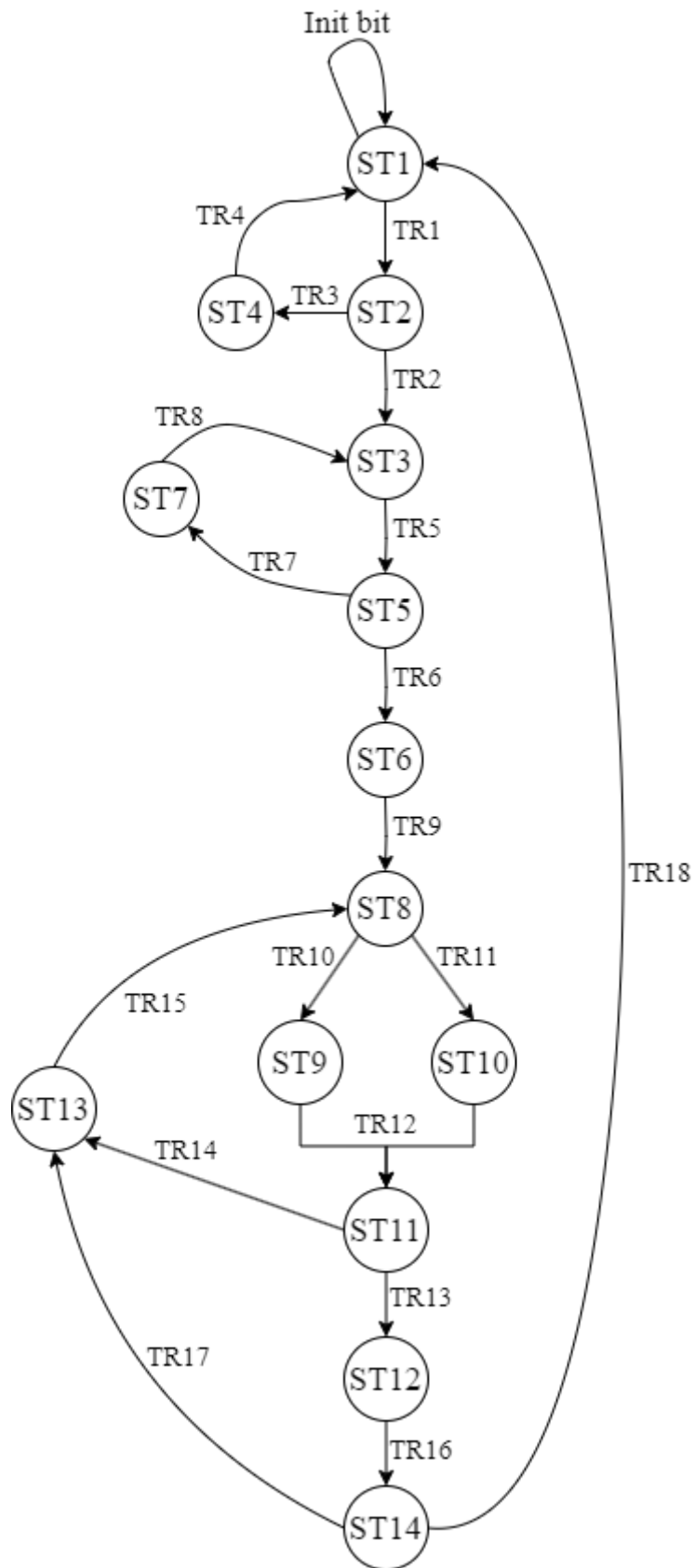


Рисунок 3.2 – Граф переходів автомата А1 АСКППЯУВЛ

У розробленій АСКППЯУВЛ програмний автомат складається з наступних станів, кожен з яких виконує певну функцію (дію). Нижче наведено докладний опис кожного стану:

1. ST1 – Початковий стан: Цей стан є початковим пунктом системи, в якому здійснюється ініціалізація всіх необхідних компонентів та підготовка до подальших операцій (дій).

2. ST2 – Спрацювання комунікації з MES АСКППЯУВЛ: У цьому стані встановлюється зв'язок з системою керування виробничими процесами (MES). Відбувається обмін потрібними даними, необхідними для подальших операцій (дій).

3. ST3 – Прийняття та сортування даних про продукт: Цей стан відповідає за отримання даних про продукт із функції GetActiveOrder (GAO) у MES АСКППЯУВЛ. Дані сортуються та передаються для подальшої обробки.

4. ST4 – Сигналізація відповідної тривоги: Якщо виявлено будь-які критичні відхилення або несправності GAO, цей стан активує відповідну сигналізацію для негайного повідомлення операторів (користувачів).

5. ST5 – Прийом та обробка даних про матеріал продукту: В цьому стані система отримує дані про матеріали продукту з функції BOMDownload (BOM) у MES АСКППЯУВЛ та обробляє їх для подальшого використання.

6. ST6 – Комунікація з камерою: Цей стан встановлює зв'язок з камерою, надсилаючи всі необхідні параметри для її налаштування.

7. ST7 – Сигналізація тривоги після помилки у BOM: У разі виявлення помилки під час процесу перевірки цей стан активує сигнал тривоги для негайного втручання оператора.

8. ST8 – Тригер до камери: Цей стан тригери камеру для знімання фотографій продукту, що дозволяє провести візуальну перевірку якості (відповідності) упаковки.

9. ST9 – Порівняння даних з MES: Отримані дані з камери порівнюються з даними, отриманими з системи MES АСКПЛЯУВЛ, для виявлення можливих розбіжностей або помилок.

10. ST10 – Порівняння даних з ручного вводу: В цьому стані проводиться порівняння отриманих даних з даними, введеними вручну оператором, для перевірки точності та відповідності.

11. ST11 – Оцінка правильності пакування: На цьому етапі проводиться остаточна оцінка правильності пакування на основі всіх зібраних даних і встановлених параметрів якості.

12. ST12 – Відображення помилки та відкриття клапану: Якщо виявлено помилку, цей стан відображає інформацію про помилку та активує механізм відкриття клапану для видалення бракованої упаковки з виробничої лінії.

13. ST13 – Верифікація продукту та статистика: Цей стан зараховує продукт до відповідної статистики та проводить верифікацію даних продукту до системи MES АСКПЛЯУВЛ кожні 15 хвилин для забезпечення актуальності даних та її історію.

14. ST14 – Закриття клапану: Після видалення бракованої упаковки цей стан відповідає за закриття клапану, щоб відновити нормальний хід виробничого процесу.

Ці стани забезпечують повний цикл перевірки якості упаковки, від прийому даних до верифікації та корекції помилок, що дозволяє підтримувати високу якість продукції на виробничій лінії.

При написання логічних рівнянь для графу переходів автомата А1 АСКПЛЯУВЛ враховується, що перехід відбувається в результаті виконання попередніх операційних блоків і задоволення умов виходу з блоків прийняття рішень, які виражені відповідними переходами.

Система логічних рівнянь АСКПЛЯУВЛ для графу переходів автомата А1 має наступний вигляд:

$$TR1 = MES\_Heartbeat\_Active \wedge \overline{Timer30s} \quad (3.1)$$

$$TR2 = MES\_Trig\_GAO \vee RestartPLCbit \quad (3.2)$$

$$TR3 = \overline{DataFromGAO} \quad (3.3)$$

$$TR4 = MES\_InitBit \vee RestartPLCbit \quad (3.4)$$

$$TR5 = MES\_BOM\_Request \wedge (BOM\_NumItems < 22) \quad (3.5)$$

$$TR6 = Camera\_Comm \wedge Camera\_Online \quad (3.6)$$

$$TR7 = BOM\_Error \vee \overline{DataFromBOM} \quad (3.7)$$

$$TR8 = MES\_BOM\_Request \quad (3.8)$$

$$TR9 = Датчик \wedge \overline{Camera\_Busy} \wedge TimerTrigCam \quad (3.9)$$

$$TR10 = (Setpoint == DataFromMES) \quad (3.10)$$

$$TR11 = (Setpoint == DataFromManual) \quad (3.11)$$

$$TR12 = DataFromCamera \wedge Setpoint \quad (3.12)$$

$$TR13 = ПомилкаНаПродукті \quad (3.13)$$

$$TR14 = \overline{ПомилкаНаПродукті} \quad (3.14)$$

TR15 =

Датчик  $\wedge$   $\overline{Camera\_Busy}$   $\wedge$  Verification

M  
E  
S

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ

Арк.

49

—  
C  
o  
m  
p  
l  
e  
t  
e  
d  
  
(  
3  
.  
1  
5  
)

$$TR16 = \text{TimerReject} \wedge \text{Клапан} \quad (3.16)$$

$$TR17 = \text{RejectCompleted} \quad (3.17)$$

$$TR18 = \text{RejectCompleted} \wedge (\overline{\text{MES\_Heartbeat\_Active}} \vee \overline{\text{Camera\_Comm}} \vee \overline{\text{Camera\_Online}} \vee \text{MES\_Trig\_GAO} \vee \text{MES\_BOM\_Request} \vee \text{NewOrder}) \quad (3.18)$$

$$ST1 = (\text{ST1} \vee \text{TR4} \vee \text{TR18} \vee \text{Initbit}) \wedge \overline{\text{TR1}} \quad (3.19)$$

$$ST2 = (\text{ST2} \vee \text{TR1}) \wedge \overline{\text{TR2}} \wedge \overline{\text{TR3}} \quad (3.20)$$

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

$$ST3 = (ST3 \vee TR2 \vee TR8) \wedge \overline{TR5} \quad (3.21)$$

$$ST4 = (ST4 \vee TR3) \wedge \overline{TR4} \quad (3.22)$$

$$ST5 = (ST5 \vee TR5) \wedge \overline{TR6} \wedge \overline{TR7} \quad (3.23)$$

$$ST6 = (ST6 \vee TR4 \vee TR18) \wedge \overline{TR1} \wedge \text{Initbit} \quad (3.24)$$

$$ST7 = (ST7 \vee TR7) \wedge \overline{TR8} \quad (3.25)$$

$$ST8 = (ST8 \vee TR9 \vee TR15) \wedge \overline{TR10} \wedge \overline{TR11} \quad (3.26)$$

$$ST9 = (ST9 \vee TR10) \wedge \overline{TR12} \quad (3.27)$$

$$ST10 = (ST10 \vee TR11) \wedge \overline{TR12} \quad (3.28)$$

$$ST11 = (ST11 \vee TR12) \wedge \overline{TR13} \wedge \overline{TR14} \quad (3.29)$$

$$ST12 = (ST12 \vee TR13) \wedge \overline{TR16} \quad (3.30)$$

$$ST13 = (ST13 \vee TR14 \vee TR17) \wedge \overline{TR15} \quad (3.31)$$

$$ST14 = (ST14 \vee TR16) \wedge \overline{TR17} \wedge \overline{TR18} \quad (3.32)$$

Також, для управління (керування) АСКППЯУВЛ була розроблена спрощена блок-схема алгоритму, яка розділена на дві окремі фази (етапи). Перша фаза (етап) (рисунок 3.3) передбачає підготовку АСКППЯУВЛ до основного циклу програми шляхом отримання необхідних даних про продукт з MES АСКППЯУВЛ на початку нового виробничого циклу (виробництва продукту).

Під час цієї фази (етапу) ПЛК АСКПІЯУВЛ взаємодіє з MES АСКПІЯУВЛ для збору даних, необхідних для оцінки правильності (відповідності) пакування. Крім того, ця фаза (етап) включає можливість зміни програми камери на камері Omron через інтерфейс НМІ АСКПІЯУВЛ. Така зміна програми має значення для більш точнішого контролю (перевірки), особливо коли дата закінчення терміну придатності і код партії є перевернутими на 180°, що вимагає від камери двох окремих програм для виявлення і декодування в обох напрямках, таким чином, на камері буде дві програми для виявлення та декодування (перевірки). Одна програма для нормальної орієнтації, а інша - для перевернутої.

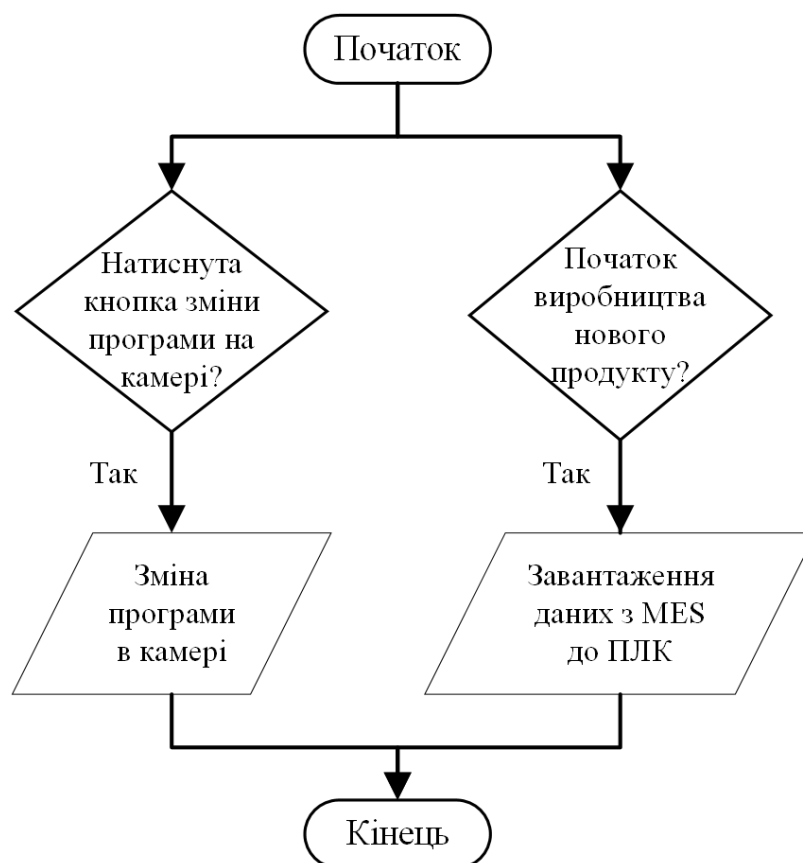


Рисунок 3.3 – Блок-схема алгоритму підготовчої частини роботи АСКПІЯУВЛ

Друга фаза (етап) блок-схеми алгоритму (рисунок 3.4) фокусується на забезпеченні функціонування (роботи) всієї системи та перевірці правильності

(відповідності) пакування в режимі реального часу під час робочого циклу. Вона забезпечує безперервний контроль та оцінювання точності (відповідності) пакування протягом усього виробничого процесу.

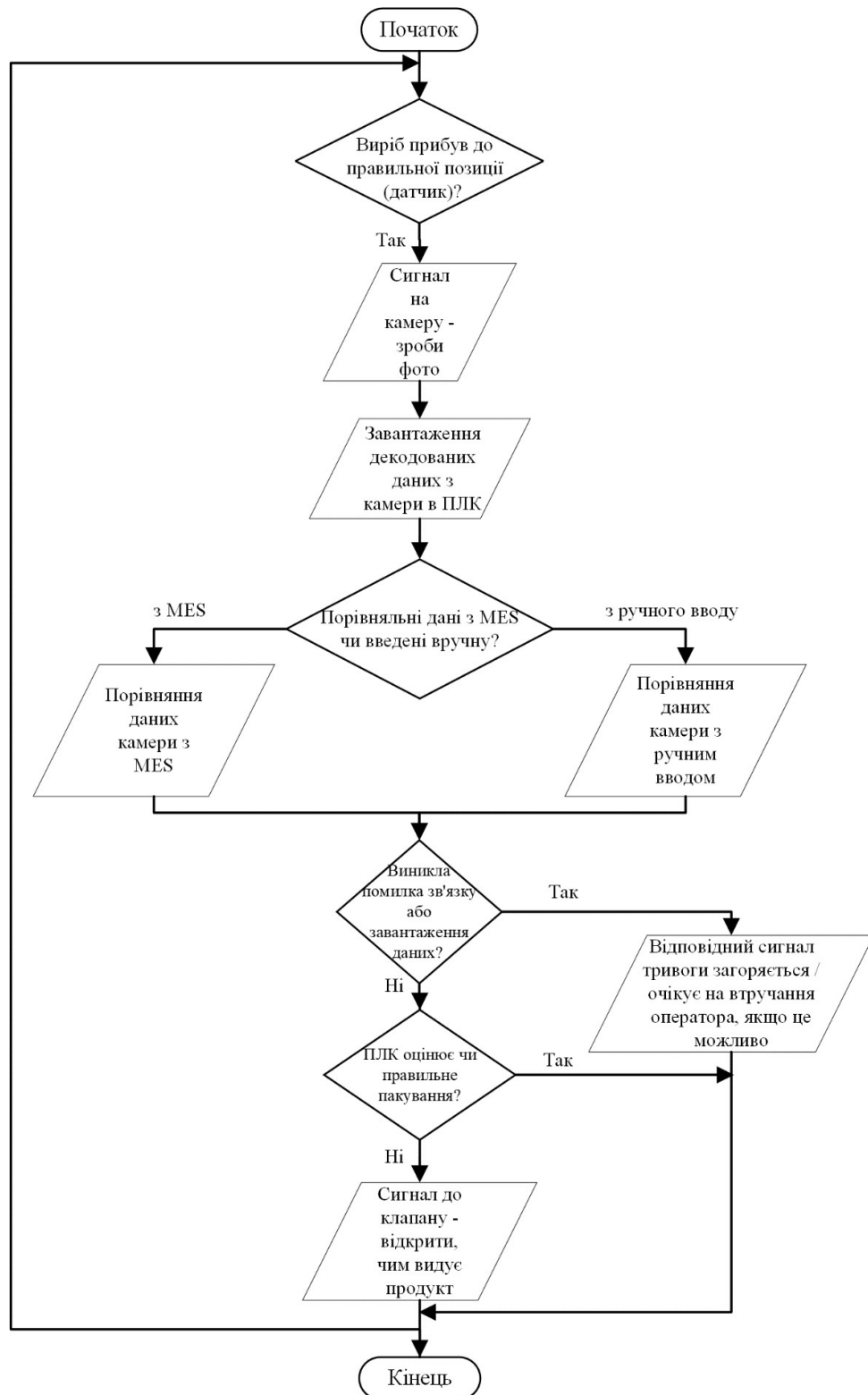


Рисунок 3.4 – Блок-схема алгоритму основної частини роботи АСКППЯУВЛ

Після цього було створено проект ПЛК для управління (керування) АСКППЯУВЛ на основі алгоритмів, згаданих раніше, з використанням програмного забезпечення Studio5000 на мові LD. Studio5000 слугує програмною платформою для програмування ПЛК АСКППЯУВЛ від виробника Rockwell Automation, що дозволяє користувачам розробляти, оцінювати та підтримувати програми ПЛК АСКППЯУВЛ для різних цілей, таких як виробництво, транспорт та енергетика, тощо. Створений проект, який спрямований для курування за системою контролю якості пакування в рамках Studio5000, зображено на рисунку 3.5.

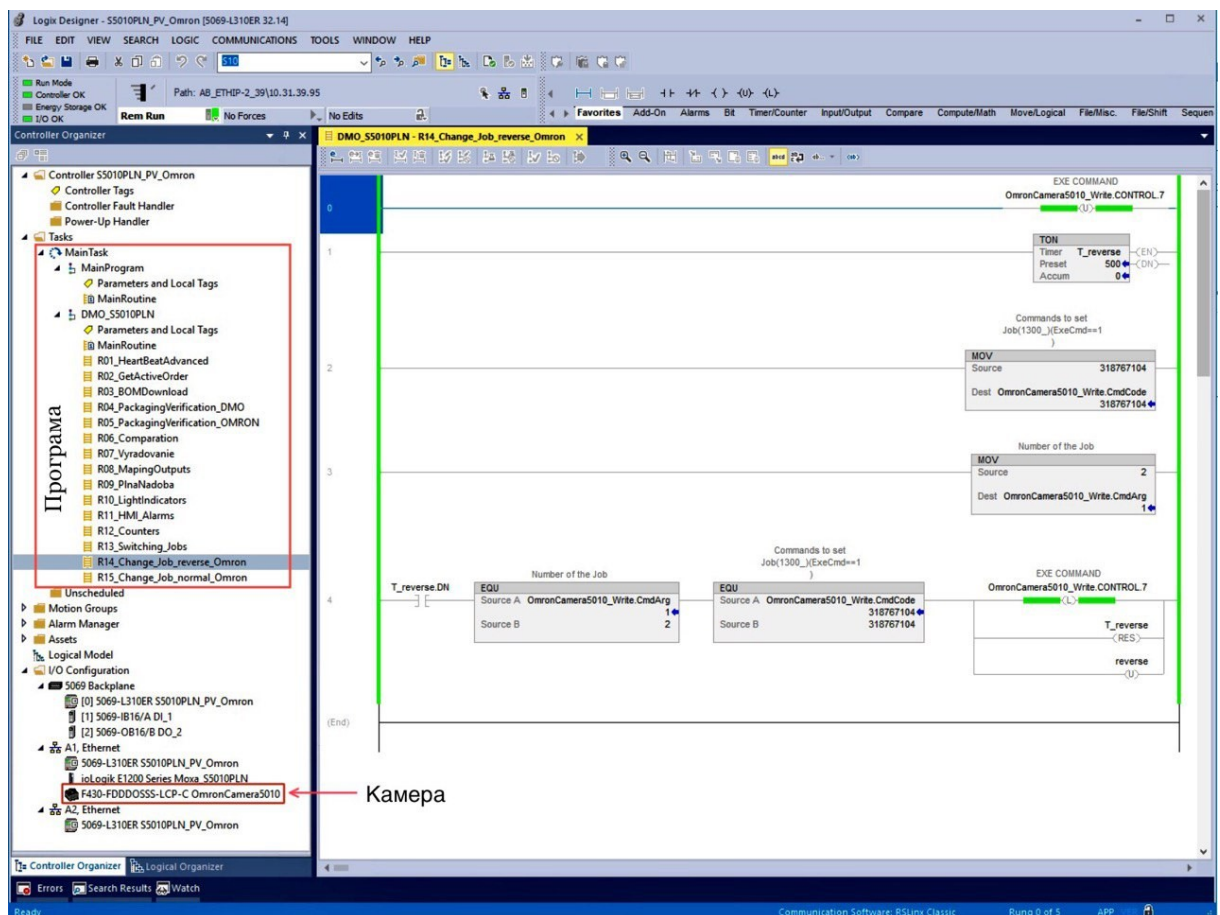


Рисунок 3.5 – Проект з управління системою перевірки якості упаковки в Studio5000

Щоб встановити зв'язок між камерою і ПЛК АСКППЯУВЛ, необхідно було завантажити файл EDS в Studio 5000, щоб ПЛК АСКППЯУВЛ міг ефективно взаємодіяти з пристроєм. Потім камера була налаштована на зчитування і

декодування як QR-кодів, так і тексту за допомогою програми AutoVISION. Програма камери була розроблена таким чином, щоб спочатку ідентифікувати код фабрики, яким є 0364, що міститься на кожній упаковці з продукцією в межах коду партії. Це було досягнуто за допомогою інструменту «Locate», відповідно якого змінюються положення полів для зчитування і декодування тексту і QR-коду відповідно. Інструмент «OCR» був навчений для підвищення точності розпізнавання цифр шляхом включення додаткових зразків кожної цифри в бібліотеку. Для декодування QR-коду, що містить номер матеріалу, був використаний інструмент «Decode», де був обраний тип коду DataMatrix, що використовується на заводі Nestlé Slovensko s.r.o. Крім того, була розроблена окрема програма для продуктів з перевернутими термінами придатності та кодами партій.

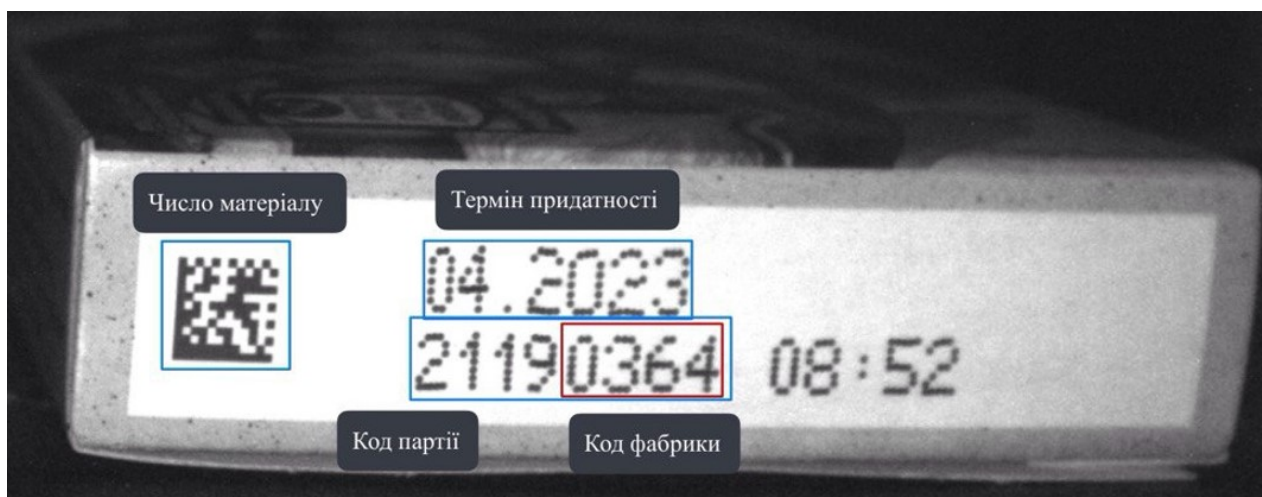


Рисунок 3.6 – Зразок упаковки та опис її компонентів

Для того, щоб передати декодовану та зчитану інформацію (дані) до ПЛК АСКППЯУВЛ через EtherNet/IP-зв'язок, необхідно отримати доступ до окремих байтів телеграми за допомогою піктограми ланцюжка, розташованої на правій стороні техніки (інспекцій). Це дозволяє відображати всі відповідні дані, включаючи стан техніки (інспекції), декодовані дані та дані, що зчитуються. Крім того, основний стан камери, наприклад, статус онлайн/офлайн і будь-які помилки зв'язку, автоматично включаються в телеграму з окремими байтами, виділеними

для цього. Налаштування (конфігурація) камери в AutoVISION і також відкрите вікно для мапування даних до ПЛК АСКПЛЯУВЛ зображено на рисунку 3.7.

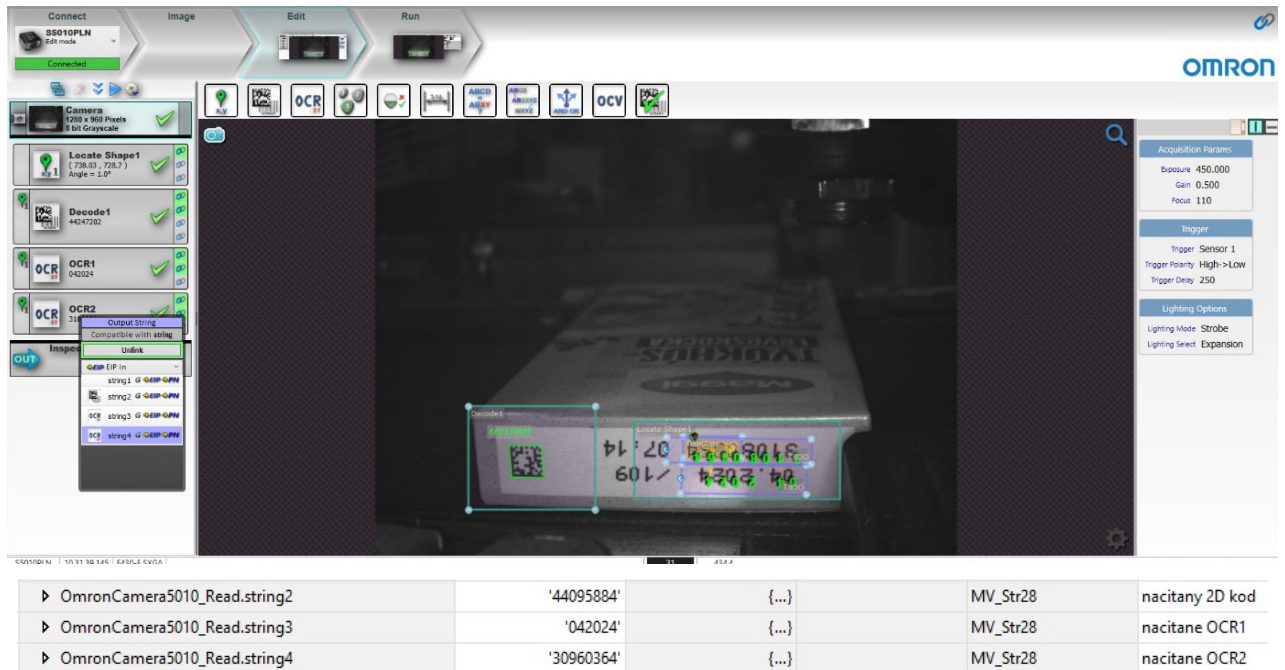


Рисунок 3.7 – Налаштування камери в AutoVISION та надсилання зчитаних даних до ПЛК

Наступним кроком має бути завантаження даних поточного продукту на лінії з MES АСКПЛЯУВЛ до ПЛК АСКПЛЯУВЛ, щоб система працювала в автоматичному режимі з мінімальним втручанням оператора. Для цього було створено карту тегів від ПЛК АСКПЛЯУВЛ до MES АСКПЛЯУВЛ. В рамках цього процесу в ПЛК АСКПЛЯУВЛ були визначені і створені теги, необхідні для перевірки якості упаковки, щоб дані з MES могли потім зберігатися на цих тегах. Функції за замовчуванням в MES АСКПЛЯУВЛ були використані для посилення на мітки з ПЛК АСКПЛЯУВЛ і зв'язування їх з індивідуальними даними про продукт. Ці посилення дозволяють MES АСКПЛЯУВЛ надсилати дані про продукт на правильні мітки в ПЛК АСКПЛЯУВЛ, забезпечуючи автоматичне зчитування цих даних. Весь процес завантаження даних про продукт з MES АСКПЛЯУВЛ в ПЛК АСКПЛЯУВЛ був розроблений таким чином, щоб бути максимально простим і ефективним, щоб забезпечити створення надійної і

автоматизованої системи перевірки якості упаковки, яка надає точну і швидку інформацію про продукт.

Наступний крок передбачає передачу поточних даних про продукт із MES АСКПЛЯУВЛ до ПЛК АСКПЛЯУВЛ, щоб система функціонувала автоматично з мінімальним людським втручанням. Для цього в ПЛК АСКПЛЯУВЛ була створена карта тегів, яка відповідає MES АСКПЛЯУВЛ. Під час цього налаштування були визначені конкретні теги, необхідні для перевірки якості під час пакування, і налаштовані в ПЛК АСКПЛЯУВЛ для отримання та зберігання даних від MES АСКПЛЯУВЛ. Використовуючи функції за замовчуванням в MES АСКПЛЯУВЛ, теги з ПЛК АСКПЛЯУВЛ були пов'язані з індивідуальними даними продукту, що дозволило безперешкодно передавати інформацію. Цей зв'язок гарантує, що MES АСКПЛЯУВЛ може точно надсилати дані про продукт на визначені теги в ПЛК АСКПЛЯУВЛ для автоматичного зчитування потрібних даних. Весь процес передачі даних про продукт від MES АСКПЛЯУВЛ до ПЛК АСКПЛЯУВЛ був реалізований для підвищення ефективності та простоти з метою створення надійної та автоматизованої системи контролю якості упаковки, яка надає точну і своєчасну інформацію про продукт а також мінімізує помилки викликані людським фактором.

opcda://SKPRVL0204/OI.ABCIP_S5010.2		opcda://SKPRVL0204/OI.ABCIP_S5010.2	
- S5010PLN		S5010PLN	
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[0].DMO_MaterialGroup	DMO_S10_KartCorazza_BDF[0].DMO_MaterialGroup	System.String
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[0].DMO_MaterialGroup_v	DMO_S10_KartCorazza_BDF[0].DMO_MaterialGroup	System.String
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[0].DMO_MaterialIdNumeric	DMO_S10_KartCorazza_BDF[0].DMO_MaterialIdNumeric	System.Int32
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[0].DMO_MaterialIdNumeric_v	DMO_S10_KartCorazza_BDF[0].DMO_MaterialIdNumeric	System.Int32
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[1].DMO_MaterialGroup	DMO_S10_KartCorazza_BDF[1].DMO_MaterialGroup	System.String
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[1].DMO_MaterialGroup_v	DMO_S10_KartCorazza_BDF[1].DMO_MaterialGroup	System.String
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[1].DMO_MaterialIdNumeric	DMO_S10_KartCorazza_BDF[1].DMO_MaterialIdNumeric	System.Int32
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[1].DMO_MaterialIdNumeric_v	DMO_S10_KartCorazza_BDF[1].DMO_MaterialIdNumeric	System.Int32
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[10].DMO_MaterialGroup	DMO_S10_KartCorazza_BDF[10].DMO_MaterialGroup	System.String
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[10].DMO_MaterialGroup_v	DMO_S10_KartCorazza_BDF[10].DMO_MaterialGroup	System.String
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[10].DMO_MaterialIdNumeric	DMO_S10_KartCorazza_BDF[10].DMO_MaterialIdNumeric	System.Int32
<input type="checkbox"/>	☞ PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDF[10].DMO_MaterialIdNumeric_v	DMO_S10_KartCorazza_BDF[10].DMO_MaterialIdNumeric	System.Int32

Рисунок 3.8 – Додані теги в MES

Function	Instance	Machine	Enabled	Notifications
- BOMDownload (2)		S5010PLN_KartonovaciStrojCorazza	True	True
<b>Name</b>	<b>Data Type</b>	<b>Initial Value</b>	<b>Current Value</b>	<b>Tag Name</b>
DMOResult	System.Int32	0	0	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDL.DMO_DMOResult
DMOStatus	System.Int32	0	0	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDL.DMO_DMOStatus
FixedWeightUOM	System.String	Not Set	Not Set	
ItemCount	System.Int32	0	0	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDL.DMO_ItemCount
LastMessage	System.String	Not Set	Not Set	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDL.DMO_LastMessage
MaterialCount	System.Int32	0	0	
MaterialProducedCount	System.Int32	0	0	
PLCStatus	System.Int32	Not Set	Not Set	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_BDL.PLC_PLCStatus
Trigger	System.Boolean	false	false	
VerificationSuffix	System.String	_v		
+ GetActiveOrder (1)		S5010PLN_KartonovaciStrojCorazza	True	False
- HeartbeatAdvanced (1)		S5010PLN_KartonovaciStrojCorazza	True	True
<b>Name</b>	<b>Data Type</b>	<b>Initial Value</b>	<b>Current Value</b>	<b>Tag Name</b>
CommunicationLoss	System.Boolean	False	False	
FailureCount	System.Int32	0	0	
Heartbeat	System.Int32	Not Set	Not Set	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_HBA.DaP_HeartbeatAdvanced
HeartbeatWriteValue	System.Int32	1	1	
MaxHeartbeatFailureCount	System.Int32	6	6	
- VerifyPackaging (1)		S5010PLN_KartonovaciStrojCorazza	True	True
<b>Name</b>	<b>Data Type</b>	<b>Initial Value</b>	<b>Current Value</b>	<b>Tag Name</b>
VerificationCode	System.String	Not Set	Not Set	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_VPM.PLC_VerificationCode
VerificationError	System.Boolean	false	false	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_VPM.DMO_VerificationError
VerifyPackagingRequest	System.Int32	Not Set	Not Set	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_VPM.DaP_VerifyPackagingRequest
VerifyPackagingStatus	System.Int32	Not Set	Not Set	PORT_CIP.S5010.BP.5010.DMO_S10_KartCorazza_VPM.DaP_VerifyPackagingStatus

Рисунок 3.9 – Використання функцій і підключення тегів в MES

### 3.2 Встановлення обладнання на виробничій лінії на фабриці Nestlé Slovensko s.r.o

Наскільки це можливо, на лінії було встановлено обладнання, необхідне для роботи АСКПЛЯУВЛ. Зокрема, датчик розміщений на КС перед камерою, камеру та клапани розмістили на профільній підставці, щоб їх можна було розмістити відповідно до стилю. Камеру потрібно було встановити за каплеструйним принтером, щоб коли робиться знімок, термін придатності вже був присутнім. Пневматичні форсунки були додані для безпеки операторів, оскільки самі клапани працюють дуже шумно. ПЛК АСКПЛЯУВЛ розмістили в щитку, до якого під'єднали все це обладнання. Навпроти клапанів розмістили збірний контейнер для збору неправильно упакованого продукту. Незважаючи на обмежений простір на лінії, необхідне обладнання для перевірки якості упаковки було ефективно встановлено. У додатках А і Б наведено візуальні зображення, що демонструють встановлення системи перевірки якості упаковки на виробничій лінії на заводі Nestlé Slovensko s.r.o., а окремі апаратні компоненти системи позначені синіми прямокутниками.

### 3.3 Розробка та реалізація НМІ для керованого дискретного процесу

Створення та впровадження візуалізації для регульованого дискретного процесу АСКПЛЯУВЛ є критично важливим елементом у моніторингу та управлінні різними виробничими процедурами. Відображення цих процесів в режимі реального часу за допомогою зручних графічних інтерфейсів може допомогти операторам швидко виявляти і вирішувати проблеми, тим самим мінімізуючи простой виробництва і підвищуючи загальну ефективність. InTouch від Aveva (Wonderware) – це широко використовувана платформа для візуалізації процесів, що пропонує широкі можливості налаштування та безперешкодну інтеграцію з багатьма іншими системами. У цьому розділі буде розглянуто розробку та виконання візуалізації для регульованого дискретного виробничого процесу, з акцентом на систему контролю якості упаковки, впровадженій на виробничій лінії на підприємстві Nestlé Slovensko s.r.o.

Перед впровадженням НМІ для АСКПЛЯУВЛ необхідно чітко визначити вимоги, яким повинен відповідати додаток. Ось деякі з вимог, які є актуальними для цього проекту:

- ручне введення даних: НМІ АСКПЛЯУВЛ має надавати можливість користувачам вручну вводити дані, необхідні для перевірки правильності пакування;
- статистика: НМІ АСКПЛЯУВЛ повинен відображати статистичні дані про якість пакування, що дозволить моніторити та покращувати процеси;
- сигнали тривоги: НМІ АСКПЛЯУВЛ, повинен мати функцію сповіщення про тривоги, які виникають під час перевірки продукту, що забезпечить своєчасну реакцію на проблеми;
- контроль відбраковування: НМІ АСКПЛЯУВЛ має дозволяти користувачам вмикати та вимикати функцію відбраковування, а також підтверджувати правильність виконаного відбраковування;

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

– фотографії з камери: НМІ АСКППЯУВЛ повинен відображати фотографії з камери, щоб користувачі могли миттєво побачити, що саме не так із пакуванням;

– важливо, щоб всі ці вимоги були враховані в дизайні НМІ АСКППЯУВЛ та виконані під час його реалізації.

При реалізації НМІ для АСКППЯУВЛ використовувався широкий спектр інструментів (об'єктів) і функцій Aveva InTouch для створення інтуїтивно зрозумілого та ефективного користувацького інтерфейсу.

Важливим інструментом (об'єктом) у додатку був текстовий дисплей, який дозволяв відображати інформацію про упаковку та її стан, а також дані, отримані з камери.

Використовуючи видимість, елементи можна було показувати або приховувати залежно від стану упаковки та обраних користувачем опцій.

Зміна стилю елементів також була важливою функцією, що дозволяла налаштовувати кольори, шрифти, розміри та інші параметри для кожного елемента в НМІ. Це дозволило створити унікальний і чіткий дизайн, який відповідав вимогам і потребам користувачів і системи перевірки якості упаковки.

Функціонал для демонстрації зображень, захоплених камерою на НМІ АСКППЯУВЛ, був досягнутий завдяки використанню функції відображення веб-сторінки. Це дозволило користувачам (операторам) переглядати реальні фотографії упаковки безпосередньо в додатку. Крім того, функція конфігурації веб-сторінки камери дозволила налаштувати відображення поточного зображення та збереження потрібного (задовільного) функціоналу.

Крім того, на інтерфейсі користувачам (операторам) доступні кнопки для виконання різних дій (процесів), таких як скидання тривоги, керування вимкненнями та запис даних до ПЛК АСКППЯУВЛ.

Використовуючи ці інструменти (об'єкти) та функції, було розроблено НМІ АСКППЯУВЛ для полегшення моніторингу та контролю АСКППЯУВЛ. Він дозволяє відображати інформацію з різних джерел, включаючи дані, введені

вручну, дані MES АСКПЛЯУВЛ, зображення з камери, статистику, сигнали тривоги та попереджень, перемикачі, перемикачі увімкнення/вимкнення та підтвердження MES АСКПЛЯУВЛ про правильність (відповідність) пакування.

Інтерактивний дизайн НМІ АСКПЛЯУВЛ дозволив операторам (користувачам) візуально контролювати (керувати) та слідкувати за процесом, виявляти проблеми та вживати необхідних заходів, таких як ручне введення даних або підтвердження пакування в MES АСКПЛЯУВЛ. НМІ АСКПЛЯУВЛ також забезпечував швидку ідентифікацію (вирішення) проблем за допомогою сповіщень про тривогу. НМІ АСКПЛЯУВЛ, створений в Aveva InTouch, як показано на рисунку 3.10 в режимі редагування (розробки), був розроблений для моніторингу та управління (керування) АСКПЛЯУВЛ. У лівій частині інтерфейсу відображаються всі елементи, що використовувалися в НМІ АСКПЛЯУВЛ, більшість з яких містили анімацію та події.

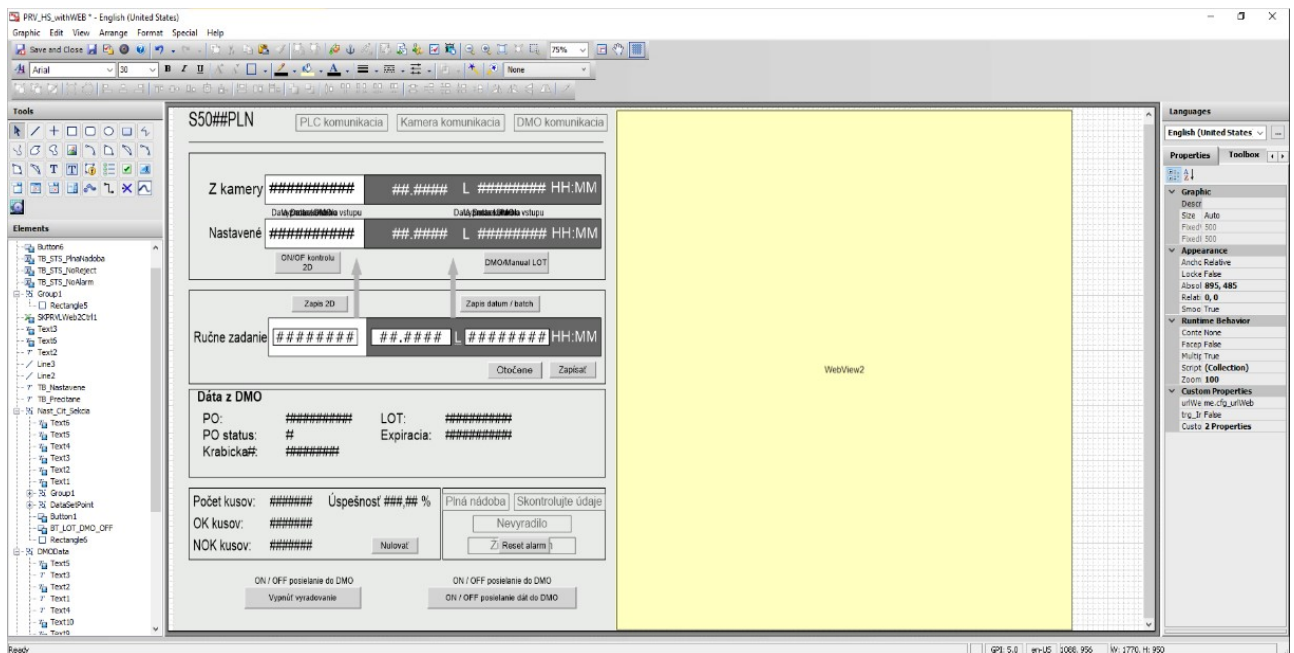


Рисунок 3.10 – Розробка програми НМІ для моніторингу та управління системою перевірки якості упакування в Aveva InTouch

НМІ АСКПЛЯУВЛ був розроблений і впроваджений в Aveva InTouch, що відповідає всім необхідним вимогам. НМІ АСКПЛЯУВЛ ефективно контролює і відстежує АСКПЛЯУВЛ на заводі Nestlé Slovensko s.r.o. в режимі реального часу,



сигнал через інтерфейс вводу/виводу на вхідному модулі. На основі цього ПЛК АСКППЯУВЛ посилає сигнал камері зробити знімок з вихідного модуля через інтерфейс вводу/виводу, також є затримка сканування. Камера сканує продукт, обробляє зображення, виявляє наявність коду фабрики, декодує QR-код, зчитує термін придатності та код партії і надсилає його до ПЛК АСКППЯУВЛ через протокол EtherNet/IP. На основі даних, отриманих від MES АСКППЯУВЛ та камери, ПЛК АСКППЯУВЛ оцінює, чи продукт упакований у правильну (відповідну) упаковку, чи має він правильні (відповідні) термін придатності та код партії. Якщо продукт не відповідає вимогам (критеріям), ПЛК АСКППЯУВЛ надсилає сигнал з вихідного модуля на клапани, щоб ті відкрилися, і неякісний (неправильний) продукт здувається з КС у спеціальний контейнер, а якщо все в порядку, він проходить далі по КС, де сидить оператор і пакує перевірені продукти в коробки. ПЛК АСКППЯУВЛ також підраховує кількість усіх продуктів і кількість правильних продуктів та оцінює успішність виробництва на лінії(ведення статистики). Візуалізація також включає будь-які тривоги (попередження), які можуть виникнути під час роботи АСКППЯУВЛ.

Нижче наведена таблиця 3.1 з переліком усіх компонентів, які використовувалися при впровадженні АСКППЯУВЛ на заводі Nestlé Slovensko s.r.o. На додаток до цих компонентів, на заводі також були виготовлені і використані контейнер для неякісної (неправильної) продукції і кронштейни для клапанів, форсунок і камери.

Для впровадження АСКППЯУВЛ на заводі Nestlé Slovensko s.r.o. використовувалися різні програмні інструменти, включаючи Studio5000 для програмування ПЛК АСКППЯУВЛ, AutoVISION для налаштування камери і Aveva InTouch для створення екрану НМІ АСКППЯУВЛ. Ці інструменти забезпечили необхідну функціональність для розробки, конфігурації та інтеграції різних частин системи, що дозволило досягти необхідної функціональності та ефективності (продуктивності). Програмне рішення MES АСКППЯУВЛ також використовувалося для налаштування зв'язку з ПЛК АСКППЯУВЛ, щоб

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		63

забезпечити наявність актуальних даних про продукт, завдяки чому було досягнуто мінімалізацію людського фактору при контролі (перевірці).

Таблиця 3.1 – Перелік використаних компонентів

Компонент	Кількість, шт.	Марка	Модель
ПЛК	1	Allen-Bradley	5069-L310ER
Вхідний модуль для ПЛК	1	Allen-Bradley	5069-IB16
Вихідний модуль для ПЛК	1	Allen-Bradley	5069-OB16
Камера	1	Omron	MicroHAWK F430
Оптичний датчик	1	Sick	WT100-2P3439
Клапан	2	Festo	MHJ10-S-2,5-QS-6-HF
Форсунка	2	Lechler	600.484.56.ac
Кабель до датчика	1	Sick	YF8U13-050VA1XLEAX
Різьбове з'єднання для форсунки	2	Festo	QSF-1/4-6-B
Кабель Ethernet до камери	1	Omron	V430-WE-5M
Кабель живлення до камери	1	Omron	V430-W8-5M

Просторові розташування та вимоги АСКПІЯУВЛ на заводі Nestlé Slovensko s.r.o. виглядають наступним чином:

1. Камера повинна бути розміщена за каплеструйним принтером, який розпилює термін придатності та код партії на продукт. Така позиція гарантує, що в цей момент продукт повинен мати термін придатності та код партії. QR-код наноситься на упаковку перед початком виробництва продукту. У цей час, коли все повинно бути правильно, система перевіряє (контролює) його, щоб переконатися, що це дійсно так.

2. Оптичний датчик повинен бути розміщений перед камерою. Його завдання – відстежувати рух продуктів і на основі цього надсилати сигнал до камери для роблення знімку виробку.

3. Форсунки, до яких приводиться стиснене повітря від клапану, повинні бути розміщені позаду камери з невеликою відстанню між ними. Таке розташування гарантує, що камера має достатньо часу для зчитування та декодування дати та коду, а також ПЛК АСКППЯУВЛ має достатньо часу для оцінки правильності (відповідності) продукту. Цей час для всієї оцінки (перевірки) становить максимум 0,5 секунди. Крім того, форсунки повинні бути налаштовані таким чином, щоб здувати продукт зі КС. Форсунки були додані з безпечних для операторів умов, аби звук від здування продукту не пересягав допустиму норму.

Контейнер для неякісних (неправильних) продуктів повинен бути розміщений навпроти форсунок. Його функція – збирати неякісні продукти, які не пройшли систему валідації та перевірки.

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		65

## ВИСНОВКИ

У заключному розділі цієї дипломної роботи можна стверджувати, що перевірка точності пакування та термінів придатності має вирішальне значення для гарантування безпеки та добробуту споживачів. Ці системи є значною інвестицією у виробничі лінії, що слугує підвищенню ефективності, зменшенню витрат і втрат, а також зменшенню ризиків для споживачів. Сьогодні все більше уваги приділяється дотриманню суворих харчових стандартів і правил. Ці системи допомагають виробникам харчових продуктів гарантувати, що їхня продукція відповідає цим стандартам і нормам, вселяючи більшу впевненість у споживачів у безпечності та корисності продуктів, які вони купують.

У дипломній роботі було ретельно розроблено і впроваджено систему контролю якості пакування, яка відповідає всім вимогам клієнта. Для системи було розроблено алгоритм і запрограмовано ПЛК АСКППЯУВЛ, який оцінює, чи правильно упаковано продукт, чи правильно надруковано термін придатності і чи надруковано його взагалі. Відповідно до вимог клієнта було розроблено та інтегровано НМІ для моніторингу та управління (керування) АСКППЯУВЛ. Ця система була встановлена на виробничій лінії на підприємстві Nestlé Slovensko s.r.o. і ефективно використовується з показником успішності до 99%. Виробництво продуктів харчування є делікатною справою, і забезпечення якості та безпеки харчових продуктів залишається головним пріоритетом для всіх виробників. Впровадження цієї системи контролю якості упаковки може допомогти виробникам у перевірці безпечності та відповідності їхньої продукції суворим стандартам і нормам.

Враховуючи сприятливі результати використання системи забезпечення якості пакування в реальних умовах, цілком ймовірно, що ця система буде все ширше застосовуватися і вдосконалюватися в харчовій промисловості в майбутньому. Очікується, що завдяки високому рівню успішності ця система сприятиме підвищенню ефективності та якості виробничого процесу, забезпечуючи при цьому безпеку та здоров'я споживачів.

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		66

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Čo je PLC? [Електронний ресурс] // Posterus.sk. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.posterus.sk/?p=6903>.
2. Programmable Logic Controllers (PLCs): Basics, Types & Applications [Електронний ресурс] // Electrical4u.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electrical4u.com/programmable-logic-controllers/>.
3. Dobročáni, J. Analýza dispečerského monitorovacieho a riadiaceho systému reálneho času D/2000, DP, STU SjF 2003
4. SCADA systém je viac ako len softvérová aplikácia, AT&P journal, 2010
5. 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.
6. M. McClellan, “Introduction to manufacturing execution systems,” MES Conf. Expo., pp. 1–12, 2001.
7. B. S. De Ugarte, A. Artiba, and R. Pellerin, “Manufacturing execution system - A literature review,” Prod. Plan. Control, vol. 20, no. 6, pp. 525–539, 2009.
8. O. Sauer, “Information technology for the factory of the future - State of the art and need for action,” Procedia CIRP, 2014.
9. Офіційна сторінка Odva про технологію Ethernet/IP [Електронний ресурс] // Odva.org. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.odva.org/technology-standards/key-technologies/ethernet-ip/>.
10. Савченко О. І. Тераріумні тварини: екологія, біологія, утримання / О. І. Савченко, О. О. Савченко, В. О. Савченко. // Харків: Фактор. – 2017. – С. 240.
11. Datasheet Omron F430 [Електронний ресурс] // Assets.omron.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://assets.omron.com/m/24fbcf8360d35b37/original/MicroHAWK-F430-Smart-Camera-Datasheet.pdf>.

12. Brochure for Omron F430 [Електронний ресурс] // Assets.omron.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://assets.omron.com/m/3ff078d7cf1788d3/original/F430-F420-Series-Smart-Camera-Brochure.pdf>.

13. 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. Монтаж електрообладнання і систем керування / За заг. ред. проф. Яковлєва В.Ф. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 348 с.

15. Brochure Aveva InTouch [Електронний ресурс] // Aveva.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/brochures/Brochure\\_AVEVA\\_InTouch2023\\_Overview\\_22-07.pdf](https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/brochures/Brochure_AVEVA_InTouch2023_Overview_22-07.pdf).

16. Bassily, Hany, et al. "A Mechatronics Educational Laboratory – Programmable Logic Controllers and Material Handling Experiments." Mechatronics 17.9 (2007): 480-8.

17. Костін М. О. Теоретичні основи електротехніки [Текст]: підручник у 3 т. / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. – Дніпро: Видво ДНУЗТ, 2006. – Т. 1. – 336 с; 2007.- Т.2.- 276 с; 2011. – Т.3, Ч.1. – 224 с; 2012.– Т.3, Ч.2. – 352 с.

18. Гуржій А. М. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. Т. Нельга, В. М. Співак. - Київ : Літера ЛТД, 2020. - 288 с.

19. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : Підручник / М. С. Будіщев. – Львів : Афіша, 2001. – 424 с.

20. IEC 61131-3:2013 Programmable controllers — Part 3: Programming languages.

21. Datasheet ПЛК 5069-L310ER [Електронний ресурс] // Literature.rockwellautomation.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/5069-td002\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/5069-td002_-en-p.pdf).

22. Datasheet I/O модулів ПЛК [Електронний ресурс] // Literature.rockwellautomation.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/5069-td001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/5069-td001_-en-p.pdf).

23. Datasheet датчика Sick [Електронний ресурс] // Sick.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.sick.com/media/pdf/1/71/671/dataSheet\\_WT100-2P3439\\_6052373\\_en.pdf](https://www.sick.com/media/pdf/1/71/671/dataSheet_WT100-2P3439_6052373_en.pdf).

24. Datasheet клапана Festo [Електронний ресурс] // Festo.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.festo.com/us/en/a/download-document/datasheet/567503/>.

25. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

26. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарсько го виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 434 с.; іл.

27. Автоматика та електропривод техніки реєстрації інформації [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Г. Г. Власюк, В. М. Співак, К. О. Трапезон, В. Вип. Аркуш № Докум. Підпис Дата Арк. КвРАКІТ.2019044.01.05.ПЗ 64 Б. Швайчен-ко. - Київ : Освіта України, 2010. - 159 с. - Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19129>.

28. Титаренко М.В., Електротехніка: Навчальний посібник/ М.В. Титаренко. – К.: Кондор, 2013. – 240 с.

29. Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлєв та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.

30. Воробйова О. М. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. / О. М. Воробйова, Ю. В. Флейта. - Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2018. - 208 с.

31. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник/ В.І. Ткачук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2006. - 440 с.

					КвРАКІТ.2020032.01.12 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		69

32. Михайленко В.Є., Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник / В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов; За ред. В.Є. Михайленка. – 6-е вид. – К.: Каравела, 2012. – 368 с.

33. Колонтаєвський Ю. П. Промислова електроніка і мікросхемотехніка / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков. під ред. А. Г. Соскова. – Вид. 2-ге, виправл. і доповн. – Харків : ХДАМГ, 2003. – 281 с.

34. Комп'ютери та комп'ютерні технології : навч. посіб. Ч. 1. Програмування в математичному пакеті MathCAD / В.П. Лисенко. І.М. Болбот. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 229 с.

35. Акопов, А. С. Імітаційне моделювання: підручник і практикум для академічного бакалаврату / А. С. Акопов. - К. : "Корнійчук", 2017. – 136с.

36. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах: Підручник / Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. – К.: ЦУЛ, 2011. – 832 с. – (МОН України. НТУ “ХПІ”).

37. Greenspan D. Introduction to Numerical Analysis and Applications / D. Greenspan. – Markham : Chicago, 1971. – 176 p.

38. Руденко В. С. Промислова електроніка / В. С. Руденко, В. Я. Ромашко, В. В. Трифонюк. – Київ : Либідь, 2003. – 432 с.

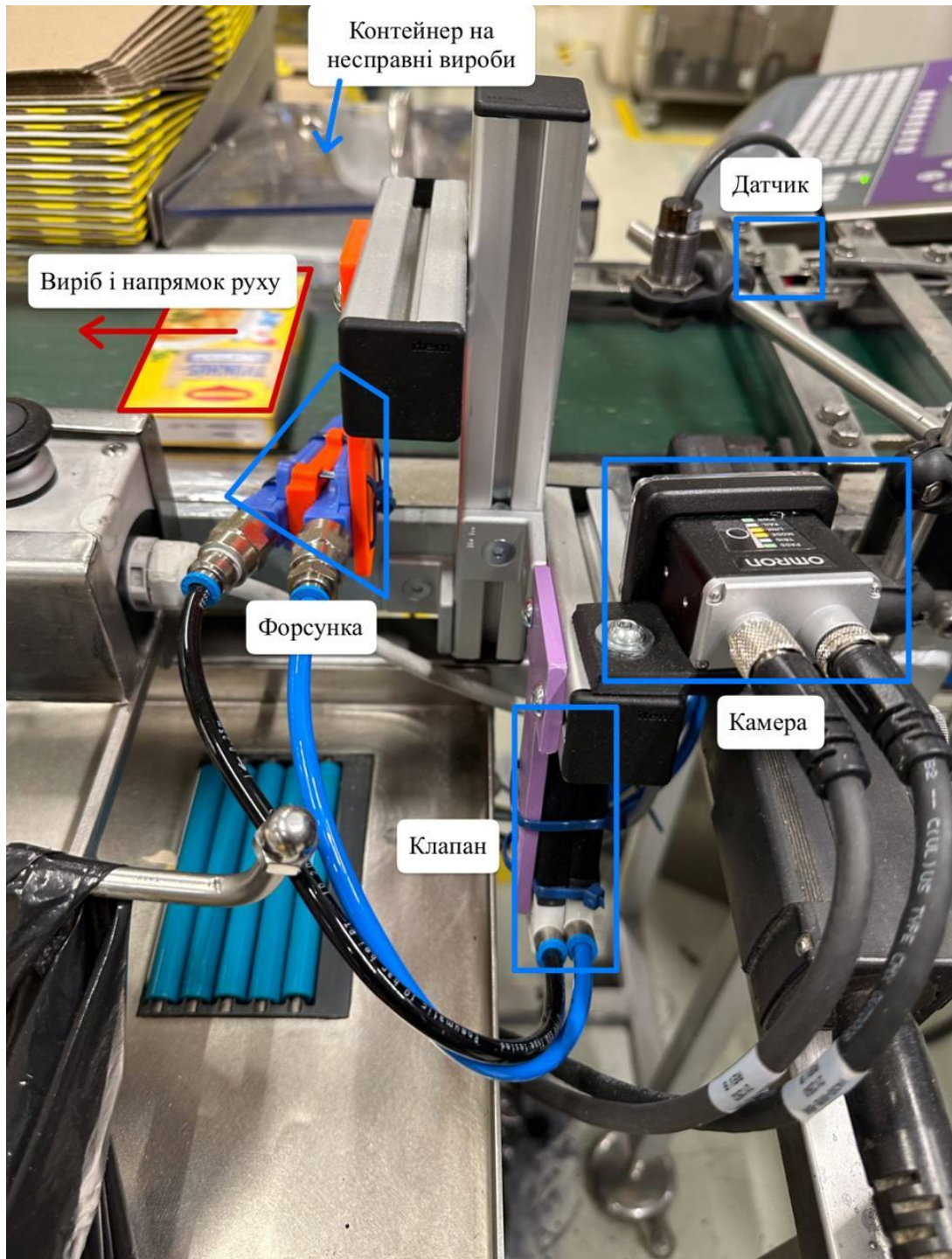
39. Панчевний Б. І. Загальна електротехніка: теорія і практика / Б. І. Панчевний, Ю. Ф. Свєргун. - 2-ге вид. - Київ : Каравела, 2004. - 440 с.

40. Качан Ю. Г. Лінійна електротехніка (теоретичні основи) [Текст]: навч. посібник / Ю. Г. Качан.– Запоріжжя: Вида-во Запорізької держ. інж. академії, 2005. – 206 с.

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

### Фото реальної інсталяції АСКПІЯУВЛ та поменування відповідних компонентів частина 1



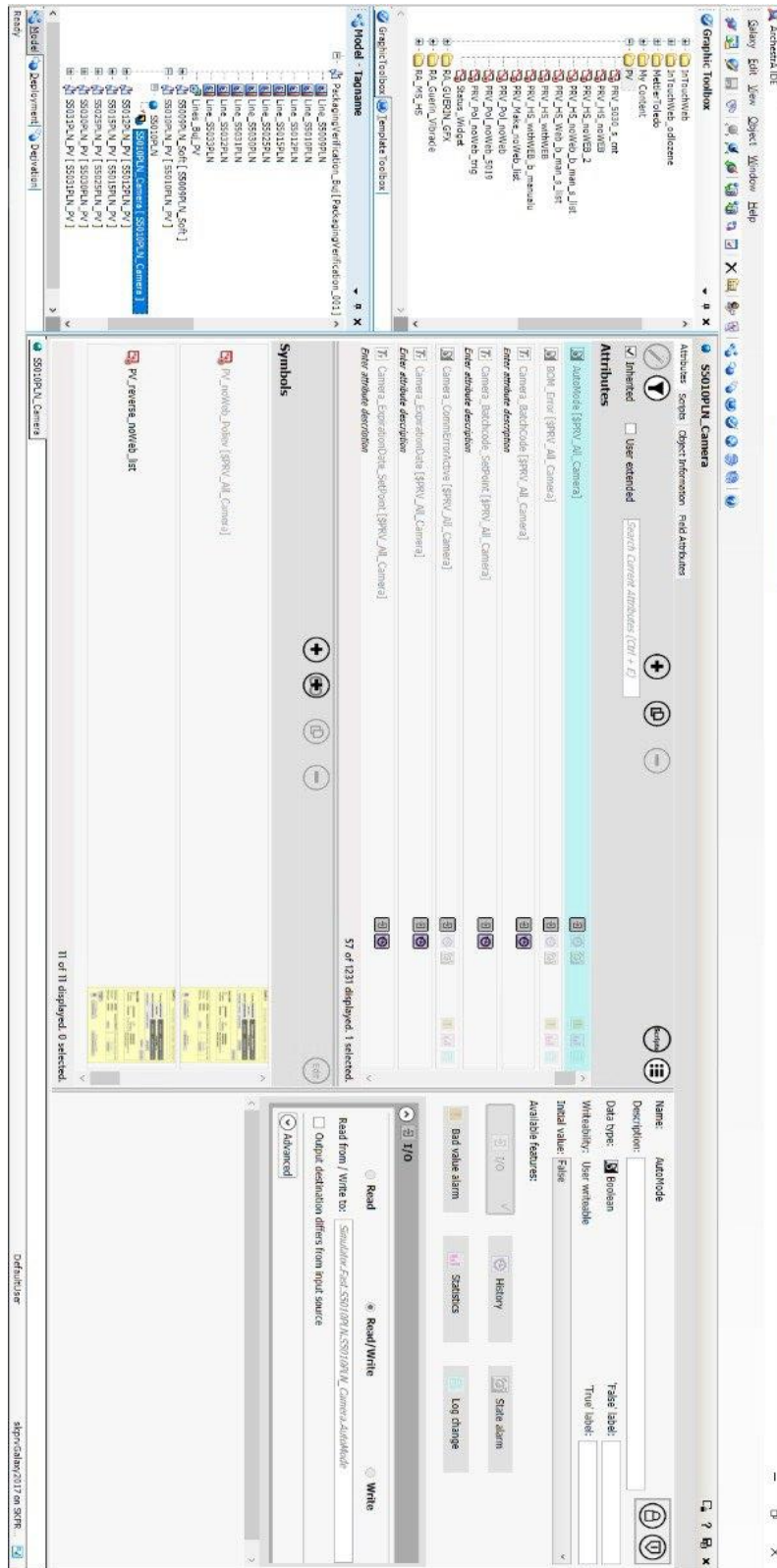
## ДОДАТОК Б

### Фото реальної інсталяції АСКПІЯУВЛ та поменування відповідних компонентів частина 2



# ДОДАТОК В

## Конфігурація у середовищі ArchestrA для подальшої розробки НМІ



## ДОДАТОК Г

### Використані програмні теги розробленого проекту у ПЛК у программі Studio5000

Таблиця Г.1 – Експортовані програмні теги проекту

Name	Value	Style	Data Type	Description
point	'	ASCII	SINT	
prazny_string	"		STRING	
bad_count	{...}		COUNTER	
blue_OFF	{...}		TIMER	
blue_ON	{...}		TIMER	
counter_na_nulovanie	{...}		COUNTER	
counter_vyradovania	{...}		COUNTER	
ctu_res	{...}		COUNTER	
CTU_S5010	{...}		COUNTER	
CTU_S5010_1minuta	8	Decimal	DINT	
DataToVCM	{...}		AOI_PreparingToVCM	
DMO_S10_KartCoraz_AOI_HEARTBEAT_ADVANCED	{...}		DMO_AOI_HEARTBEAT_ADVANCED	DMO Line: S5010PLN AOI: HEARTBEATA ADVANCED
DMO_S10_KartCorazza_AOI_BOMDownload	{...}		DMO_AOI_BOMDOWNLOADED	DMO Line: S5010PLN Machine: Kartonovaci AOI: BOMDownload
DMO_S10_KartCorazza_AOI_GAO	{...}		DMO_AOI_GET_ACTIVE_ORDER	MES Line: S5010PLN Machine: Kartonovaci AOI_GAO
DMO_S10_KartCorazza_AOI_HMI	{...}		DMO_AOI_HMI	MES Line: S5010PLN Machine: Kartonovaci AOI_HMI Interface
DMO_S10_KartCorazza_AOI_MaterialInGroup	{...}		DMO_AOI_MATERIALINGROUP	DMO Line: S5010PLN Machine: Kartonovaci

				AOI: Material In Group
DMO_S10_KartCorazza_AOI_VCM	{...}		CEE_AOI_VCM	Verify Coding Logic; Version 2.1; CEE Market
DMO_S10_KartCorazza_AOI_VPM	{...}		DMO_AOI_VERIFICATION_PACKAGING_MATERIAL	MES Line: S5010PLN Machine: Kartonovaci Finction: Verification Packaging Material
DMO_S10_KartCorazza_VCM_Logic	{...}		CEE_DT_VCM_Logic	CEE_Verify Coding Logic; Version 2.1; CEE Marketint
Heartbeat	{...}		TIMER	
i	0	Decimal	DINT	
id	0	Decimal	DINT	
id_count	{...}		COUNTER	
Index	30	Decimal	DINT	
j	0	Decimal	DINT	
JP_tmp	8141445 6	Decimal	DINT	
LED_blue_flashing	0	Decimal	BOOL	
LED_blue_flasing	0	Decimal	BOOL	
LED_orange	0	Decimal	BOOL	
loc_ONS_PV_Restart_PLCBit	0	Decimal	BOOL	
loc_RestartPLC_TON	{...}		TIMER	
localPO_Started	1	Decimal	BOOL	
majak_cerveny	0	Decimal	BOOL	
majak_modry	0	Decimal	BOOL	
majak_modry_fl	0	Decimal	BOOL	
majak_oranzovy	0	Decimal	BOOL	
majak_zeleny	0	Decimal	BOOL	
normal	0	Decimal	BOOL	
nul	0	Decimal	BOOL	
OK_2D	0	Decimal	BOOL	
OK_Batchcode	0	Decimal	BOOL	
OK_ExpirationDate	0	Decimal	BOOL	
OK_Locator	0	Decimal	BOOL	
ONS	{...}	Decimal	BOOL[32]	ONS table
ons_zapis	0	Decimal	BOOL	
orange_T_10s	{...}		TIMER	
OSF_GAOTrigger	{...}	Decimal	BOOL[32]	OSF GAOTrigger

pipak		0	Decimal	BOOL	
pipak_orange		0	Decimal	BOOL	
pipak_plna_OFF_T	{...}			TIMER	
pipak_plna_T	{...}			TIMER	
pipak_red		0	Decimal	BOOL	
pipak_red_ON	{...}			TIMER	
plna	{...}			TIMER	
po	'0000280 12943'			STRING	
pocet_kusov	{...}			COUNTER	
polievka	{...}			polievka[30]	
pom_res		0	Decimal	BOOL	
pomocna		1	Decimal	BOOL	
prazdny_string	"			STRING	
reset_ctu		0	Decimal	BOOL	
ResetTime	{...}		Decimal	DINT[3]	
reverse		0	Decimal	BOOL	
storage_bit2		1	Decimal	BOOL	
stroj_OFF		0	Decimal	BOOL	
T_1m	{...}			TIMER	
T_GAOtrig	{...}			TIMER	
T_normal	{...}			TIMER	
T_reverse	{...}			TIMER	
T1s	{...}			TIMER	
T1s_2	{...}			TIMER	
T2s	{...}			TIMER	
test_JP	{...}		Decimal	BOOL[32]	
Test_JP_toCamera		0	Decimal	BOOL	
Test_JP_toCameraWrite		0	Decimal	BOOL	
timer	{...}			TIMER	
Timer_PV_Cycle	{...}			TIMER	
timerOmron_SendData	{...}			TIMER	
vyradovanie		0	Decimal	BOOL	
zapis		0	Decimal	BOOL	

ДОДАТОК Д  
Презентаційні матеріали

Автоматизована системи  
керування процесом  
перевірки якості упаковки на  
виробничій лінії

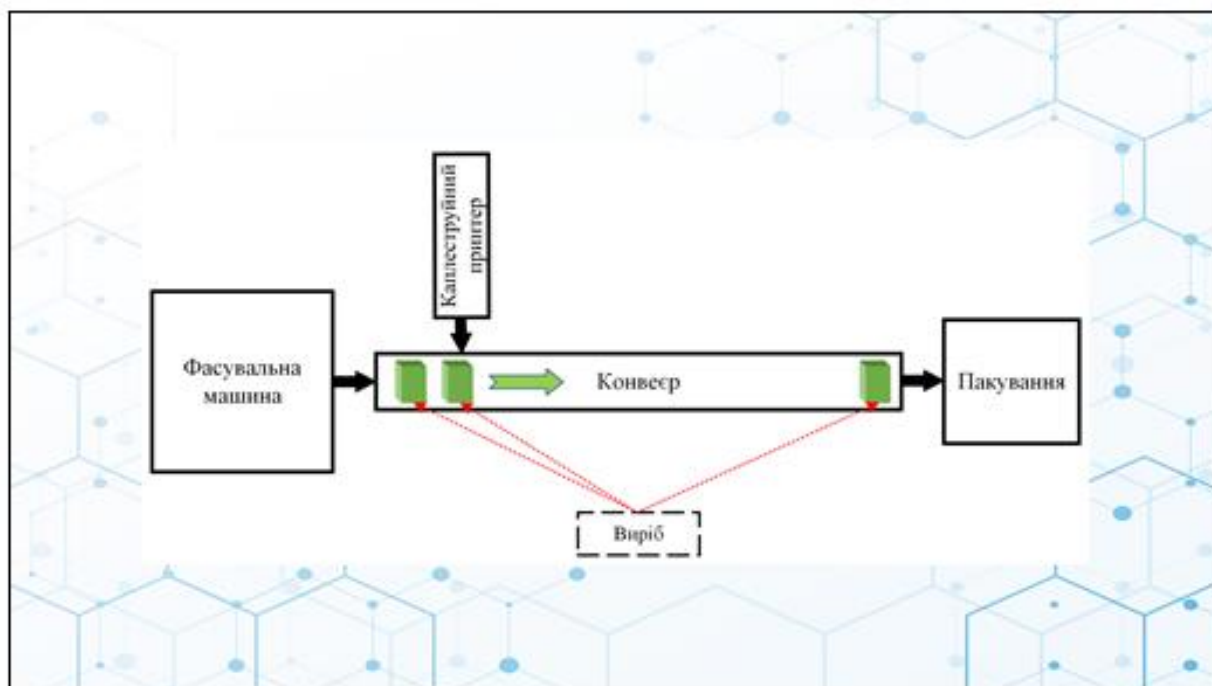
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА бакалавра

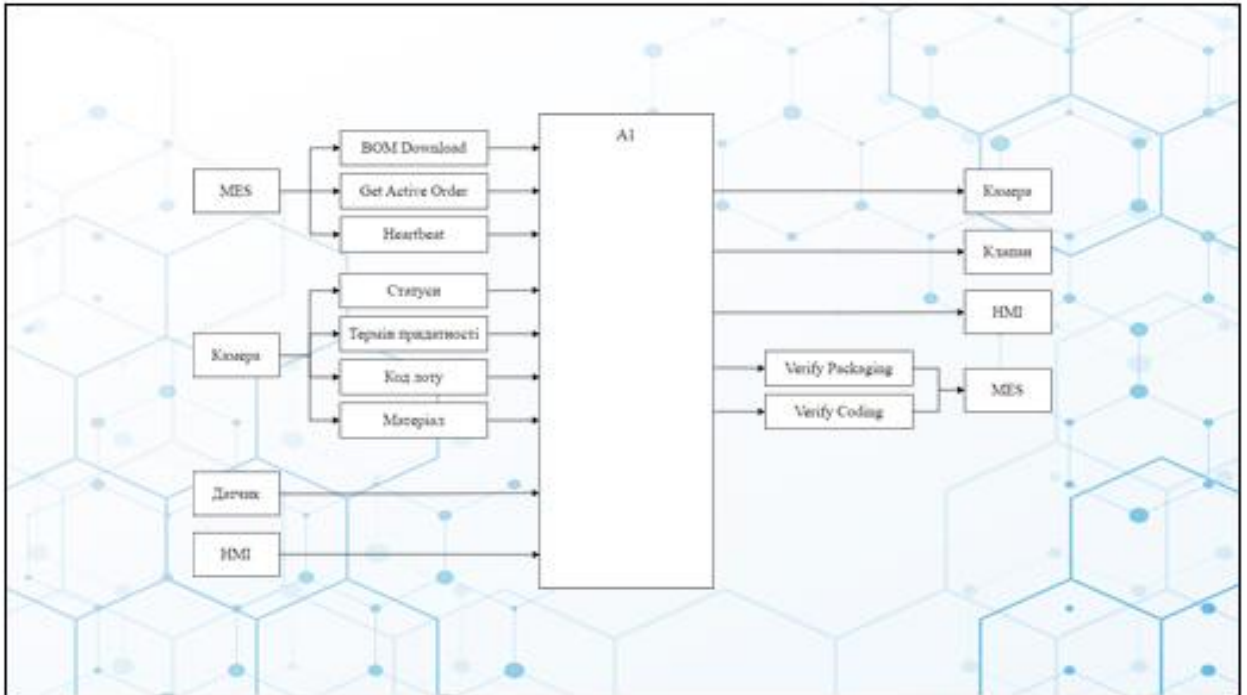
МЕТА

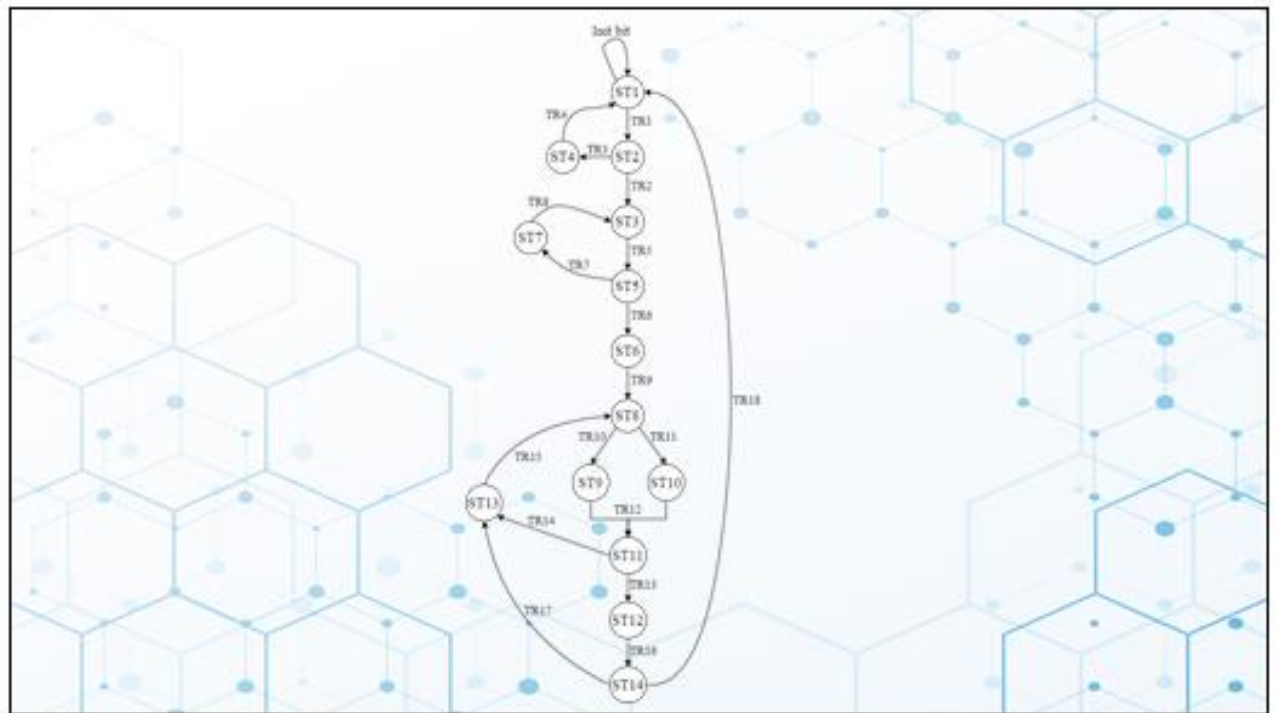
Мета розроблюваного проекту полягає в:

- створенні та реалізації автоматизованої системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії з використанням передових технологій та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом користувача.

У роботі виконана розробка і аналіз технологічної схеми, тобто принципу роботи. Було розроблено програмно-апаратне рішення для системи контролю якості, що включає датчики і камеру для оцінки упаковки, а також ПЛК і систему HMI для обробки і візуалізації даних. Ці дослідження представлені у вигляді алгоритму керування.







TR1 = MES\_Heartbeat\_Active  $\wedge$   $\overline{\text{Timer30s}}$ ;

TR2 = MES\_Trig\_GAO  $\vee$  RestartPLCbit;

TR3 = DataFromGAO;

TR4 = MES\_InitBit  $\vee$  RestartPLCbit;

TR5 = MES\_BOM\_Request  $\wedge$  (BOM\_NumItems < 22);

TR6 = Camera\_Comm  $\wedge$  Camera\_Online;

TR7 = BOM\_Error  $\vee$  DataFromBOM;

TR8 = MES\_BOM\_Request;

TR9 = Датчик  $\wedge$  Camera\_Busy  $\wedge$  TimerTrigCam;

TR10 = (Setpoint == DataFromMES);

TR11 = (Setpoint == DataFromManual);

TR12 = DataFromCamera  $\wedge$  Setpoint;

TR13 = ПомилкаНаПродукті;

TR14 = ПомилкаНаПродукті;

TR15 = Датчик  $\wedge$  Camera\_Busy  $\wedge$  Verification;

TR16 = TimerReject  $\wedge$  Клапан;

TR17 = RejectCompleted;

TR18 = RejectCompleted  $\wedge$  (MES\_Heartbeat\_Active  $\vee$  Camera\_Comm Camera\_Comm  $\vee$  Camera\_Comm  $\vee$  Camera\_Online  $\vee$  MES\_Trig\_GAO  $\vee$  MES\_BOM\_Request  $\vee$  NewOrder);

ST1 = (ST1  $\vee$  TR4  $\vee$  TR18  $\vee$  Initbit)  $\wedge$   $\overline{\text{TR1}}$ ;

ST2 = (ST2  $\vee$  TR1)  $\wedge$   $\overline{\text{TR2}} \wedge \overline{\text{TR3}}$ ;

ST3 = (ST3  $\vee$  TR2  $\vee$  TR8)  $\wedge$   $\overline{\text{TR5}}$ ;

ST4 = (ST4  $\vee$  TR3)  $\wedge$   $\overline{\text{TR4}}$ ;

ST5 = (ST5  $\vee$  TR5)  $\wedge$   $\overline{\text{TR6}} \wedge \overline{\text{TR7}}$ ;

ST6 = (ST6  $\vee$  TR4  $\vee$  TR18)  $\wedge$   $\overline{\text{TR1}} \wedge$  Initbit;

ST7 = (ST7  $\vee$  TR7)  $\wedge$   $\overline{\text{TR8}}$ ;

ST8 = (ST8  $\vee$  TR9  $\vee$  TR15)  $\wedge$   $\overline{\text{TR10}} \wedge \overline{\text{TR11}}$ ;

ST9 = (ST9  $\vee$  TR10)  $\wedge$   $\overline{\text{TR12}}$ ;

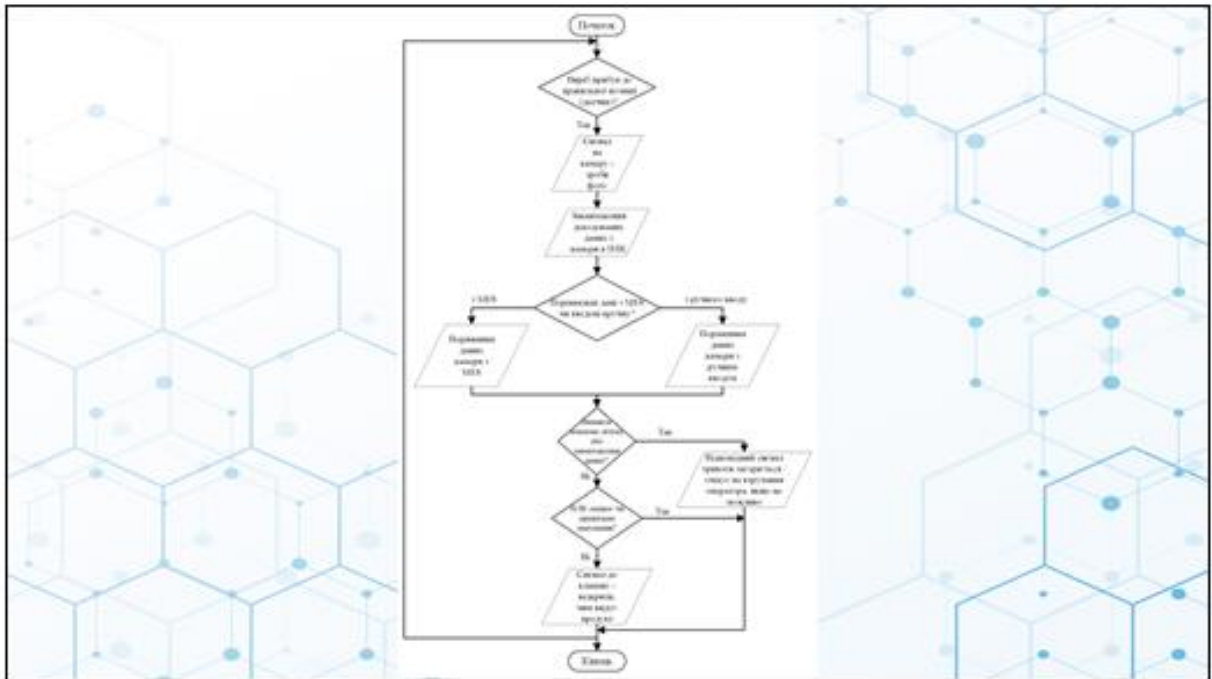
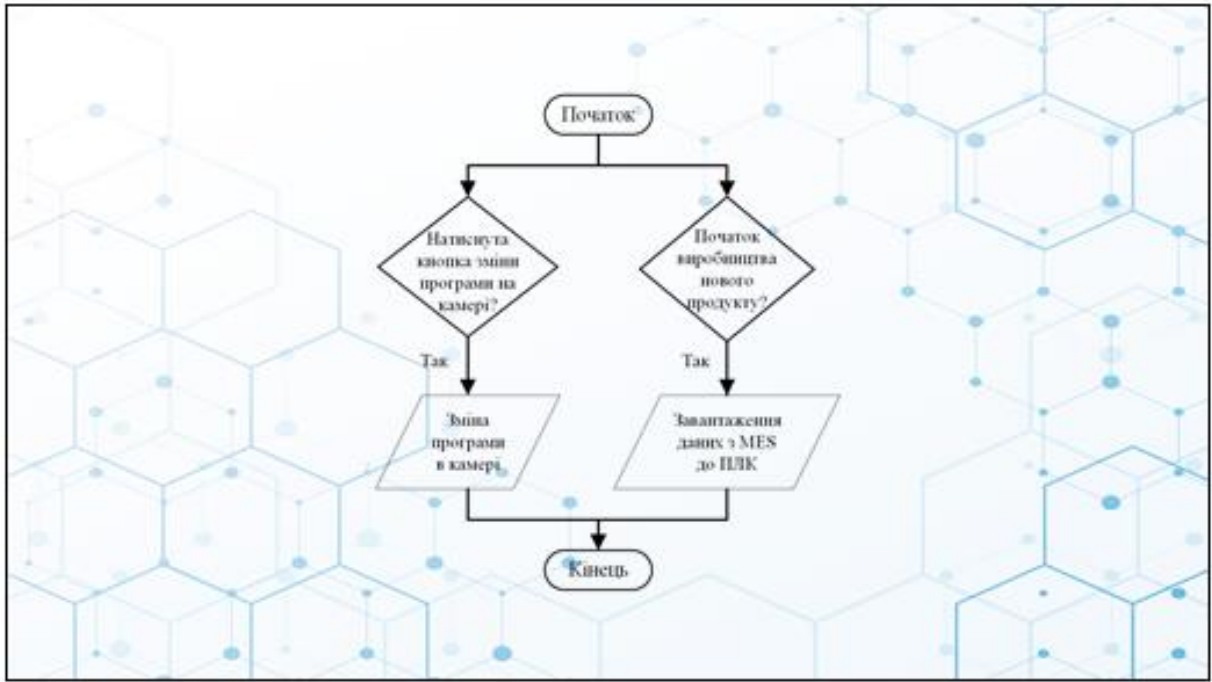
ST10 = (ST10  $\vee$  TR11)  $\wedge$   $\overline{\text{TR12}}$ ;

ST11 = (ST11  $\vee$  TR12)  $\wedge$   $\overline{\text{TR13}} \wedge \overline{\text{TR14}}$ ;

ST12 = (ST12  $\vee$  TR13)  $\wedge$   $\overline{\text{TR16}}$ ;

ST13 = (ST13  $\vee$  TR14  $\vee$  TR17)  $\wedge$   $\overline{\text{TR15}}$ ;

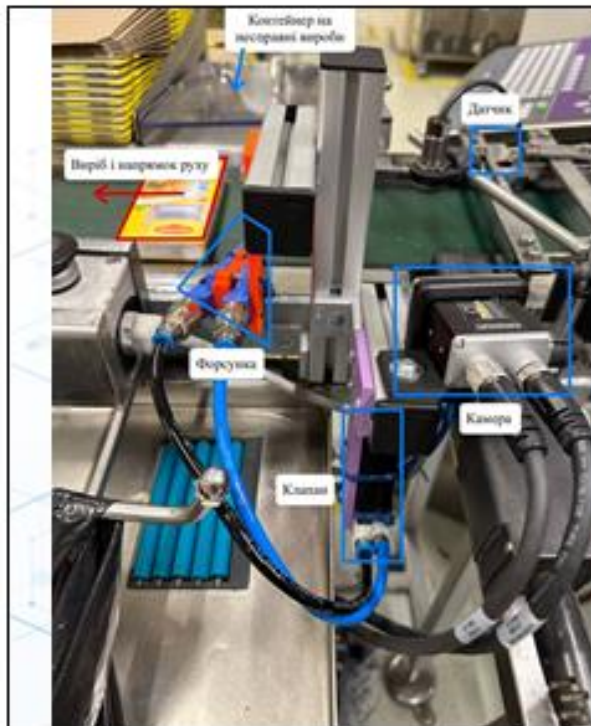
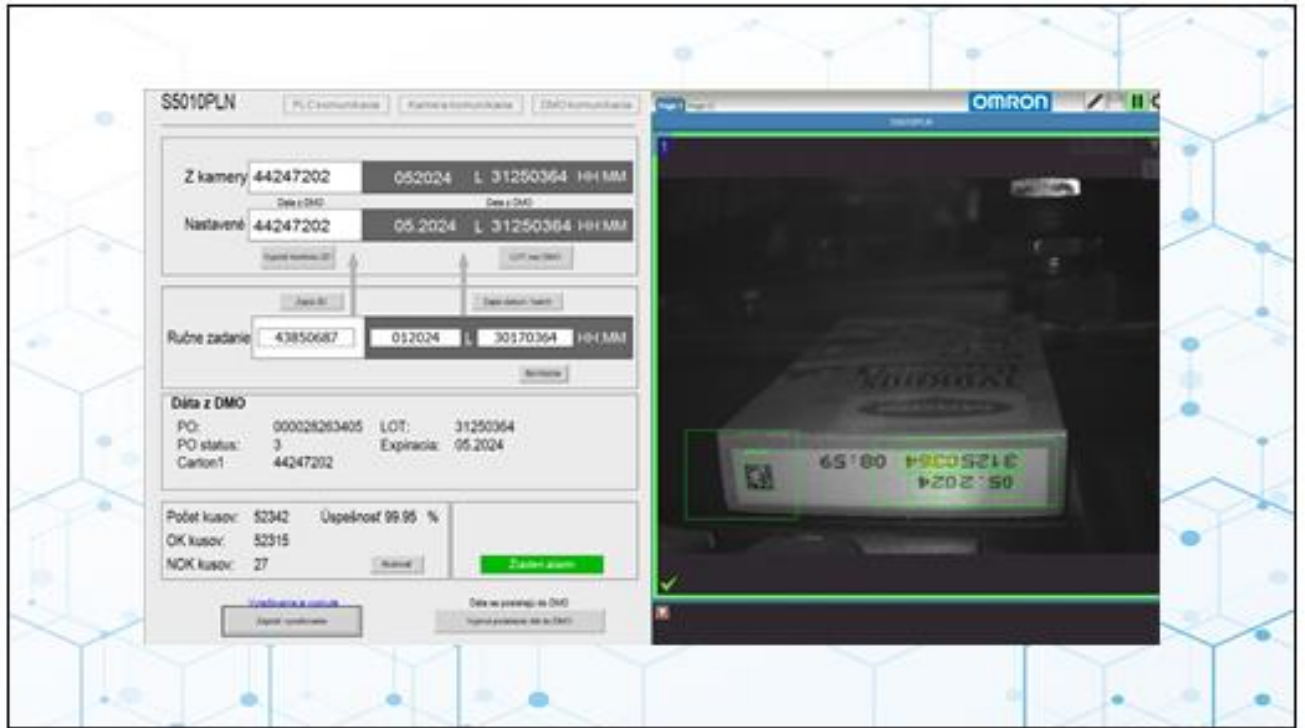
ST14 = (ST14  $\vee$  TR16)  $\wedge$   $\overline{\text{TR17}} \wedge \overline{\text{TR18}}$ ;













Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТіТК

ID перевірки:  
1016372202

Дата перевірки:  
18.06.2024 19:44:26 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
19.06.2024 01:41:04 EEST

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Сікомас\_антиплагіат

Кількість сторінок: 69 Кількість слів: 11417 Кількість символів: 86888 Розмір файлу: 9.66 MB ID файлу: 1016179473

1134 слова позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

## 0.55% Схожість

Найбільша схожість: 0.2% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015316592)

0.41% Джерела з Інтернету

44

Сторінка 71

0.47% Джерела з Бібліотеки

35

Сторінка 71

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

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

Підозріле форматування

12  
сторінок

Wed Jun 19 02:01:57 EEST 2024, Федула Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

## Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальне співпадіння з одним документом 2.0%**

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Помилко в документах: 10%**

ID: 131434 Назва: БКР Автоматизована системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії Додано в БД: 2024-06-19 Автора: Андрій СІКОМАС Керівники: Денис МАКАРИШКІН Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	77656	593	1725 (2%)	25 (4%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Сікомас Андрій Юрійович

Тема: Автоматизована системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії

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

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість презентаційних слайдів 19 Кількість сторінок записки 71

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розроблено автоматизовану систему контролю мікроклімату овочесховищ, змодельовано умови експлуатації овочесховищ та можливі аварійні ситуації

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: У першому розділі кваліфікаційної роботи наведено аналіз організації автоматизації процесу керування перевірки якості упаковки на виробничій лінії, проаналізовано існуючі системи та встановлено їх основні переваги та недоліки. У другому розділі розроблено структурну схему системи перевірки якості упаковки; проведено обґрунтування та вибір компонентів системи керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії; визначено параметри контролю. У третьому розділі розроблено алгоритм автоматизованого процесу контролю якості упаковки. Розроблено програмне забезпечення контролера для управління автоматизованою системою контролю якості упаковки на мові LD а також інтеграція MES до ПЛК. Конфігуровано промислову камеру для системи перевірки якості упаковки. Розроблено людино-машинний інтерфейс для керування системою перевірки якості упаковки. Встановлено технічні засоби для успішного функціонування системи в рамках виробничої фабрики.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється огляду існуючих технічних рішень щодо людино-машинного інтерфейсу

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.

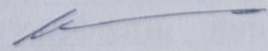
8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,75/A)

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

Клюш Юрій Павлович, к.т.н., завідувач  
кафедри кібербезпеки ХНУ

"14" 06 2024 р.

 (підпис)

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

Сікомас А.Ю.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи АКІТ-20-1

### ЗАЯВА

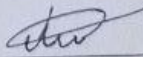
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, 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.

01.06.2024

дата



підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ  
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: Автоматизована система керування процесом перевірки якості упаковки на виробничій лінії  
 Автор: Андрій СІКОМАС  
 Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
 Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
 Науковий керівник: к.т.н., доц. Денис МАКАРИШКІН  
 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.	<b>відповідає</b>
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;

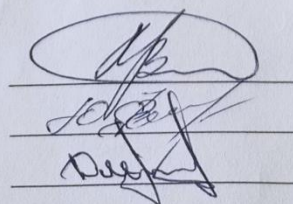
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0,55% і адресується до 44 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Денис МАКАРИШКІН