

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ В. П. Захарченко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

# ДИПЛОМНА РОБОТА

## (ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 151 «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

**Тема: «Автоматична система сортування багажу в авіаційному вантажному терміналі»**

Виконавець \_\_\_\_\_ студент групи АТ-216М Мандрик Віталій Андрійович  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Єнчев Сергій Васильович  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_ С. М. Занько  
(підпис) (ПІБ)

Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»: \_\_\_\_\_ В. Ф. Фролов  
(підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ С. В. Єнчев  
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ 2020

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аерокосмічний

Кафедра автоматизації та енергоменеджменту

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

(шифр, найменування)

Освітньо-професійна програма «Автоматика та автоматизація на транспорті»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В. П. Захарченко

«05» жовтня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проекту)

Мандрика Віталія Андрійовича

(П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи (проекту) «Автоматична система сортування багажу в авіаційному вантажному терміналі» затверджена наказом ректора від «30» вересня 2020 р. №1835/ст.
2. Термін виконання роботи (проекту): з 05.10.2020 р. по 27.12.2020 р.
3. Вихідні дані до роботи (проекту): добовий вантажопотік авіаційного вантажного терміналу від 300 до 1000 т/добу. Пропускна здатність вантажного терміналу складає 805,8 т/добу (2686 палетомісць). Час на завантаження та розвантаження одного стандартного транспортного засобу вантажопідйомністю 22 т становить 0,4 год (24 хв). Середній час простою транспортного засобу в зоні прийому/видачі вантажу – 0,6 год (36 хв).
4. Зміст пояснювальної записки: Дослідження існуючих систем сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі та принципу їх роботи. Розрахунок потоків загального обсягу добової вантажопереробки та оптимальної кількості вантажно-розвантажувальних рамп. Опис блок-схем алгоритмів управління автоматичною системою сортування. Проектування, розробка та моделювання програми управління на базі програмованих логічних контролерів. Охорона праці. Охорона навколишнього середовища.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: Загальний вигляд автоматичної системи сортування вантажу, розміщеної в авіаційному вантажному терміналі. Блок-схема алгоритму роботи системи при русі вантажу головною конвеєрною лінією. Блок-схема алгоритму роботи системи на другому рівні перевірки авіаційної безпеки вантажу. Блок-схема алгоритму роботи системи сортування на етапі видачі вантажу. Програма управління ПЛК на етапі сортування вантажу до стелажних складів. Програма управління ПЛК на етапі сортування вантажу до спеціалізованих складів.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін Виконання	Підпис керівника
1.	Аналіз та вивчення інформаційних джерел	12.09 – 04.10.2020	
2.	Аналіз існуючих систем сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі	05.10 – 15.10.2020	
3.	Проектування структури та розміщення елементів автоматичної системи сортування вантажу	16.10 – 31.10.2020	
4.	Розрахунок технологічних параметрів авіаційного вантажного терміналу для системи сортування вантажу	01.10 – 07.11.2020	
5.	Розробка алгоритмів та програми управління автоматичної системи сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі	08.11 – 26.11.2020	
6.	Розгляд питання охорони праці	27.11 – 01.12.2020	
7.	Розгляд питання охорони навколишнього середовища	02.12 – 08.12.2020	
8.	Робота над оформленням обов'язкового ілюстрованого матеріалу, оформлення пояснювальної записки	15.11 – 20.12.2020	
9.	Перевірка роботи на добросовісність. Підготовка до захисту	11.12 – 20.12.2020	

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Занько С. М.		
Охорона навколишнього середовища	Фролов В. Ф.		

8. Дата видачі завдання: «05» вересня 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту)

\_\_\_\_\_ Єнчев С. В.  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ Мандрик В. А.  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Автоматична система сортування багажу в авіаційному вантажному терміналі»: 95 сторінок, 17 рисунків, 4 таблиці, 15 використаних джерел.

АВІАЦІЙНИЙ ВАНТАЖНИЙ ТЕРМІНАЛ, СОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ, АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, РАДІОЧАСТОТНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ, СИСТЕМА ОБРОБКИ ВАНТАЖУ, КОНВЕЄРНА ЛІНІЯ, АВТОМАТИЗОВАНА ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКА СИСТЕМА.

**Об'єкт дослідження:** процес управління автоматичною системою сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі на базі програмованих логічних контролерів.

**Предмет дослідження:** автоматична система сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі.

**Мета дипломної роботи:** розробка та моделювання роботи автоматичної системи сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі.

Методи дослідження: аналітичний метод дослідження, метод синтезу, метод імітаційного моделювання.

Матеріали дипломної роботи можуть бути використані для створення автоматичної системи сортування вантажу як в авіаційному терміналі так і в державних чи комерційних організаціях різних сфер господарювання при управлінні складом.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. РЕЖИМИ РОБОТИ АВІАЦІЙНОГО ВАНТАЖНОГО ТЕРМІНАЛУ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ПРИ ОБРОБЦІ ВАНТАЖУ.....	10
1.1. Етапи технологічних процесів обробки вантажу.....	10
1.2. Технології та механізація обробки вантажу в авіаційному вантажному терміналі.....	14
1.3. Різновидність автоматичних систем сортування вантажу.....	20
1.4. Постановка задачі на кваліфікаційну роботу.....	25
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ В АВІАЦІЙНОМУ ВАНТАЖНОМУ ТЕРМІНАЛІ.....	26
2.1. Робочі зони авіаційного вантажного терміналу та загальне уявлення про роботу автоматичної системи сортування вантажу.....	26
2.2. Розрахунок технологічних параметрів авіаційного вантажного терміналу для автоматичної системи сортування вантажу.....	31
2.2.1. Розрахунок потоків загального обсягу добової вантажопереробки.....	32
2.2.2. Розрахунок оптимальної кількості вантажно-розвантажувальних рамп.....	34
2.3. Проектування та принцип роботи автоматичної системи сортування вантажів.....	36
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ТА ПРОГРАМИ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ В АВІАЦІЙНОМУ ВАНТАЖНОМУ ТЕРМІНАЛІ.....	49
3.1. Блок-схеми алгоритмів роботи автоматичної системи сортування.....	49
3.1.1. Алгоритм роботи системи автоматичного сортування на етапі завантаження.....	49
3.1.2. Алгоритм роботи системи при русі вантажу головною конвеєрною лінією.....	51

3.1.3. Алгоритм роботи системи на другому рівні перевірки авіаційної безпеки вантажу.....	56
3.1.4. Алгоритм роботи системи на етапі видачі вантажу отримувачеві.....	59
3.2. Розробка програми управління автоматичною системою сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі на базі програмованих логічних контролерів.....	61
РОЗДІЛ 4. ОХРОНА ПРАЦІ.....	68
4.1. Класифікація небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	68
4.2. Заходи спрямовані на зменшення впливу підвищеного рівня вібрації.....	72
4.3. Пожежна безпека.....	76
4.4. Інструкція по техніці безпеки.....	80
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	84
5.1. Зменшення екологічного впливу на людину при застосуванні автоматизованої системи .....	84
5.2. Дослідження впливу людського фактору на якість екологічного стану вантажного терміналу.....	88
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АВТ – авіаційний вантажний термінал;

ВПЛ – внутрішні повітряні лінії;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

МГХ – масогабаритні характеристики;

МПЛ – міжнародні повітряні лінії;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПС – повітряне судно;

AS/RS (англ. Automated Storage and Retrieval Systems) – автоматизована транспортно-стелажна система;

BHS (англ. Baggage Handling System) – система обробки вантажу;

РСНС (англ. Pallet Container Handling System) – автоматизована система обробки та зберігання авіаційних палет та контейнерів.

RFID (англ. Radio Frequency Identification) – радіочастотна ідентифікація;

WMS (англ. Warehouse Management System) – система управління складом.

## ВСТУП

Літак – швидкий, надійний і безпечний вид транспорту. Невипадково, що авіація – одна з галузей, яка розвивається найбільш динамічно. Застосування повітряних суден для перевезення вантажів обумовлено рядом унікальних можливостей, які надає тільки даний спосіб перевезення. До таких переваг належить висока швидкість пересування, здатність долати значні відстані без урахування особливості ландшафту, незалежність від дорожньої інфраструктури.

**Актуальність теми дослідження** пояснюється тим, що з розвитком сучасних технологій та збільшенням об'ємів обслуговування все більше процесів вимагають більш точного опрацювання та пришвидшення власної роботи [1]. Для зростаючого розвитку авіаційних вантажоперевезень характерне збільшення об'ємів вантажопотоків авіаційних підприємств, що вимагає сучасних підходів до процесу обробки вантажів на основі новітніх технологій для збільшення пропускної здатності вантажних терміналів, підвищення точності сортування вантажу та зменшення людської робочої сили.

На сьогодні процеси автоматизованої обробки вантажу добре розвинуті для пасажирських авіаперевезень, де автоматизовані системи сортування застосовуються майже в усіх аеропортах світу. Тоді як для вантажних авіаційних терміналів застосування автоматизованих систем сортування вантажу являється рідкістю, що пов'язано зі специфікою та складністю даного напрямлення обробки вантажу.

Автоматична система сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі дозволяє опрацювати вантаж з високою надійністю та швидкістю відповідно до потреб авіаційного підприємства, зменшити число обслуговуючого персоналу та мінімізувати вплив людського фактору на процес наземного обслуговування вантажу. А в разі спільного використання автоматизованих систем всіх напрямків діяльності авіаційного вантажного терміналу з'являється можливість його глобальної автоматизації. Що в



результаті дозволяє покращити ефективність роботи вантажного терміналу, зменшити час на проведення операцій обробки вантажу та опрацювання інформації, збільшити точність процесу вантажопереробки та підвищити економічну ефективність авіаційного підприємства.

В умовах пандемії Covid-19 вплив на авіаційну галузь проявляється у багатьох формах – від різкого зниження пасажиропотоку, до зростання залежності всього світу від повітряних вантажних перевезень. Надзвичайна ситуація і зростання попиту на товари, необхідні для боротьби з Covid-19, зокрема, фармацевтики і медичного обладнання стали причиною експоненціального попиту на вантажні авіаперевезення. Через підвищений попит на безконтактні поставки і скорочення персоналу в сфері логістики через карантин зростає необхідність в запровадженні автоматизованих та автоматичних систем обробки вантажу.

**Мета роботи** – розробка та моделювання роботи автоматичної системи сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі.

**Об'єктом дослідження** є процес управління автоматичною системою сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі на базі програмованих логічних контролерів.

**Предметом дослідження** є автоматична система сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі.

**Наукова новизна.** Розроблено алгоритми та програму управління автоматичною системою сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі на основі поєднання новітніх технологій, що дозволить підвищити ефективність та точність процесу сортування авіаційних вантажів та зменшить час на його опрацювання.

**Практичне значення одержаних результатів.** Матеріали дипломної роботи можуть бути використані для створення автоматичної системи сортування вантажу як в авіаційному терміналі так і в державних чи комерційних організаціях різних сфер господарювання при управлінні складом.

# РОЗДІЛ 1

## РЕЖИМИ РОБОТИ АВІАЦІЙНОГО ВАНТАЖНОГО ТЕРМІНАЛУ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ПРИ ОБРОБЦІ ВАНТАЖУ

### 1.1. Етапи технологічних процесів обробки вантажу

Операції по обробці вантажу являються найбільш довготривалими та трудозатратними у всьому комплексі наземного обслуговування пасажирських авіаперевезень. Технології обробки вантажу в аеропортах цивільної авіації включають в себе певні операції, кількість яких може збільшуватися або зменшуватися в залежності від прийнятого методу реєстрації пасажирів та вантажу. В залежності від складу операцій змінюється номенклатура та кількість машин, механізмів і систем, що застосовуються при обробці вантажу [2].

Найменша кількість засобів механізації застосовується при спрощеному методі реєстрації. Технологія обробки вантажу при спрощеному методі реєстрації складається із наступних операцій:

- зважування вантажу. Вага вантажу пасажирів складається в суму зростаючим методом. Після зважування на вантаж кріпиться бирка зі штрих-кодом та зазначенням інформації про аеропорт відправлення, аеропорт призначення та номер рейсу;

- укладання вантажу на транспортний засіб;
- транспортування вантажу до літака;
- навантаження вантажу в літак;
- розміщення вантажу всередині вантажних відсіків літака.

На сьогоднішній день при спрощеній реєстрації пасажирів широко практикується реєстрація і прийом вантажу безпосередньо біля самого літака, що дозволяє ще в більшій мірі зменшити кількість операцій по обробці вантажу і скоротити час наземного обслуговування.

При по-рейсовому методі реєстрації технологія обробки вантажу складається з наступних операцій:

- зважування вантажу. Після зважування до вантажу прив'язується вантажна бирка із штрих-кодом та зазначенням аеропортів відправлення та призначення і номера рейсу;

- укладання вантажу на транспортний засіб;
- транспортування вантажу до літака;
- навантаження вантажу в літак;
- розміщення вантажу всередині вантажних відсіків літака.

Як засоби механізації, які використовуються при спрощеному і по-рейсовому методах обслуговування пасажирів, застосовуються машини і обладнання для транспортування вантажу до літака і різні вантажно-розвантажувальні механізми.

Однак при наявності багатоярусних вокзалів, коли операційний зал знаходиться на одному рівні, а транспортні засоби на іншому, виникає необхідність в системі транспортування і сортування вантажу. При децентралізованому методі реєстрації кількість технологічних операцій з обробки вантажу збільшується в зв'язку з необхідністю сортування по рейсам. Відповідно збільшується кількість машин, систем і механізмів, що застосовуються для обробки вантажу. Технологія обробки вантажу при децентралізованому методі складається з наступних операцій [3]:

- зважування вантажу. Вага вантажу проставляється в квитку пасажира та у відомості реєстрації. До вантажу прив'язується вантажна бирка із штрих-кодом та зазначенням аеропортів відправлення та призначення і номера рейсу;

- переміщення вантажу в відділення комплектування;
- сортування вантажу по рейсам;
- укладання вантажу на транспорт;
- доставка вантажу до літака;
- навантаження вантажу в літак;
- розміщення вантажу всередині вантажних відсіків літака.

Незважаючи на деяке ускладнення комплексу обробки вантажу, що викликається необхідністю його додаткового сортування по рейсам, метод

децентралізованого прийому дозволяє найбільшою мірою механізувати всі процеси обробки і скоротити тим самим час, необхідний для наземного обслуговування пасажирів. Залежно від застосовуваних методів реєстрації та типу експлуатованого повітряного судна (ПС) розрізняють три основних способи перевезення вантажу [3]:

- вантаж комплектується поштучно на електро- або автовізки і завантажуються в ПС;

- вантаж комплектується в контейнери, які доставляються контейнерними поїздами і завантажуються в ПС;

- вантаж методом самообслуговування доставляється пасажирами і розміщується в ПС.

При змішаному способі перевезення прийом і оформлення вантажу проводиться в двох місцях - в аеровокзалі аеропорту, з комплектуванням зареєстрованого вантажу в контейнери, і на борту літака, куди пасажирами доставляється незареєстрований вантаж (ручна поклажа) і здається ними в вантажні відділення. Велика частина операцій, що входять до складу комплексу обробки вантажу, в великих аеропортах повністю механізована. Деякі операції, як, наприклад, сортування вантажу і комплектування вантажу по окремим рейсам, виконуються за допомогою не тільки механізованих, але і автоматизованих, а іноді автоматичних систем [3].

Повністю механізованими є операції з транспортування вантажу від аеровокзалу до літака. Вантажно-розвантажувальні операції в достатній мірі забезпечені засобами механізації, але іноді все ще виконуються вручну. Найменшою мірою охоплені механізацією такі операції, як укладання і розподіл вантажу всередині вантажних відсіків літака. Встановлено, що 98% вантажу, прийнятими від пасажирів для реєстрації, є придатним для механічної обробки. Тільки 2% із загальної чисельності всіх місць авіавантажу за своїми габаритами не можуть бути пропущені через механічні або автоматичні лінії сортування. До числа таких місць відносяться велосипеди, дитячі коляски, шезлонги, лижі і т. п.; всі ці предмети після їх зважування та реєстрації повинні сортуватися вручну і

транспортуватися до літака на спеціальних візках. У зв'язку з цим вельми перспективними є системи комплексної обробки, в яких вантаж, який приймається від пасажирів, укладається при комплектуванні в контейнери або встановлюється на спеціальних піддонах [4].

Застосування контейнерів і піддонів полегшує виробництво транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт, а також дозволяє прискорити процес видачі вантажу пасажирів в аеропорту прибуття. Впровадження комплексної механізації процесів обробки вантажу в аеропортах вимагає значних капітальних вкладень. Собівартість обробки вантажу між аеровокзалом і літаком, а потім між літаком і місцем видачі вантажу пасажирам при повній механізації всіх виробничих процесів становить близько 2% вартості квитка, приблизно половина цих витрат припадає на внутрішню обробку вантажу.

Система обробки вантажу повинна відповідати наступним вимогам:

- простота і надійність;
- економічна обґрунтованість;
- швидкість і зручність керування;
- гнучкість і можливість розширення;
- можливість обробки вантажу будь-яких форм і розмірів, в тому числі так званого негабаритного вантажу (лиж, велосипедів і т.д.);
- збереження вантажу від пошкодження і відриву вантажних ярликів, пропажі, розкрадань, впливу окремих збоїв на всю систему в цілому;
- можливість прийому і оформлення вантажу в часі аж до закінчення посадки на літак;
- використання персоналу мінімальної чисельності;
- мінімізація ручної праці;
- раціональність організації потоків пасажирів і вантажу;
- можливість організації спеціального контролю безпеки з метою виявлення зброї та вибухових речовин в вантажі;
- мінімальний рівень шуму від працюючих механізмів.

Система обробки вантажу розділяється на три основні підсистеми: обробки вантажу пасажирів, які вилітають, які прилетіли і трансферних пасажирів.

Система обробки вантажу пасажирів, що вилітають включає обладнання для:

- прийому і оформлення вантажу;
- транспортування вантажу в вантажне відділення;
- комплектування в контейнери або електрокари;
- доставки до літака і завантаження в нього.

Система обробки вантажу пасажирів, що прилітають включає обладнання для:

- вивантаження вантажу з літака;
- доставки вантажу в вантажне приміщення;
- видачі вантажу пасажирам.

Система обробки вантажу трансферних та транзитних пасажирів, що застосовується в найбільш великих аеровокзалах, передбачає спеціальні площі та обладнання для транспортування вантажу з одного рейсу на інший.

## **1.2. Технології та механізація обробки вантажу в авіаційному вантажному терміналі**

Засоби механізації для обробки вантажу за технологічною ознакою поділяються на [4]:

- внутрішню механізацію (зважувальне обладнання, засоби внутрішнього транспортування вантажу, механізовані і автоматизовані системи сортування вантажу);

- перонну механізацію (вантажно-розвантажувальні машини та механізми, спеціалізовані транспортні засоби).

Устаткування для прийому і оформлення вантажу включає стійки агента по реєстрації та прийому/ здачі вантажу (або одну поєднану), ваги.

Застосовуються ваги, вбудовані в транспортер, або автоматичні системи вимірювання масогабаритних характеристик вантажу, що дозволяють виключити ручну працю при оформленні вантажу, скоротити число персоналу. Ваги-транспортери при по-рейсовому способі реєстрації можуть бути використані в комбінації: двоє ваг на один комплектувальний транспортер при оформленні рейсу на вузькофюзеляжний літак або чотири (шість, вісім) ваг на один комплектувальний транспортер при оформленні рейсу на широкофюзеляжний літак [4].

Комплектування і сортування вантажу пасажирів, що вилітають проводиться на одній площі з одних і тих же транспортних пристроїв незалежно від завантаження вантажу в контейнери або електрокари.

Сортування вантажу проводиться за наступними відмітними ознаками: авіакомпанія, номер рейсу, пункт призначення, позначення місця видачі вантажу в аеровокзалі призначення в тому випадку, якщо видача вантажу проводиться більш ніж на одному пристрої.

Вибір системи сортування вантажу, реєстрації та інших компонентів залежить від кількості місць вантажу, що укладаються в контейнери, видів сортування, кількості і розміщення в аеровокзалі контейнерних візків, що завантажуються одночасно.

Площа вантажного приміщення повинна забезпечувати вільне пересування транспорту з вантажем і контейнерами, робочу зону для обробки контейнерів, спеціальні зони для завчасного знаходження вантажу і вантажу затриманих рейсів.

Як зазначено вище, ряд схем передпольотного обслуговування пасажирів передбачають виконання окремої процедури внутрішнього сортування вантажу і комплектування його по рейсам. Ці операції виконуються після прийому зареєстрованого вантажу у пасажира і передують його доставці та навантаженню в літак.

Системи сортування вантажу, використовувані в аеровокзалі, повинні забезпечувати:

- безвідмовне сортування вантажу протягом години «пік» для найбільш навантаженого місяця роботи аеропорту;

- можливість обробки, принаймні 95% вантажу, прийнятого від пасажирів до реєстрації;

- надійність сортування і гарантію від доставки вантажу не за призначенням;

- збереження вантажу від механічних пошкоджень в процесі сортування;

- мінімальне використання ручної праці та підвищення продуктивності праці обслуговуючого персоналу;

- мінімальне число перевантажувальних операцій.

Всі різноманітні системи сортування вантажу пасажирів і комплектування його по рейсам, які використовуються в аеропортах, класифікуються за такими ознаками (рис.1.2.1):

- 1) по конструкції;
- 2) за технологією;
- 3) за пропускною здатністю.



Рис. 1.2.1. Класифікація систем сортування вантажу.



Найбільш простими по влаштуванню є механізовані системи сортування вантажу. У цих системах фактично механізованою є тільки одна операція - доставка вантажу з операційного залу в приміщення сортувальної. Всі інші процеси: сортування вантажу і комплектування його по рейсам - виконуються вручну. Механізовані системи сортування вантажу можуть працювати за трьома основними технологічними схемами [4]:

- 1) з доставкою вантажу на роздатковий транспортер;
- 2) з доставкою вантажу на замкнутий роздатковий контур;
- 3) з доставкою вантажу транспортером на сортувальне коло.

Найбільш вдалою є система сортування із застосуванням роздаткового транспортера. Вантаж, що здається на місцях приймання, надходить з операційного залу по транспортеру-живильнику на довгастих роздатковий транспортер, встановлений в вантажному приміщенні.

Недоліком механізованих систем з ручним сортуванням є їх мала продуктивність, в зв'язку з чим ці системи можуть знайти застосування тільки в аеропортах з порівняно невисокою інтенсивністю руху.

В аеропортах, які здійснюють обслуговування пасажирів за децентралізованим методом приймання вантажу, найбільшого поширення набули напівавтоматичні системи сортування.

Процес обробки вантажу в напівавтоматичній системі сортування, здійснює безпосередню обробку вантажу, складається з наступних операцій [4]:

- механізована доставка вантажу стрічковими транспортерами з операційного залу в приміщення комплектування;
- безпосереднє сортування вантажу, що здійснюється на контрольно-командному пункті оператором;
- автоматизований розподіл вантажу по комплектувальних лініях, здійснюване виконавчими механізмами системи.

Недоліком напівавтоматичних систем сортування є їх обмежена пропускна здатність, що обумовлюється фізичними можливостями оператора, керуючого процесом сортування. З досвіду експлуатації існуючих систем оператор навіть

при найбільш напруженій увазі має можливість обслужити не більше 20 місць в хвилину, що відповідає пропускній здатності системи в 1200 місць/ год.

При необхідності забезпечення більш високої пропускної здатності системи повинні обслуговуватися двома операторами, які працюють на паралельних гілках сортування.

Різновидом напівавтоматичних систем сортування є системи, які оперують із застосуванням сортувальних візків.

Системи подібного типу обладнані просторовими підвісними монорейковими конвеєрами. Транспортними засобами служать підвісні візки, які заповнюються вантажем на робочих місцях і переміщаються по підвісному транспортеру між місцями приймання та лотками-накопичувачами, на яких виробляється комплектування вантажу для обслуговування відповідних рейсів.

Транспортні візки кодуються на робочих місцях за допомогою магнітного, механічного, радіометричного або інших видів коду, при проходженні повз декодуючі сортувальні пристрої візки прямують через стрілочні скидачі, керовані автоматичними пристроями, на відповідні комплектуючі лінії. Після скидання вантажу в лотки-накопичувачі візки повертаються на вихідну головну магістраль. Вантаж, що надходить в систему сортування передчасно, резервується на спеціально призначених для нього лініях транспортера і після закінчення необхідного часу знову надходить в сортувальну лінію [4].

Переваги напівавтоматизованих систем, що оперують із застосуванням вантажних візків:

- висока ємність як з точки зору кількості оброблюваного вантажу, так і числа одночасно обслуговуваних рейсів;
- висока надійність сортування;
- порівняльна простота конструкції транспортного обладнання з можливістю застосування нескладних автоматичних пристроїв.

Недоліки систем розглянутого типу:

- мала швидкість руху візків;

- необхідність наявності значного числа обслуговуючого персоналу, а також потреба у великій площі приміщень, призначених для розміщення всіх ліній системи.

Автоматичні системи обробки вантажу встановлюються в аеропортах з великою інтенсивністю руху. Конструкція і принципи кодування вантажу досить різноманітні, однак можна виділити два основних напрямки керуючих пристроїв:

1) функції управління сортуванням здійснюються засобами місцевої автоматики; в цьому випадку кодування адреси вантажу проводиться або безпосередньо на вантажі, або на його носіїв;

2) функції управління сортуванням здійснюються електронно-обчислювальні машині (ЕОМ); в цьому випадку код адреси вантажу передається при реєстрації в блок оперативної пам'яті ЕОМ.

Прикладами автоматизованих систем першого типу можуть служити системи сортування вантажу, встановлені в аеропорту Орлі (Париж) і аеропорту Маямі. В системі аеропорту Орлі використовуються піддони-носії розміром 750x450 мм, на борту яких встановлено магнітний пристрій, що служить для кодування вантажу. За допомогою стрічкових транспортерів, обладнаних спеціальними бічними напрямними для фіксації піддонів, вантаж транспортується в приміщення комплектування вантажу.

У комплектувальному приміщенні встановлені контрольні пункти, що зчитують код адреси вантажу і направляють його або в накопичувач, або в секцію тимчасового зберігання. Вантаж, що знаходиться в секції тимчасового зберігання, періодично проглядається ланкою управління і передається в ланку сортування після відкриття накопичувача відповідного рейсу, продуктивність системи становить 2400 місць вантажу на годину. До систем сортування першого типу відноситься також автоматична система Bendix 300, встановлена в аеропорту Маямі. В якості ланки управління сортуванням в системі використовуються лазери. Кожне місце вантажу забезпечується ярликом в формі диска, на який наноситься інформація про рейс, яким прямує власник вантажу.

Ця інформація зчитується лазерним пристроєм, встановленим безпосередньо у магістрального транспортера, що переміщає вантаж. Контрольний пристрій, що одержує інформацію від лазерного датчика, дає команду виконавчим механізмам на зштовхування вантажу в відповідний накопичувач.

Ярлики з кодом вантажу друкуються диспетчером безпосередньо при реєстрації квитків. Кругла форма ярлика виключає необхідність його суворого орієнтування по відношенню до лазерного датчика. Система кодових позначень, які наносяться на ярлики, дозволяє розрізнити до 1024 рейсів. Продуктивність системи 4200 місць вантажу на годину.

Прикладом системи сортування другого типу може служити система, встановлена в аеровокзалі аеропорту Рейн-Майн (Франкфурт-на-Майні), з пропускною здатністю 13 000 місць вантажу на годину. Система розрахована на обробку вантажу 40 рейсів одночасно, надійність ланки управління досягається застосуванням ЕОМ. Диспетчер, приймаючи від пасажирів вантаж, встановлює його на піддон і за допомогою пульта управління передає необхідну інформацію в ЕОМ, яка контролює подальший рух вантажу в системі, направляючи його в накопичувач або в секцію тимчасового зберігання.

Цікавою особливістю аналогічної системи сортування вантажу, встановленої в аеропорту О'Хара (Чикаго), є введення даних в ЕОМ за допомогою голосу оператора. Дані про вантаж (номер рейсу або пункт призначення) і номер накопичувача заносяться оператором в пам'ять керуючого центру системи простим проголошенням адреси в мікрофон.

Автоматичні системи, які оперують із застосуванням піддонів, мають велику пропускну здатність і практично можуть обслуговувати будь-яке число одночасних рейсів. Основним недоліком автоматичних систем обробки вантажу є необхідність в значних капітальних вкладеннях на їх обладнання.

Прикладом перспективних систем сортування вантажу є проект системи Mobil з продуктивністю 10 тис. місць вантажу на годину. Система передбачає реєстрацію у 240 стійок, від яких здійснюється доставка вантажу в автоматизованому режимі до 50 місць стоянки літаків.

### 1.3. Різновидність автоматичних систем сортування вантажу

Автоматичні системи обробки вантажу мають дві важливі переваги: велику швидкість транспортування та зниження витрат на робочу силу.

Елементи операцій обробки вантажу, які здійснюються на шляху від реєстрації до кінцевої обробки перед завантаженням на борт ПС, повністю автоматизовані. Такі системи включають "розпізнавання" кінцевого пункту призначення вантажу і доставку його до місця навантаження на конкретний рейс.

У аеровокзалах використовуються наступні автоматизовані системи сортування вантажу.

*Система сортування з похилими піддонами.* Сортувальна система з похилими піддонами складається з нескінченної стрічки, що в свою чергу складається з піддонів у вигляді замкнутої системи, які утворюють петлю, що змінила кут нахилу або нахилена в відповідних точках для розвантаження вантажу в відповідну зону сортування [5].

Системи сортування з похилими піддонами, як правило, експлуатуються при швидкості від 90 до 100 метрів в хвилину в залежності від розмірів піддону, при цьому в будь-якій точці транспортера швидкість проходження вантажу складає від 80 до 100 штук в хвилину. Завантаження такої системи зазвичай здійснюється за допомогою живильної конвеєрної системи.

Бічні транспортери зазвичай використовують безперервну конвеєрну стрічку, що має нахил приблизно в 30 градусів по відношенню до піддону головного транспортера.

Завантажувальні конвеєри мають звичайну продуктивність в межах 30-42 місць вантажу в хвилину. Система контролю включає в себе пристрій, який запам'ятовує в межах часового відрізка наявність або відсутність місць вантажу на кожному піддоні в межах замкнутого маршруту головного конвеєра. Розпізнавання окремих місць вантажу при сортуванні може виконуватися як до, так і після завантаження. Лазерне сканування або ручне кодування даної

вантажної бирки може виконуватися на лінії живильного конвеєра, що постачає вантаж на конвеєр з піддонами.

Ідентифікація місця вантажу на піддоні виконується лазерними сканерами, розташованими над і по боках піддону, за умови забезпечення кута сканування, рівного 180 градусам. Розвантаження піддонів здійснюється в кожную сторону головного конвеєра з піддонами за допомогою нахилу піддону на кут більший, ніж в тридцять градусів, для того щоб забезпечити зісковзування вантажу з нього на розвантажувальні транспортери. Максимальний обсяг розвантаження з піддонів в контейнер повинен відповідати продуктивності транспортерної стрічки і складати від 80 до 100 піддонів в хвилину. Розвантаження проводиться, як правило, в досить гладкі металеві ковзні короба на конвеєри.

У тих випадках, коли транспортер з піддонами забезпечується тільки конвеєрами, піддони розвантажуються з тим темпом, який контролюється з метою забезпечення відповідності продуктивності конвеєра і конвеєра з піддонами. При експлуатації система контролю забезпечує вказівку статусу завантаженого або порожнього для кожного піддону, також як і забезпечення зазначення місця призначення кожного місця вантажу, що знаходиться на такому піддоні. Така система дозволяє транспортній системі з піддонами проводити одночасно як розвантаження, так і використання такого транспортера для тимчасового складування місць вантажу. Схема сортування з похилими піддонами зазвичай має розміри від 0,8 до 1,0 м в ширину і від 1,6 до 1,7 у висоту, включаючи запас для проходу вантажу величиною в один метр над піддоном.

*Сортувальна конвеєрна система.* При застосуванні таких систем використовується один із способів зняття вантажу зі стрічки (наприклад, методом виштовхування, стягування, скидання, застосування спеціальних рефлекторів і т. д.) З метою забезпечення автоматизованого процесу сортування вантажу, що рухається по стрічкових конвеєрах вантажно-транспортної системи. Зазначені системи, як правило, відрізняються дуже широкою гнучкістю в частині конфігурації і, найчастіше, застосовуються в системі централізованого сортування вантажу і в зонах комплектації вантажу [5].

У цих системах вантаж транспортується в аеровокзалі з різних точок його надходження (з боку стійок реєстрації, трансферу і т. д.) і стікається на одну або декілька основних конвеєрних стрічок, які сходяться в централізованій зоні сортування вантажу. Місця вантажу проходять через контроль лазерних сканерів або ділянок декодування, здійснюваної вручну для ідентифікації та визначення місця відправки вантажу. Від цього місця система, користуючись своїми приладами, направляє рух вантажу по конвеєрній системі на призначене місце сортування. Після прибуття до вказаного місця сортування надходить сигнал з контрольних систем з метою розподілу за допомогою використання спеціальних пристроїв вантажу на саме ту ділянку, де він повинен бути накопичений і впорядкований, або на інший конвеєр. Сортувальні конвеєрні системи досягають завширшки одного метра для того, щоб мати можливість обробляти вантажні місця наступних розмірів: довжиною 1 м, шириною 0,6м, висотою 0,76 м і вагою в п'ятдесят кілограмів. Розподільники, які можуть перебувати уздовж обох боків конвеєра, здійснюють сортування зі швидкістю вісімдесят місць вантажу в хвилину. Спеціальні розподільники можуть сортувати по конвеєру вантаж, який має нестандартні розміри, такі, наприклад, як сумки з ключками для гольфу, але з дещо з меншою швидкістю.

*Стрічкова сортувальна транспортна система.* Стрічкові сортувальні транспортні системи складаються з певної кількості візків, з'єднаних разом і приводяться в рух за допомогою фрикційних муфт, розташованих на кільцевій трасі зі швидкістю двадцять метрів за хвилину. Кожен з візків складається з шасі довжиною 1,6 метра і шириною 1,4 метра, конвеєрної стрічки, змонтованої на ній під кутом в 90 градусів до колії. Візок також забезпечений мотором для приводу конвеєрної стрічки і генератором для забезпечення двигуна енергією, і контрольним вузлом для включення або виключення двигуна [5].

Коли візок наближається до місця завантаження вантажу, контрольний блок включає двигун приводу стрічки синхронно з живильним транспортером з метою отримання місць вантажу без зупинки візка або зниження, або збільшення її швидкості. Як тільки вантаж помістився на візок, в нього вводиться код місця

призначення, наявний в комп'ютерній системі при проходженні стійки реєстрації. У той час, як навантажений візок рухається до призначеного місця сортування, її транспортувальна і розподільча стрічки одночасно починають розвантажувати вантаж. У разі порушень роботи, пов'язаних з руйнуванням візка або бази даних, контрольний блок цього візка сприймає ситуацію і негайно зупиняє завантаження.

Важливою особливістю даної системи є те, що при завантаженні та розвантаженні вантажу фізичний вплив (виштовхування і витягування) по відношенню до речей виключається, що забезпечує збереження вантажу від пошкоджень. Максимальні розміри оброблюваного вантажу в системі становлять 1,0 м в довжину, 4,0 метра в ширину і 0,7 метра у висоту. Візок плюс напрямні мають висоту всього лише 0,6 м від рівня підлоги і можуть управлятися з кривою радіусом 4,0 м і працюють з ухилом до 18 градусів. Напрямні можуть бути використані поодинокими візками, візками, що мають велику кількість місць вантажу, і візками для вантажу з нестандартними габаритами.

Продуктивність одноколіїної системи коливається від 3600 до більш ніж місць вантажу на годину, в залежності від того, в якому співвідношенні знаходяться системи по пересуванню одиничних місць, або групами, або з великою кількістю місць.

*Система сортування з візками, що мають задане місце призначення.* Зі збільшенням розмірів аеропортів і їх аеровокзалів з обладнанням, розкиданим по все більшій площі аеропорту, виникає необхідність в швидкому транспортуванні великої кількості місць вантажу з великої кількості розташованих в різних місцях точок прийому до практично настільки ж численним і розосередженим місцям його прийому [5].

Транспортування і сортування здійснюється спеціальними візками, в які введена інформація із зазначенням місця призначення даного візка в межах знаходження сортувальних і транспортних систем. У таких системах часто включають кілька конвеєрів як сполучних ланок між площами обслуговування і більш високо автоматизованими транспортними системами.



Системи представляють особливий інтерес, коли є потреба в довгих шляхах переміщення, потрібно короткий стикувальний час, а також висока функціональна гнучкість системи. Оскільки кожен візок контролюється окремо, вона, як правило, може працювати при більш високих швидкостях, ніж конвеєр.

Одна така лінія має пропускну здатність обробки двохсот місць вантажу в хвилину.

#### **1.4. Постановка задачі на кваліфікаційну роботу**

В кваліфікаційній роботі на основі порівняльного аналізу існуючих систем сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі сформульовані наступні напрямки дослідження:

- провести аналіз складових компонентів автоматичної системи сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі для подальшого синтезу в єдину систему;

- розрахувати технологічні параметри авіаційного вантажного терміналу для автоматичної системи сортування вантажу;

- виконати проектування загального розміщення автоматичної системи сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі;

- розробити алгоритми управління автоматичною системою сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі;

- обрати програмовані логічні контролери для реалізації імітаційної моделі та розробити програму управління автоматичною системою сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ В АВІАЦІЙНОМУ ВАНТАЖНОМУ ТЕРМІНАЛІ

#### 2.1. Робочі зони авіаційного вантажного терміналу та загальне уявлення про роботу автоматичної системи сортування вантажу

Для проектування автоматичної системи сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі (АВТ) за основу взято міжнародні аеропорти, які здатні приймати ПС будь-якого класу без обмежень. До цієї групи також відноситься державний міжнародний аеропорт «Бориспіль».

Вантажний термінал в аеропорту призначений, в першу чергу, для завантаження та розвантаження вантажних ПС, вантажопереробки та зберігання вантажів як загального призначення, так і спеціального. На рис. 2.1.1 наведено типи вантажу, які здатен приймати АВТ.



Рис. 2.1.1. Типи вантажу для прийому авіаційним вантажним терміналом

Для правильного функціонування та визначення структури автоматичної системи сортування необхідно розділити АВТ на робочі зони. На першому етапі,

після проходження всіх першочергових заходів безпеки, які існують в зоні авіаційного вантажного терміналу, а також проходження митного контролю, вантаж має бути доставлений транспортним засобом до першої робочої зони термінального комплексу – пункт прийому та видачі вантажу [2]. В цьому пункті вантаж приймається співробітниками вантажного терміналу, звіряються та видаються всі документи на перевезення, дані про вантаж (місце відправки та прибуття, інформація про відправника та отримувача, вага та габарити вантажу, заявлені відправником, спеціальні умови та ін.) заносяться в систему обробки вантажу (BHS - англ. Baggage Handling System), з якою далі буде працювати автоматична система сортування вантажу. Для подальшої правильної роботи системи, співробітник має нанести на вантаж спеціальне маркування. Таким чином на вантаж прикріплюється транспортна бирка зі штрих-кодом та чіпом з радіочастотною ідентифікацією – RFID-міткою (RFID – англ. Radio Frequency Identification), яка є необхідною для точної ідентифікації кожного окремого вантажу в проектованій системі [6].

Смарт-мітки прикріплюються до вантажу і в них містяться дані про власника вантажу, місце призначення, номер рейсу і т. д. Перевезення вантажу обробляється автоматично за допомогою конвеєра, зменшуючи можливість невірного пересилання або його втрати. RFID легко вбудовується в існуючі системи зі штрих-кодом. Немає необхідності занесення інформації в окрему базу даних, тому вся інформація розміщується в мітці. RFID-мітка має достатній обсяг пам'яті щоб зберігати дані про вантаж (реєстрацію, контактних осіб, маршрут тощо), тому ці дані доступні для BHS-системи на локальному рівні. Смарт-мітки можуть зчитуватися, на відміну від штрих-кодів, майже при будь-якій орієнтації (незалежно від розміщення інших одиниць вантажу), що в порівнянні зі штрих-кодами виражається більшою швидкістю та точністю.

У 2006 році була прийнята рекомендація міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA – англ. International Air Transport Association) про впровадження RFID-маркування у всіх аеропортах, проте на сьогоднішній день ще не всі аеропорти перейшли на нову систему маркування. Тому дублювання

інформації на штрих-код є необхідною умовою згідно міжнародних правил маркування авіаційного вантажу та для ідентифікації його в інших вантажних терміналах, які можуть бути не оснащені системами RFID-зчитувачів.

На цьому етапі також проводиться звірка масогабаритних характеристик (МГХ) вантажу, в присутності відправника. Після розміщення вантажу в базі даних системи BHS, він потрапляє на конвеєрну лінію автоматичної системи сортування вантажу, вздовж якої розміщені датчики руху та RFID-зчитувачі для визначення наступних дій системи та контролю місцезнаходження вантажу на кожному етапі сортування. Важливо відмітити, що для габаритних та негабаритних вантажів мають працювати окремі лінії транспортування, також окрема лінія транспортування передбачена для переміщення специфічного типу вантажу, який називається «живі тварини» [2].

Друга робоча зона АВТ – пункт перевірки наявності заборонених для авіаперевезень об'єктів. Для виконання цих операцій робоча зона оснащена інтроскопами, а також можуть бути наявні інші технологічні засоби для забезпечення авіаційної безпеки. В разі успішного проходження перевірки, вантаж рухається далі конвеєрною лінією до наступного етапу, а саме – сортування вантажу за рейсами та класом надання необхідних умов зберігання.

Третьою робочою зоною є пункт тимчасового зберігання, який в свою чергу поділяється на дві розподілені зони:

1. Пункт тимчасового зберігання габаритних вантажів;
2. Пункт тимчасового зберігання негабаритних та довгомірних вантажів.

Такий розподіл є вимушеним кроком з точки зору специфіки обробки та розміщення даних типів вантажів. Для «живих тварин» пункт тимчасового зберігання знаходиться у відокремленому місці, яке має бути відповідно облаштованим до вимог їх перебування та підтримання життєдіяльності. До цих місць тварин доставляють спеціальними транспортними засобами.

І заключною четвертою робочою зоною АВТ є пункт комплектування та розукомплектування, куди вантаж потрапляє із пунктів тимчасового зберігання та складів. В цій зоні вантаж комплектується співробітниками вантажного

терміналу, або спеціалізованими роботами маніпуляторами. Після комплектації вантаж з одного рейсу доставляється на ПС. У випадку прийому вантажу, він потрапляє в цю зону після розвантаження ПС, тут відбувається його розукомплектування, переміщення в пункти тимчасового зберігання та склади, а потім видача вантажу отримувачеві [2].

Процес сортування виглядає в спрощеному вигляді таким чином. Вантаж, встановлений на конвеєр, повинен бути розподілений по ряду окремих каналів, відповідних, наприклад, одним замовленням або маршруту доставки. Кожен канал має свій номер і являє собою неприводний конвеєр, встановлений під кутом до горизонту. Номер каналу вказується на транспортній бирці, яку наклеюють на вантаж. RFID-зчитувач при русі вантажу по конвеєру зчитує номер рампи і передає його на контролер управління сортуванням. Контролер в свою чергу дає команду механізму зіштовхувача конкретного каналу. Часто такі системи застосовуються для коробкової комплектації замовлень, коли вантажі (картонні коробки) знімають з палет, привласнюють їм штрих-код і потім вже по ньому відсортовують на конвеєрі по каналах (маршрутами). У цих коробках можуть перебувати і зібрані штучні замовлення, які сортують за адресами доставки клієнтам (магазинах).

Механічно такі сортувальники можуть бути влаштовані на основі різних принципів. Це можуть бути ремінні передавальні механізми, роликові штовхачі, швидкісні повзункові штовхачі (ZIP-сортувальники). Вибір конкретного типу обладнання завжди залежить від необхідної продуктивності. Зазначені типи обладнання розраховані відповідно на обробку 1200, 5500 і 9500 вантажних одиниць на годину. Число каналів сортування становить кілька десятків [4].

Сучасна палетна конвеєрна техніка дозволяє виконувати не тільки транспортування палет, але і їх сортування по складним алгоритмам. Як правило, ці процеси побудовані також на використанні штрих-коду, нанесеного на палету і містить інформацію про номер рампи, на яку повинен бути доставлений піддон з вантажем. Для цього використовують різні передавальні модулі та їх комбінації: ланцюгові механізми, підйомні роликові столи і т. д.

У конвеєрних системах з високопродуктивним сортуванням останнім часом широке застосування знайшли транспортні візки. Ці механізми пересуваються по рейках між окремими виходами конвеєра, переміщаючи між ними піддони з вантажем. Весь процес відбувається автоматично. Піддон з вантажем передається з конвеєра на візок, далі візок переміщається до необхідного струмка конвеєра і вивантажується на нього. Завдяки такій побудові сортувальних палетних систем вдається досягти дуже високих показників продуктивності при переміщенні - до 60-120 палет на годину. Такі візки можуть бути одно- і двомісними і переміщатися на відстань до 120 м [5].

Палетні конвеєри покликані працювати з палетами всіх відомих типів і розмірів масою до 1500 кг. З їх допомогою можлива також транспортування нестандартної тари, наприклад металевих сітчастих контейнерів. Такі конвеєрні сортувальні системи забезпечують роботу при низьких температурах (до  $-30^{\circ}\text{C}$ ) в холодильних складах.

Управління процесами сортування вимагає високорозвиненої системи управління, здатної в режимі реального часу обробляти інформацію зі штрих-кодом і приймати управлінські рішення. Часто така система повинна взаємодіяти з WMS-системою (англ. Warehouse Management System – Система керування складом), або з BHS-системою підприємства для оперативного управління вантажопотоками.

Система обробки вантажу. BHS-система – це тип конвеєрної системи, встановленої в аеропортах, яка транспортує вантаж з пункту прийому/ видачі до зони комплектування, після чого вантаж може бути завантажений на літаки. BHS також транспортує зареєстрований вантаж, що надходить з літаків, в вантажні заявки або в зону, де він може бути завантажений на інший літак.

Хоча основною функцією BHS є транспортування вантажу, типова BHS обслуговуватиме інші функції, пов'язані із забезпеченням того, щоб кожен вантаж потрапив до правильного місця в АВТ. Сортування - це процес ідентифікації мішка і пов'язаної з ним інформації, щоб визначити, куди мішок повинен направлятися в систему.

Крім сортування, BHS також може виконувати наступні функції:

- виявляти застрягання вантажу;
- контроль вхідних точок щоб уникнути перевантаження;
- балансування навантаження (рівномірний розподіл обсягу мішків між підсистемами конвеєра);
- підрахунок вантажів;
- відстеження вантажу;
- перенаправлення вантажів через штовхач або дивертор.

Існує цілий процес, який контролює BHS. З моменту, коли вантаж встановлений на вхідному конвеєрі, сортуючи до тих пір, поки він не досягне призначеного літака і на видачу отримувачеві після доставки, BHS-система контролює вантаж.

Багато систем обробки вантажу пропонують програмне забезпечення для кращого управління системою. Був також прорив з «мобільним» програмним забезпеченням BHS, де менеджери системи мали змогу перевіряти і виправляти проблеми зі свого мобільного телефону.

## **2.2. Розрахунок технологічних параметрів авіаційного вантажного терміналу для автоматичної системи сортування вантажу**

Вантажопотоком при обробці вантажу на авіаційному вантажному терміналі називається кількість одиниць в тонах, що перевозяться в одному напрямку за визначений період часу. Вантажопотік складається з різних класів вантажу, структура яких поділена на видову, галузеву та групову.

Загальний обсяг добової вантажопереробки включає наступні потоки:

- відправлені, міжнародними авіалініями, вантажі;
- відправлені, внутрішніми авіалініями, вантажі;
- прибуваючі, міжнародними авіалініями, вантажі;
- прибуваючі, внутрішніми авіалініями, вантажі;
- трансферні вантажі, відправлені міжнародними авіалініями;

Для окремих вантажів призначаються відведені для них зони у вантажному комерційному складі, або при великих обсягах вантажу – окремі склади.

За пропускною здатністю АВТ можна поділити на 4 групи:

- малі – добовий вантажопотік не перевищує 70 т/добу;
- середні – добовий вантажопотік в межах від 70 до 300 т/добу;
- великі – добовий вантажопотік в межах від 300 до 1000 т/добу;
- крупні – добовий вантажопотік перевищує 1000 т/добу.

Щоб розрахувати оптимальну кількість місць прийому/ видачі вантажу для проєктованої системи необхідно мати вихідні дані. За приклад взято державний міжнародний аеропорт «Бориспіль», який відноситься до третьої групи (великі) аеропортів за пропускною здатністю.

Характеристики вантажного терміналу аеропорту «Бориспіль» [7]:

- загальна площа території – 14 580 м<sup>2</sup>;
- пропускна здатність – 805,8 т/добу (2686 палетомісць);
- час завантаження/ вивантаження стандартного транспортного засобу вантажопідйомністю 22 т – 0,4 год.

### 2.2.1. Розрахунок потоків загального обсягу добової вантажопереробки

Вантажообіг на внутрішніх авіалініях складає 30% від загального вантажообігу. Добовий вантажообіг на внутрішніх повітряних лініях (ВПЛ) становитиме [8]:

$$Q_{ВПЛ}^{доб} = \frac{Q_{доб} \cdot 30\%}{100\%} = 805,8 \cdot 0,3 = 241,74 \text{ (т/добу)}.$$

Вага вантажу, що відправляється та прибуває на ВПЛ складає по 50% від добового вантажообігу на ВПЛ. Тому:

$$Q_{ВПЛ.пр}^{доб} = Q_{ВПЛ.відпр}^{доб} = \frac{Q_{ВПЛ}^{доб} \cdot 50\%}{100\%} = 241,74 \cdot 0,5 = 120,87 \text{ (т/добу)}.$$

Вантажообіг на міжнародних авіалініях складає 70% від загального вантажообігу. Добовий вантажообіг на міжнародних повітряних лініях (МПЛ) становитиме:



$$Q_{МПЛ}^{доб} = \frac{Q_{доб} \cdot 70\%}{100\%} = 805,8 \cdot 0,7 = 564,06 \text{ (т/добу)}.$$

Вага трансферного вантажу, що транспортується на МПЛ складає 15% від добового вантажообігу на МПЛ [8]:

$$Q_{трансф.}^{доб} = \frac{Q_{МПЛ}^{доб} \cdot 15\%}{100\%} = 564,06 \cdot 0,15 = 84,61 \text{ (т/добу)}.$$

Вага вантажу, що прибувають на МПЛ складає 60% від добового вантажообігу на МПЛ:

$$Q_{МПЛ-пр}^{доб} = \frac{Q_{МПЛ}^{доб} \cdot 60\%}{100\%} = 564,06 \cdot 0,6 = 338,44 \text{ (т/добу)}.$$

Вага вантажу, що відправляються на МПЛ складає 25% від добового вантажообігу на МПЛ:

$$Q_{МПЛ-відпр}^{доб} = \frac{Q_{МПЛ}^{доб} \cdot 25\%}{100\%} = 564,06 \cdot 0,25 = 141,02 \text{ (т/добу)}.$$

Виходячи з розрахунків, приймемо до уваги, що у вантажному комерційному складі бажано мати дві зони стелажного зберігання для вантажів ВПЛ вантажомісткістю на 242 т та вантажів МПЛ вантажомісткістю на 565 т.

Припустимо, що 20% від добового вантажообігу на ВПЛ, а також ще 30% від добового вантажообігу на МПЛ, становлять вантажі на авіаційних палетах та в контейнерах [8].

$$Q_{ВПЛ-конт.}^{доб} = \frac{Q_{ВПЛ}^{доб} \cdot 20\%}{100\%} = 241,74 \cdot 0,2 = 48,35 \text{ (т/добу)}.$$

$$Q_{МПЛ-конт.}^{доб} = \frac{Q_{МПЛ}^{доб} \cdot 30\%}{100\%} = 564,06 \cdot 0,3 = 169,22 \text{ (т/добу)}.$$

Тому, окрім зон стелажного зберігання, необхідно мати дві зони для зберігання вантажів на авіаційних палетах та в контейнерах для ВПЛ вантажомісткістю на 49 т та МПЛ вантажомісткістю на 170 т.

Отримані дані необхідні для планування структури та програмування роботи автоматичної системи сортування вантажу відповідно до кількості відгалужень в зонах тимчасового зберігання.

## 2.2.2. Розрахунок оптимальної кількості вантажно-розвантажувальних рамп

Оптимальна кількість вантажно-розвантажувальних рамп та чисельність машин і устаткування для прийому, видачі та оформлення вантажу розраховується за наступною формулою [8]:

$$n_{opt} = \frac{\lambda + \frac{1}{t_{прост}^{зад}} \cdot \ln \frac{P_{зайн}}{P(t_{факт} > t_{прост}^{зад})}}{\nu} \text{ (од.)},$$

де  $\lambda$  – вхідний потік автотранспорту, од./год.;

$t_{прост}^{зад}$  – середній час простою, год ( $t_{прост}^{зад} = 0,6$  год.);

$P_{зайн}$  – імовірність того, що всі місця будуть зайняті ( $P_{зайн} = 0,9$ );

$P(t_{факт} > t_{прост}^{зад})$  – імовірність того, що фактичний час простою виявиться більшим від заданого ( $P(t_{факт} > t_{прост}^{зад}) = 0,05$ );

$\nu$  – інтенсивність обслуговування однієї одиниці транспорту для відвантаження вантажу (величина обернено-пропорційна до середнього часу завантаження/ розвантаження однієї одиниці транспорту  $t_{обсл} = 0,4$  год.).

$$\nu = \frac{1}{t_{обсл}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ од./год.}$$

Розраховуємо інтенсивність вхідного потоку за наступною формулою [8]:

$$\lambda = \frac{Q_{доб} \cdot K_{нер}}{T \cdot q_{вант} \cdot K_{зр}} \text{ од./год.},$$

де  $Q_{доб}$  – добовий вантажообіг, т/добу;

$K_{нер}$  – коефіцієнт нерівномірності при надходженні вантажу в різні сезони та місяці ( $K_{нер} = 1,5$ );

$T$  – час роботи АВТ протягом доби, год./добу ( $T = 24$  год./добу);

$q_{вант}$  – вантажопідйомність складських розвантажувачів, т ( $q_{вант} = 5$  т);

$K_{вант}$  – коефіцієнт корисного використання вантажопідйомності навантажувача ( $K_{вант} = 0,8$ );

Інтенсивність вхідного потоку автотранспорту для ВПЛ:

$$\lambda = \frac{Q_{ВПЛ}^{доб} \cdot K_{нер}}{T \cdot q_{вант} \cdot K_{зр}} = \frac{241,74 \cdot 1,5}{24 \cdot 5 \cdot 0,8} = 3,78 \approx 4 \text{ од./год.};$$

Інтенсивність вхідного потоку автотранспорту для МПЛ:

$$\lambda = \frac{Q_{МПЛ}^{доб} \cdot K_{нер}}{T \cdot q_{вант} \cdot K_{зр}} = \frac{564,06 \cdot 1,5}{24 \cdot 5 \cdot 0,8} = 8,81 \approx 9 \text{ од./год.}$$

Визначаємо оптимальну кількість вантажно-розвантажувальних рамп для ВПЛ:

$$n_{опт} = \frac{3,78 + \frac{1}{0,6} \cdot \ln \frac{0,9}{0,05}}{2,5} = 7,28 \approx 8$$

Визначаємо оптимальну кількість вантажно-розвантажувальних рамп для МПЛ:

$$n_{опт} = \frac{8,81 + \frac{1}{0,6} \cdot \ln \frac{0,9}{0,05}}{2,5} = 16,98 \approx 17$$

Отже, для прийому та видачі вантажу, прийомний пункт має бути оснащений 25 вантажно-розвантажувальними рампами для транспортування вантажу на ВПЛ та МПЛ, а тому і система сортування повинна містити 25 завантажувальних конвеєрних ліній, на вході кожної з яких має знаходитись система вимірювання МГХ.

Окрім основних рамп необхідно передбачити ще 2 додаткових для оформлення, прийому та видачі негабаритних та довгомірних вантажів, які можуть бути опрацьовані системою і мають допустимі вагу та габарити, а також ще 1 рампу для приймання вантажу з живими тваринами чи вантажу який не підлягає обробці за допомогою автоматичної системи, тому що має недопустимі вагу та габарити.

## 2.3. Проектування та принцип роботи автоматичної системи сортування вантажу

На рис. 2.3.1 представлено загальний вигляд автоматичної системи сортування вантажу, розміщеної в авіаційному вантажному терміналі.

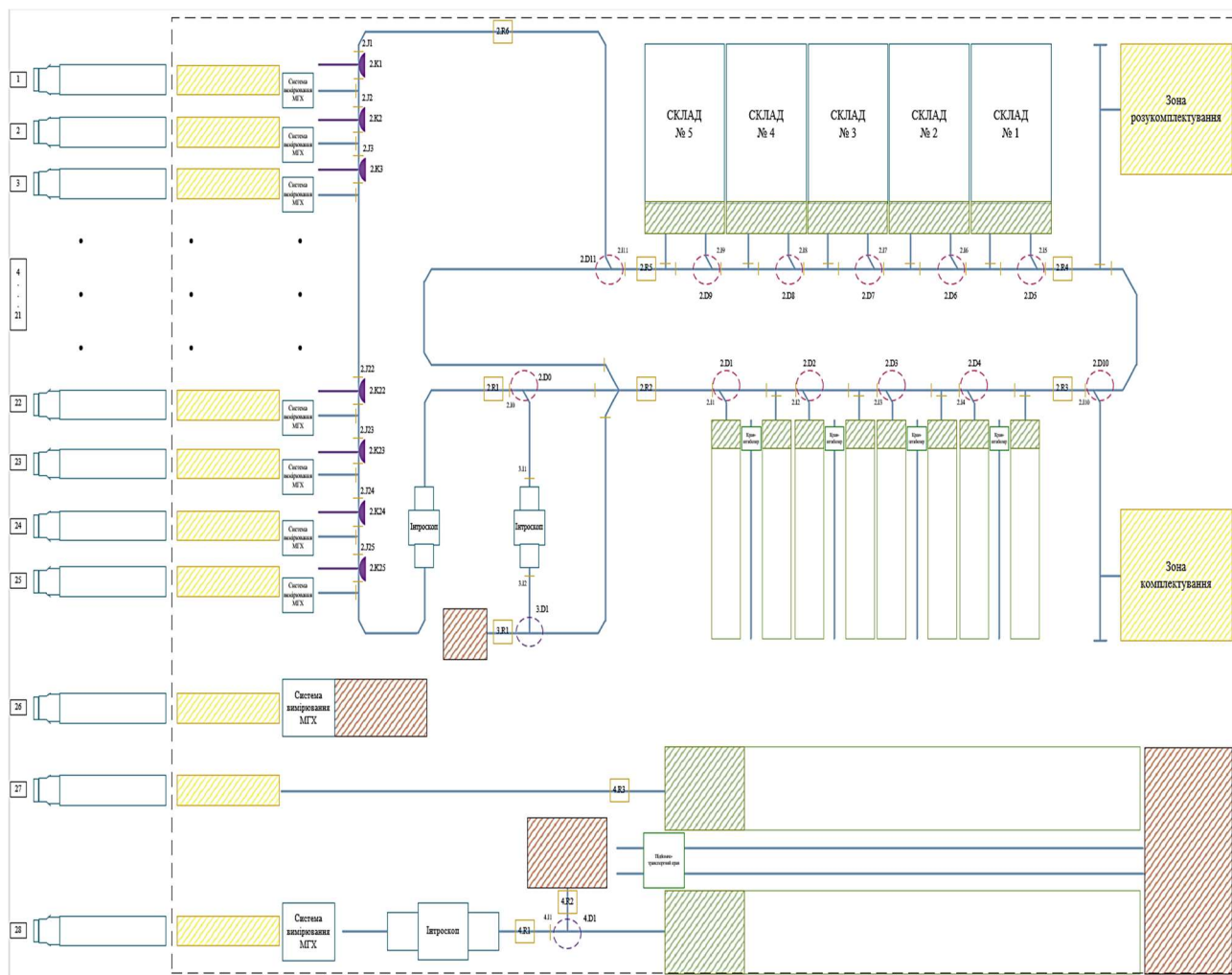


Рис. 2.3.1. Загальний вигляд автоматичної системи сортування вантажу, розміщеної в авіаційному вантажному терміналі

Автоматична система сортування вантажу в АВТ структурно поділена на робочі зони, що були розглянуті раніше. На вході системи розташовані 25 подвійних конвеєрних стрічок, в яких одна лінія використовується для подачі вантажу на головну конвеєрну лінію під час його прийому від відправника, а інша, відповідно, для видачі вантажу отримувачеві. Перед кожною такою подвійною стрічкою розміщені системи вимірювання МГХ вантажів.

Під час прийому та в певних випадках під час видачі вантажу проводиться вимірювання його масогабаритних характеристик за допомогою автоматичних чи автоматизованих систем. Зазвичай у вантажних терміналах застосовуються системи вимірювання МГХ стаціонарного та динамічного типів, а для негабаритних та довгомірних вантажів – порталного типу. Також можуть бути застосовані звичайні складські ваги. Дані про масогабаритні характеристики необхідні для правильного навантаження системи сортування вантажу, розміщення його у тимчасових зонах зберігання, та в подальшому для ефективного завантаження ПС.

Отже, після прийому робітником складу вантажу, після того як на нього вже нанесено спеціальне маркування, звірено всі необхідні документи та проведено вимір МГХ, вантаж потрапляє на завантажувальний конвеєр, який має незначну довжину.

*Завантаження вантажу на головну конвеєрну лінію.* Завантажувальний конвеєр розташований перпендикулярно до головного конвеєра, який під час роботи всієї системи безперервно рухається по колу. Вантаж під'їжджає до першого на своєму шляху датчика руху, конвеєр зупиняється і вантаж стає в чергу, на систему подається сигнал, що готується завантаження нового вантажу на головний конвеєр. Вздовж головної конвеєрної лінії розміщені датчики відстані та перед кожним завантажувальним конвеєром встановлені датчики руху (рис. 2.3.2). Ці датчики фіксують момент, коли вантаж може потрапити на головний конвеєр.

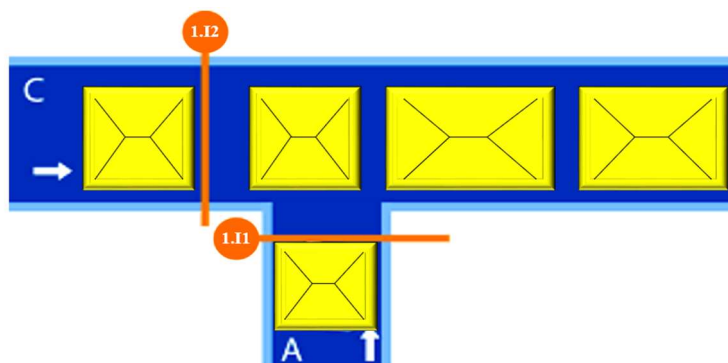


Рис. 2.3.2. Момент виїзду вантажу із завантажувального конвеєра на головний.

Рух конвеєрною лінією подібний до дорожнього руху автомобілів, на виїздах системи розміщені конвеєрні світлофори і вантаж поступає дорогою один одному відповідно до правил розробленої системи сортування.

Коли на конвеєрному світлофорі загоряється дозволяючий сигнал, завантажувальний конвеєр знову запускається і таким чином вантаж потрапляє на головний конвеєр. В такому разі ймовірність скупчення вантажу на завантажувальному конвеєрі зводиться до мінімального, адже система дозволяє кожному вантажу потрапити на головну конвеєрну лінію без зайвої черги.

В автоматичній системі сортування вантажу компоненти спочатку потрапляють на колекторний конвеєр, який погоджує швидкості з основним конвеєром і подає упаковки, коли з'являється вільне місце. Далі система за допомогою інтелектуальних конвеєрів або роздільників регулює відстань між упаковками і створює однакові інтервали.

Оскільки розташування на колекторному конвеєрі може змінюватися, виходячи з розмірів і форми оброблюваного матеріалу, система автоматизації розпізнає такі відмінності і реагує відповідним чином, за короткий час.

Система поділу передбачає поетапну серію невеликих конвеєрів, кожен з яких змінює швидкість щодо конвеєрів, розташованих до і після нього. Головною вимогою в технології поділу є здатність системи розпізнавати продукт і як можна швидше змінювати швидкість конвеєра.

Протягом ультракоротких тимчасових інтервалів датчики відстані посилають оновлені дані про стан вантажу в контролер, який потім розраховує нову швидкість для пересилання на перетворювачі частоти або сервопідсилювачі. Навіть на великій швидкості конвеєри повинні прискорюватися або сповільнюватися, не створюючи випередження або затримки. Застосовуються рішення від простих впускних систем до найбільш удосконалених розподільчих пристроїв з контролерами різного рівня продуктивності, від модулів позиціонування до вбудованої високошвидкісної шини для швидкого зв'язку з декількома процесорними модулями.

Перетворювачі частоти разом з модулями віддаленого вводу/виводу створюють потужну базу, яка задовольняє вимогам великих систем обробки вантажу. Для розділових конвеєрів, де є потреба у додатковому запасі продуктивності, в інтегровану платформу автоматизації вбудовується сервосистема для забезпечення високої швидкості.

*Проходження зони на перевірку безпечного вантажу.* Рухаючись далі головною конвеєрною лінією кожна одиниця вантажу повинна пройти огляд на відсутність заборонених для авіаперевезень об'єктів. Для цього в другій робочій зоні автоматичної системи сортування вантажу встановлені інтроскопи, або інші прилади для огляду вантажу, такі як томографи чи рентгенівські сканери тощо.

В даній системі приведена дворівнева технологія для перевірки авіаційної безпеки вантажу (рис. 2.3.3).

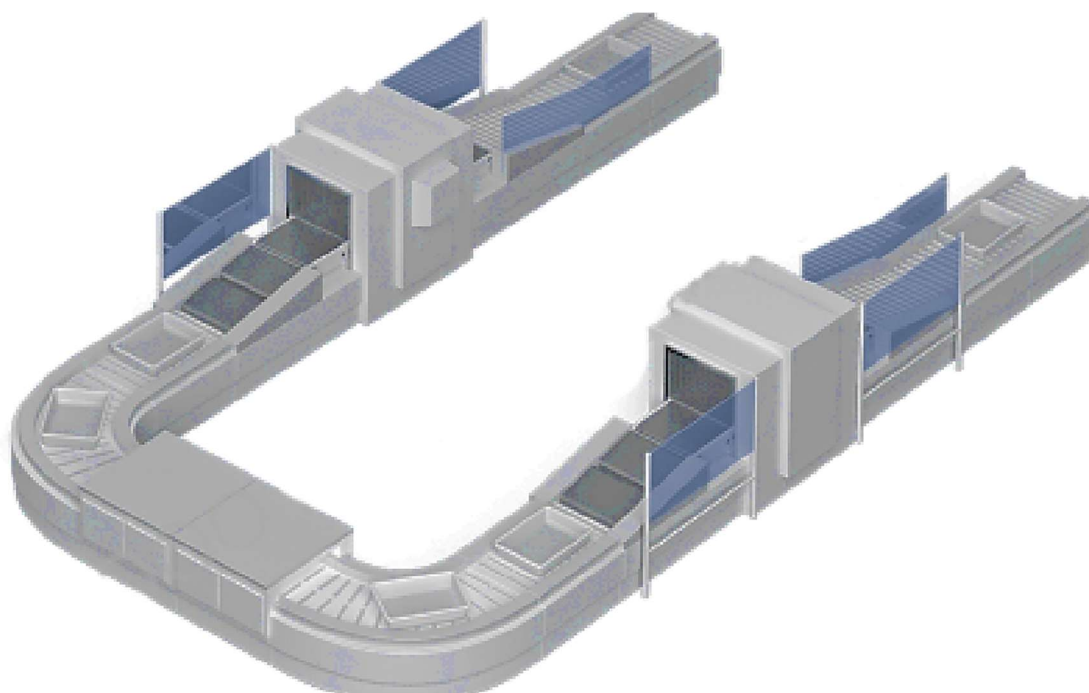


Рис. 2.3.3. Дворівнева технологія для перевірки авіаційної безпеки вантажу

Проходячи через перший рівень, вантаж сканується в інтроскопі, але продовжує рухатись далі, навіть якщо він викликає сумніви або виявлено заборонені об'єкти. Доки вантаж доїжджає до першого зіштовхувача і мітка буде просканована RFID-зчитувачем 2.R1, диспетчер має прийняти рішення, а саме – відправити вантаж на другий рівень перевірки чи дозволити рух до складів

тимчасового зберігання. Якщо ж вантаж викликає у диспетчера сумніви, зіштовхувач направляє цей вантаж до другого інтроскопа, де інший диспетчер може дослідити вантаж більш детально і прийняти остаточне рішення. В разі, якщо вантаж небезпечний, RFID-зчитувач 3.R1 його відсканує і в системі BHS цей вантаж буде позначений як небезпечний. Він зійде з конвеєрної лінії і далі вже буде проводитись ручний огляд. Якщо ж причин для небезпеки немає, вантаж повертається на головну конвеєрну лінію і далі розподіляється системою сортування.

Завдяки такій технології не потрібно зупиняти чи сповільнювати роботу головного конвеєра, що дозволяє обробляти весь потік вантажу безперебійно та без додаткових черг, також це дає кращі результати при виявленні заборонених речей.

*Процес розподілу вантажу по зонах сортування.* Після успішного проходження перевірки, вантаж дістається зони сортування, на вході якої розташований RFID-зчитувач 2.R2. Він зчитує інформацію з радіочастотних міток, передає дані в систему BHS, яка ідентифікує кожен переданий вантаж в базі даних вантажного терміналу, а далі дає команду на програмований логічний контролер (ПЛК), куди саме має потрапити вантаж. Відмінною рисою інтегрованої платформи автоматизації є можливість розширення відповідно до вимог системи. Радіочастотна ідентифікація стає все більш популярною в системах BHS, полегшуючи сканування рухомого вантажу і дозволяючи зберігати інформацію в самій мітці. Показник успішного сканування в багатьох нових додатках досягає майже 100%, що знижує помилки і збільшує пропускну здатність. Радіочастотну ідентифікацію можна легко інтегрувати, використовуючи послідовний інтерфейсний модуль або підключаючись безпосередньо до послідовного інтерфейсного блоку.

В зоні стелажного зберігання розміщені в ряд автоматизовані транспортно-стелажні системи AS/RS (англ. Automated Storage and Retrieval Systems), вигляд якої приведено на рис. 2.3.4.





Рис. 2.3.4. Автоматизована транспортно-стелажна система

Автоматизовані транспортно-складські системи мають безліч переваг над попередніми складськими технологіями. Можливість зберігання предметів на полицях дозволяє не тільки скоротити займану площу, але й завдяки відстеженню окремих коробок або палет, легко реалізувати принцип "перший надійшов – перший відвантажений". В системі обробки вантажу VHS, системи реєстрації та зберігання раннього вантажу дозволяють зберігати вантаж і потім видавати його в певний час для завантаження на борт літака. Оскільки такі AS/RS системи, як правило, мають великі розміри, величезне значення має швидкість транспортної машини, так як їй необхідно якомога швидше завантажувати і вивантажувати компоненти.

Один кран-штабелер в AS/RS системі зазвичай має до 4 осей руху: підйом, вилучення та два приводних колеса поперечного переміщення. При таких рухах

потрібно багато енергії. Оскільки крани переміщуються на великі відстані з високою швидкістю, зазвичай живлення подається через шину постійного струму, що підключена до блоків живлення і рекуперації (процес повернення частини енергії для повторного використання в тій самій технологічній процедурі). Ці перетворювачі дозволяють приєднувати до шини постійного струму до шести перетворювачів частоти і забезпечити рекуперацію лінії змінного струму.

Автоматизовані транспортно-складські системи повинні переміщатися з максимальним прискоренням і швидкістю при змінному навантаженні. Одна з найбільш екстремальних ситуацій - коли система транспортує важкі вантажі формату повної палети. Маючи однакові настройки як для навантажених, так і ненавантажених умов, система, хоча і зберігає стійкість, не може бути оптимізована для забезпечення максимальної продуктивності. За допомогою підсилювача адаптації в масштабі реального часу, що дозволяє автоматично розпізнавати зміну навантаження і відповідним чином змінювати параметри ПІД-регулятора, є можливість домогтися максимальної продуктивності навіть при значних нерівномірних характеристиках навантаження.

Отже, перед кожною такою автоматизованою системою AS/RS розміщені датчики, що реагують на рух кожного вантажу. А система BHS подає сигнал на ПЛК, щоб система сортування в потрібний момент задіяла потрібний зіштовхувач і вантаж опинився на своєму місці. Тобто, коли сигнал від системи обробки вантажу та сигнал від датчика руху зійдуться у визначеному місці, тільки тоді спрацює сортувальник та направить вантаж до системи AS/RS, де кран-штабелер помістить його у відведене місце, а в подальшому дістане і направить в зону комплектування при завантаженні ПС.

Якщо вантаж відноситься до однієї із категорій, що вимагає зберігання при спеціальних умовах, ці дані занесені в смарт-мітку. Система аналізує дані, команда для відправки вантажу до стелажної зони зберігання не подається. В такому разі вантаж рухається далі головною конвеєрною лінією до зони спеціалізованих складів. Ці склади обладнані системами з індивідуальними

налаштуваннями температури, роздільними зонами для зберігання несумісних категорій вантажів, системами підвищеного контролю безпеки, відео-нагляду, пожаро-гасіння, контролю температури та рівня вологості тощо.

В багатьох великих вантажних терміналах світу, такі склади розміщені в одному приміщенні із системою сортування, що дозволяє скоротити час на обробку однієї одиниці вантажу. Проектована система автоматичного сортування вантажу передбачає саме такий варіант, адже в цьому разі можна досягти вищого рівня автоматизації всього АВТ.

Проте, навіть якщо спеціалізовані склади знаходяться в інших приміщеннях, це не є проблемою. Система автоматично відсортує вантаж у спеціальні відведені зони, звідки його вже заберуть на спецтехніці і доставлять в потрібне місце.

Для спеціалізованого вантажу принцип роботи системи сортування такий само як і для звичайного вантажу. Перед складами розташований RFID-зчитувач, а перед кожним складом датчики руху. Коли сигнали із системи BHS та датчика руху співпадають – спрацьовує зіштовхувач.

Автоматична система сортування вантажу в АВТ спроектована по круговій схемі руху головної конвеєрної лінії. Це дозволяє зменшити площу, яку займає система, а також оптимально організувати рух вантажу, уникнути тяжких наслідків в разі аварії системи сортування чи виникнення мало прогнозованих випадків.

Автоматизовані транспортно-складські системи розташовані першочергово в зоні тимчасового зберігання, адже більша частина вантажу буде потрапляти саме сюди і звідси вантаж повинен за короткий термін потрапити в зону комплектування, тому вона і розміщена наступною.

*Зони комплектування та розукомплектування вантажу.* Перед зоною комплектування традиційно встановлено датчики руху, автоматичний зіштовхувач та RFID-зчитувач 2.R3, який аналізує рухомий склад і відбирає вантаж, що необхідно завантажити на відповідний літак.



В зоні комплектування збирається весь вантаж від автоматизованих систем AS/RS та спеціалізованих складів, який має бути завантажений на рейс. Негабаритний та довгомірний вантаж, а також тварини доставляються до ПС окремо. Для удосконалення автоматизації процесів складського приміщення АВТ в зонах комплектування бажано застосовувати роботів-маніпуляторів спеціального призначення (рис. 2.3.5).

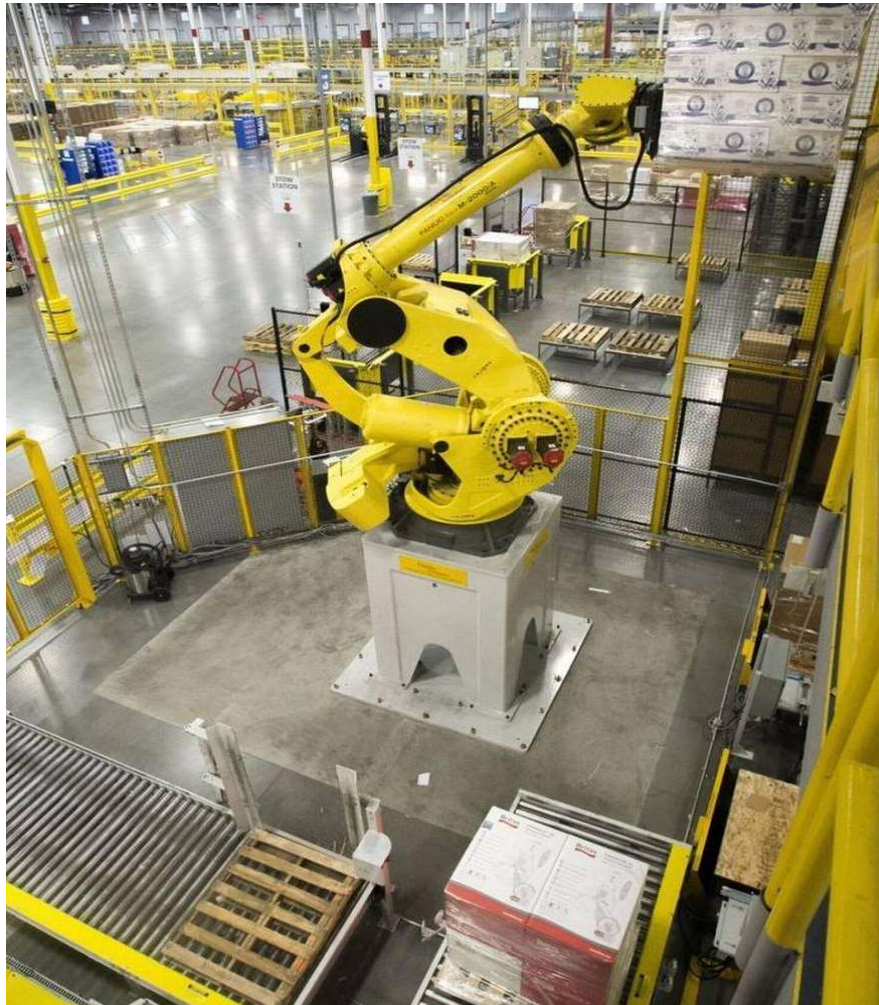


Рис. 2.3.5. Робот-маніпулятор комплектації вантажу

Система комплектації вантажу складається з декількох основних частин: конвеєра, системи сканування, зони навантаження і маніпулятора. Вантаж з RFID-міткою потрапляє на конвеєр, де проходить через систему сканування. Дані надходять в контролер, який керує маніпулятором. На основі отриманих даних він вирішує, в який контейнер помістити вантаж. В ході процесу навантаження враховуються габарити вантажу, його класифікація/маркування

(наприклад, крихкий вантаж буде поміщено в спеціально призначений для цього контейнер). Після сканування робот-маніпулятор захоплює вантаж з рухомого конвеєра і переносить його в певний контейнер, який вантажиться на борт літака.

До основних переваг застосування роботів-маніпуляторів слід віднести більш високу продуктивність виконання процесу комплектації, точність виконання команд, заощадження площі терміналу, висока безпека обробки вантажу, здатність безперервної роботи. Всі ці фактори позитивно впливають на роботу авіаційного вантажного терміналу в цілому, задовольняються потреби клієнтів, зменшуються витрати на робітників, збільшується товарообіг, ростуть прибутки авіаційної компанії.

Обробка вантажу по прильоту відбувається в зворотному напрямку. Вантаж доставляється авіаційними транспортними засобами від ПС до зони розукомплектування. Тут такі само роботи-маніпулятори, як і в зоні комплектування, розвантажують вантаж, на його поверхню кріпиться RFID-мітка і компоненти завантажуються на конвеєрну лінію, після ідентифікації RFID-зчитувачем 2.R4, і в порядку черги потрапляють на головну конвеєрну лінію.

Завдяки круговій структурі сортувальної системи вантаж рухається по колу конвеєрної лінії, досягаючи необхідного місця і система відсортовує весь вантаж до зон тимчасового або довготривалого зберігання.

*Транспортування вантажу до пункту видачі.* Після прильоту ПС і розміщення вантажу на складах, він зберігається там до приїзду отримувача. В момент коли поступає сигнал на видачу вантажу система в автоматичному режимі подає запит на пошук необхідного вантажу та завантаження його на головну конвеєрну лінію.

Розпочинаючи рух по круговому конвеєру вантаж поступово підходить до RFID-зчитувача 2.R5, який визначає подальший рух вантажу. Якщо на цей вантаж поступив запит для видачі спрацює зіштовхувач, який перенаправить рух вантажу на іншу конвеєрну лінію. Рухаючись конвеєром вантаж проходить RFID-зчитувач 2.R6, який працює подібно зчитувачу 2.R2, подається сигнал в

систему BHS, яка керує програмованим логічним контролером для активації потрібного зіштовхувача.

Коли потрібний вантаж перетинає робочу зону датчика руху визначеного системою обробки вантажу, спрацьовує зіштовхувач і вантаж потрапляє на рольганг видачі (рис. 2.3.6).



Рис. 2.3.6. Робота зіштовхувачів при видачі вантажу

Зіштовхувачі приводяться в рух за допомогою пневматичних циліндрів. Рухомий важіль з вертикальною пластиною на кінці, що має довжину ходу, рівну ширині конвеєра, встановлюється збоку від нього, навпроти місця знімання вантажу. Коли об'єкт підходить до місця знімання, механізм зіштовхує його з конвеєра в поперечному напрямку. Після цього пластина штовхача повертається в попереднє положення до підходу до неї наступного вантажу. Замість пластини часто використовуються також встановлені вертикальні стрижні або решітка. Зіштовхувачі працюють зі швидкістю 1200 шт./год. в середньому, але зазвичай вони більш швидкодіючі, ніж дивертори, тому що в цьому випадку між ящиками не треба залишати такі великі проміжки. Слід мати на увазі й те, що зі

збільшенням швидкості зштовхування зростає ймовірність пошкодження вантажу, тому слід дотримуватися середньої швидкості.

*Процес обробки негабаритного, довгомірного вантажу та тварин.* Авіаційний вантажний термінал повинен також забезпечувати перевезення тварин та опрацьовувати вантаж, який має негабаритні розміри. Для цих потреб система сортування має одну рампу для прийому великогабаритних вантажів, одну рампу для видачі такого вантажу, та одну рампу для прийому і видачі негабаритних, довгомірних вантажів та тварин.

Після рампи прийому великогабаритного вантажу розміщена портална система вимірювання масогабаритних характеристик та посилена конвеєрна лінія, на шляху якої встановлено інтроскоп збільшеного розміру. Якщо вага та габарити вантажу відповідають вимогам системи, то такий вантаж може бути завантажений на конвеєрну лінію. Рухаючись до зони зберігання вантаж проходить зону перевірки, де диспетчер визначає чи цей вантаж не загрожує авіаційній безпеці та віддає команду в систему обробки вантажу. Якщо виникають підозри щодо якогось вантажу, система за допомогою групи зіштовхувачів направить його в зону ручного огляду. Якщо ж причин для цього немає, вантаж буде передано до зони зберігання великогабаритних об'єктів.

Зона зберігання великогабаритних об'єктів має доступ до конвеєрної лінії завантаження негабаритного вантажу, конвеєрної лінії видачі та до зони ручного огляду небезпечних вантажів. В зоні зберігання розміщено дві спеціально обладнані площі, де можна розмістити великогабаритний та довгомірний вантаж. Між цими площами працює автоматизована система обробки та зберігання авіаційних палет та контейнерів PCHS (англ. Pallet Container Handling System). Вся інформація, необхідна для управління даною системою, поєднується в одному місці і доступна оператору в децентралізованому режимі. Системи обробки та зберігання авіаційних палет та контейнерів мають модульну конструкцію і можуть бути індивідуально пристосовані до будь-яких вимог та різних тримачів палет чи контейнерів. Така система в середньому вміщає до 600 комірок зберігання, а для транспортування вантажу в системі застосовуються



автоматичні підйомно-транспортні засоби, що здатні підіймати вантаж вагою до 14 тон. (рис. 2.3.7).



Рис. 2.3.7. Підйомно-транспортний засіб ETV (англ. Elevating Transfer Vehicles)

Вантаж, який не може бути опрацьований за допомогою системи PCHS, так само як і тварини, завантажується окремим під'їзним пунктом, після якого також розміщена портална система вимірювання МГХ, після чого робітники авіаційного вантажного терміналу за допомогою спеціальної техніки доставляють цей вантаж в потрібне місце.



### РОЗДІЛ 3

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ТА ПРОГРАМИ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ В АВІАЦІЙНОМУ ВАНТАЖНОМУ ТЕРМІНАЛІ

### 3.1. Блок-схеми алгоритмів роботи автоматичної системи сортування

Щоб розробити програму управління автоматичної системи сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі спочатку важливо представити роботу системи за допомогою алгоритмів. Так як система є обширною і включає декілька робочих зон, різних процесів, то й алгоритмів буде декілька.

Для алгоритмізації були задіяні блок-схеми – це представлення структури алгоритму геометричними фігурами та лініями-зв'язками, які визначають послідовність виконання окремих інструкцій. При такому описі забезпечується наочність алгоритму і явно відображається порядок виконання всіх команд [9].

3.1.1. Алгоритм роботи системи автоматичного сортування на етапі завантаження

Робота всієї автоматичної системи сортування розпочинається з моменту завантаження вантажу на конвеєрну лінію. При розробці алгоритму роботи завантажувального конвеєра необхідно виділити сигнали, які мають визначати робочий процес завантаження вантажу, забезпечувати високу ефективність та безпеку цього процесу як для вантажу, так і для системи. В таблиці 3.1.1 наведено необхідні сигнали для роботи завантажувального конвеєра.

Табл. 3.1.1

Сигнали управління завантажувальним конвеєром

Сигнал	Опис
1.X1	Робота завантажувальної конвеєрної стрічки

1.11	Датчик руху перед головною конвеєрною лінією
1.12	Датчик руху для фіксації вільних місць на головній конвеєрній лінії

Визначивши сигнали, необхідні для роботи цього етапу системи сортування, можна розробити структуру управління. На рис. 3.1.1 представлено алгоритм роботи завантажувального конвеєра, заснований на циклічних блоках з передумовою.

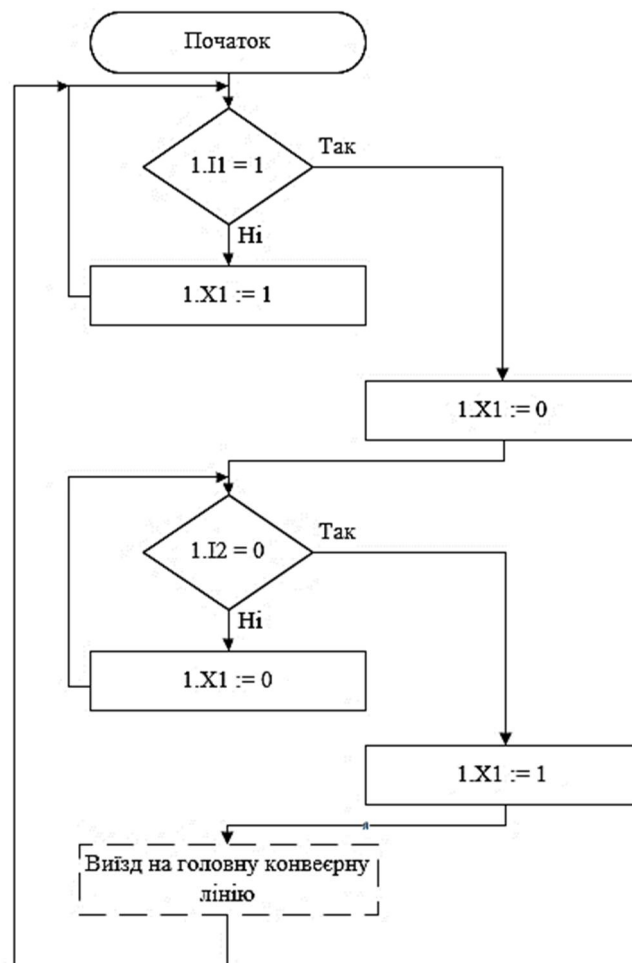


Рис. 3.1.1. Алгоритм роботи системи на етапі завантаження

Робота завантажувального конвеєра виконується наступним чином. Вантаж поміщається на конвеєр після обробки його працівником АВТ та вимірювання масогабаритних характеристик. Перевіряється сигнал від датчика 1.11, якщо сигнал не поступає то подається сигнал 1.X1 для роботи конвеєра. Датчик 1.11 спрацює лише тоді, коли вантаж під'їде до головної конвеєрної лінії.

В цьому разі подається сигнал про присутність вантажу на виході завантажувального конвеєра і що його необхідно далі направити на головний конвеєр.

Коли спрацює датчик 1.11 завантажувальний конвеєр зупиняється, далі іде перевірка датчика руху 1.12. Якщо від нього сигнал не поступає, то це буде означати, що даний вантаж можна завантажити на головну конвеєрну лінію. Таким чином завантажувальний конвеєр запрацює знову і вантаж опиниться на головній лінії. Якщо ж датчик 1.12 подає сигнал руху на систему, то це означає, що на головній конвеєрній лінії в цьому місці вже рухається інший вантаж і необхідно почекати доки з'явиться вільне місце.

Але завдяки принципу «правил дорожнього руху», колекторним конвеєрам та роздільникам регулюється відстань між упаковками та створюються вільні місця для завантаження нових одиниць вантажу в систему. Це забезпечує розмірений процес завантаження вантажу та не створюються великі черги, що дозволяє вчасно розвантажувати конвеєр та оптимально використовувати його робочі ресурси.

### 3.1.2. Алгоритм роботи системи при русі вантажу головною конвеєрною лінією

Після того як вантаж уже потрапив на головну конвеєрну лінію, він має чітко рухатись далі автоматичною системою сортування. Щоб розробити послідовність виконання інструкцій для програмованих логічних контролерів визначимо сигнали, які подаються на ПЛК та забезпечують роботу системи. Дані наведено в таблиці 3.1.2.

Табл. 3.1.2

Сигнали управління головною конвеєрною лінією

Сигнал	Опис
2.X1	Робота головної конвеєрної лінії

2.R1 ... 2.R4	RFID-зчитувачі
var0 ... var4	Змінні, що передаються від системи BHS на відповідний зіштовхувач
2.D0 ... 2.D11	Зіштовхувачі
count1[] ... count9[]	Масив змінних відповідних зіштовхувачів для відліку пройденого вантажу

На рис. 3.1.2 зображена блок-схема алгоритму роботи головної конвеєрної лінії.

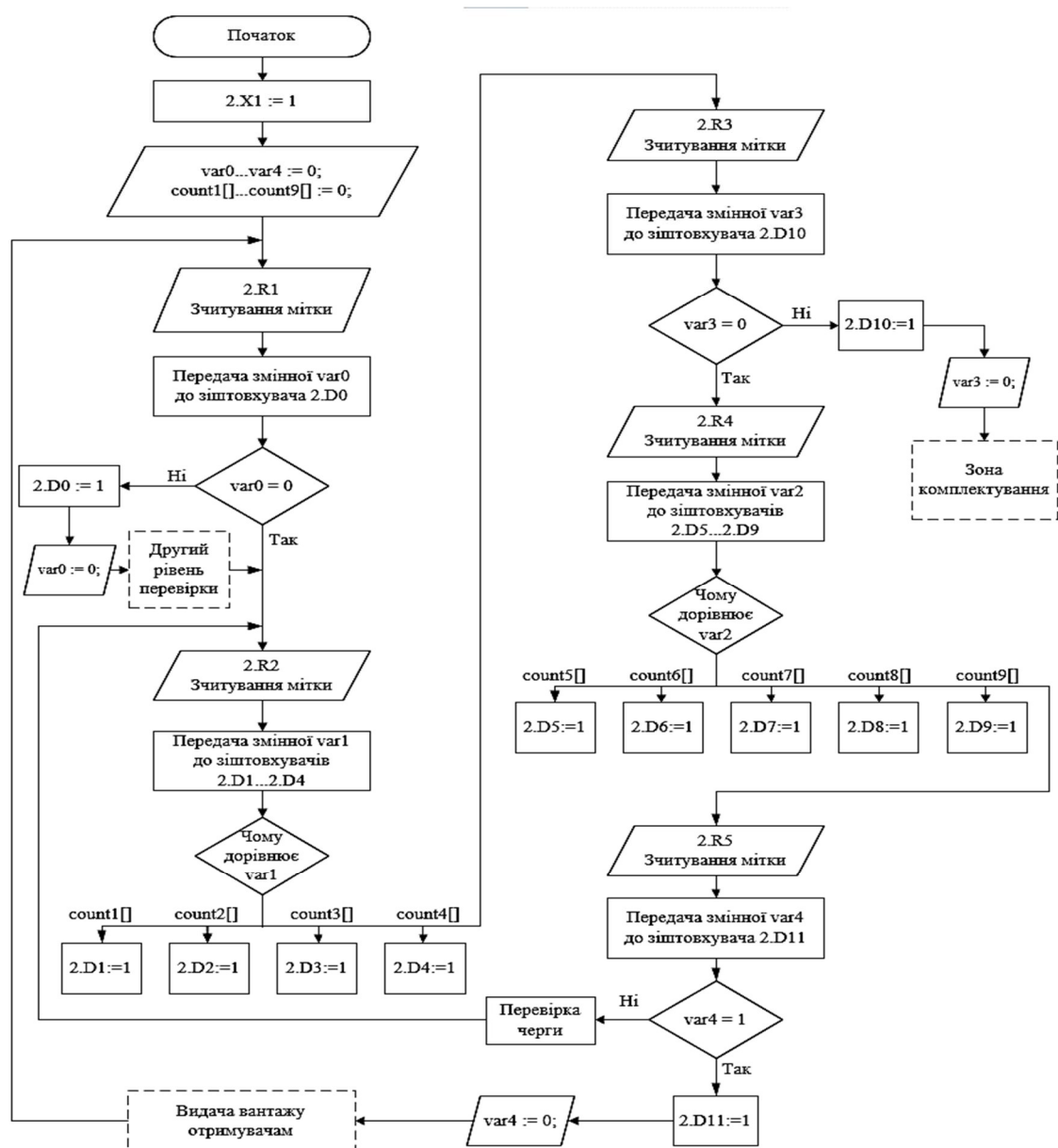


Рис. 3.1.2. Алгоритм роботи системи при русі вантажу головною конвеєрною лінією

Робота головної конвеєрної лінії розпочинається з першого блоку, в якому сигнал 2.X1 приймає значення активного стану і конвеєр запускається. Далі для всіх змінних var та значень масивів count[] присвоюються значення 0. Рухаючись конвеєрною лінією вантаж проходить через RFID-зчитувач, який генерує сигнал 2.R1 для визначення подальшого руху вантажу за допомогою системи BHS. Так як вантаж пройшов перший рівень перевірки безпеки через інтроскоп, диспетчер має прийняти рішення куди його направити. Якщо вантаж не викликає підозри, у змінну var0 нічого не записується і рух продовжується далі головною конвеєрною лінією.

В разі, якщо диспетчер заносить з мінну var0 значення 1, система BHS передає на ПЛК сигнал, що цей вантаж необхідно відправити на другий рівень перевірки безпеки. В цьому разі змінна var0 має обнулитися, щоб приймати нові значення від наступних об'єктів транспортування. При надходженні сигналу від датчика руху, що розташований вже далі від RFID-зчитувача, спрацює зіштовхувач 2.D0 і цей вантаж відправиться на додатковий етап перевірки, алгоритм роботи якого буде розглянуто детальніше в розділі 3.1.3.

Рухаючись головною конвеєрною лінією далі до зони сортування на шляху кожної одиниці вантажу буде проведено сканування смарт-мітки RFID-зчитувачем, який передає сигнал 2.R2 до системи управління, щоб визначити точне місце подальшого розташування кожного пакунку.

Система BHS направляє сигнал var1 через управління програмованим логічним контролером на кожен потрібний зіштовхувач з порядковим номером вантажу, який рухається в загальному потоці. Перед кожним зіштовхувачем розташований датчик руху, за допомогою сигналів від якого здійснюється відлік пройдених через нього одиниць вантажу і відбір саме того, який надано від системи.

Наприклад, вантаж під номером 1 має бути розміщений в автоматизованій транспортно-стелажній системі №3. На ПЛК подається команда, що зіштовхувач 2.D3 має спрацювати, коли через його датчик руху пройде перший вантаж. Датчики, які розташовані перед системами AS/RS №1 та №2 пропускають цей

вантаж, але для відповідних їм зіштовхувачів 2.D1 та 2.D2 в змінні count буде записано одиницю, а коли вантаж перетне область дії датчика руху перед третьою системою автоматизованого стелажного зберігання, спрацює зіштовхувач 2.D3 і вантаж опиниться в потрібному місці, де система AS/RS розмістить його на відповідний стелаж до моменту комплектації чи видачі отримувачеві.

Таким чином управління цим етапом сортування відбувається за рахунок одного ПЛК, що дозволяє скоротити витрати на встановлення RFID-зчитувачів перед кожною автоматизованою транспортно-стелажною системою. З мінусів слід виділити, що ПЛК має обмежену кількість вхідних сигналів, тому при великій кількості систем AS/RS необхідно задіяти декілька ПЛК.

Далі за алгоритмом передбачено подальшу роботу системи, якщо вантаж вимагає спеціальних умов зберігання, або якщо він направляється на комплектацію, чи відвантажується отримувачеві.

Отже, відразу за стелажними складами тимчасового зберігання розташована зона комплектування. Перед нею розміщено зіштовхувач 2.D10, який реагує на сигнал 2.R3 від RFID-зчитувача, якщо вантаж необхідно відправити в зону комплектації.

Коли RFID-зчитувач сканує мітку вантажу, сигнал 2.R3 надсилається в систему BHS, яка генерує сигнал var3 для ПЛК. Якщо вантаж необхідно відправити на комплектацію, то програмований логічний контролер отримує змінну var3 із значенням 1 і дасть команду на зіштовхувач 2.D10, який направить даний пакунок в зону комплектації. Після спрацювання зіштовхувача змінна var3 має обнулитися.

Якщо ж вантаж не потрібно комплектувати, він продовжить рух головною конвеєрною лінією до складських приміщень спеціалізованого призначення. Перед складами розташований ще один RFID-зчитувач, який виконує аналогічну роль такого ж зчитувача, який встановлений на вході зони сортування.

Сигнал 2.R4 з даними RFID-мітки просканованого вантажу поступає в систему обробки вантажу, яка надсилає сигнал var2 на ПЛК, який в свою чергу

управляє зіштовхувачами 2.D5 ... 2.D9 і співвідносить значення змінних count та значення змінної var2. Сигнали з датчиків руху перед кожним зіштовхувачем, так само як і при сортуванні до систем AS/RS, вносяться в ПЛК і рахують кількість пройдених одиниць вантажу, доки не настане черга необхідного.

Якщо вантаж не призначений для зберігання в автоматизованих транспортно-стелажних системах чи спеціалізованих складах і не відправляється на комплектацію, то це означає, що його необхідно направити отримувачеві, якщо поступив такий запит.

Для виконання операції видачі вантажу, першим ідентифікує вантаж RFID-зчитувач, що розташований після спеціалізованих складів. Якщо на вантаж поступив запит видачі, зчитувач його відсканує при русі по головному конвеєру, відправить сигнал 2.R5 в VHS-систему, а та, в свою чергу, за допомогою сигналу var4 дасть команду на ПЛК, спрацює зіштовхувач 2.D11 і вантаж попрямує в зону видачі.

На своєму шляху вантаж має пройти ще через один RFID-зчитувач, який визначить місце, до якої рампи має бути відвантажений цей вантаж. Процес алгоритму відвантаження буде розглянуто в розділі 3.1.4.

Якщо ж вантаж не розподілився ні на одній із перерахованих зон сортування, значить відбувся збій системи, або відклеїлась маркувальна бирка. В такому разі RFID-зчитувач не направить сигнал і зіштовхувач 2.D11 не спрацює. Завдяки застосуванню кругової структури автоматичної системи сортування вантажу в АВТ ні одна одиниця вантажу не загубиться. І в цьому випадку вантаж повернеться до зони сортування головною конвеєрною лінією. Якщо вийшов збій системи, вантаж пройде повторно коло сканування, щоб система змогла його ідентифікувати та направити за призначенням. Якщо ж після повторного сканування вантаж не відсортувався, працівники вантажного терміналу мають зняти цей вантаж з конвеєрної лінії та вручну визначити проблему.

Таким чином, проходячи круговою конвеєрною лінією сортування вантаж розподіляється по робочим зонам АВТ. Автоматична система сортування

вантаж при сумісній роботі з системою обробки вантажу та за допомогою поєднання сучасних та технологічно ефективних засобів автоматизації дозволяє виконувати процес сортування вантажу в автоматичному режимі з високою швидкістю та надійністю.

### 3.1.3. Алгоритм роботи системи на другому рівні перевірки авіаційної безпеки вантажу

Як було визначено раніше, вантаж потрапляє на другий рівень перевірки безпеки, якщо у диспетчера виникли сумніви при проходженні першого рівня. Після спрацювання зіштовхувача 2.D0 вантаж направляється відгалуженою конвеєрною лінією до зони перевірки другого інтроскопа. В таблиці 3.1.3 наведено основні сигнали для розробки алгоритму роботи відгалуженої лінії системи перевірки безпеки вантажу другого рівня.

Табл. 3.1.3

Сигнали управління системою відгалуженої ланки на другому рівні перевірки авіаційної безпеки

Сигнал	Опис
3.X1	Робота відгалуженої конвеєрної лінії
3.I1	Датчик руху перед інтроскопом
3.I2	Датчик руху після інтроскопа
3.D1	Зіштовхувач
3.R1	RFID-Зчитувач
varTag	Змінна, яка передається від системи BHS на зіштовхувач 3.D1 для ідентифікації досліджуваного вантажу
Tag	Код вантажу

Алгоритм роботи системи на другому рівні перевірки авіаційної безпеки вантажу (рис. 3.1.3) дозволяє виявити потенційну загрозу для авіаційних



перевезень та перенаправити вантаж на ручний огляд працівниками служби безпеки авіаційного вантажного терміналу.

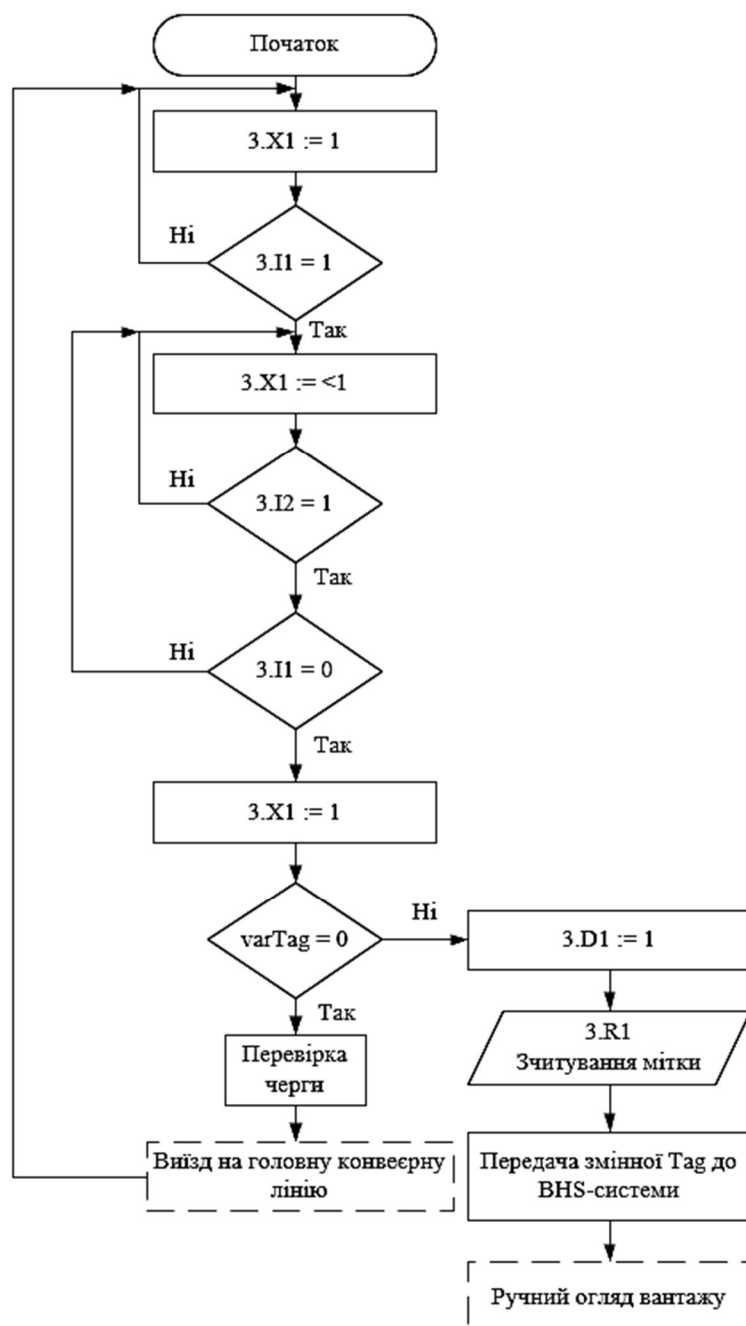


Рис. 3.1.3. Алгоритм роботи системи на другому рівні перевірки авіаційної безпеки вантажу

Даний алгоритм побудований на принципі циклу з післяумовою. Перший блок, де сигнал 3.X1 ініціюється одиницею свідчить про те, що на відгалужену конвеєрну лінію другого рівня перевірки авіаційної безпеки поступив вантаж і

вона розпочала рух в напрямку другого інтроскопа, перед та після якого розташовані датчики руху.

Коли вантаж перетинає робочу зону дії першого датчика, на систему поступає сигнал 3.I1, в цьому випадку це означає, що вантажна одиниця починає рух в зоні роботи інтроскопа, в цей момент операція «3.X1 < 1» означає сповільнення конвеєрної лінії. Але в диспетчерському пункті розташований пульт керування і диспетчер сам може сповільнювати або зовсім зупинити рух конвеєрної лінії, щоб якомога доцільніше дослідити підозрілий вантаж. На основі перевірки вантажу за допомогою технологічних засобів перевірки безпечності вантажу.

Після проходження вантажем перевірки в другому інтроскопі і огляду його диспетчером служби безпеки авіаційного вантажного терміналу вантаж прямує далі відгалуженою ланкою конвеєрної лінії. Коли перетинається робоча зона дії датчика руху 3.I2 після інтроскопа та сигнал від датчика руху перед інтроскопом відсутній, конвеєрна лінія знову виходить на свою робочу швидкість і вантаж прямує до зіштовхувача 3.D1. Від прийнятого диспетчером рішення залежить в якому напрямку буде рухатись вантаж.

Керування зіштовхувачем виконується через змінну varTag, яку система обробки вантажу передає в ПЛК. Якщо диспетчер впевнений в безпечності вантажу, то змінна varTag має значення 0 і зіштовхувач 3.D1 не спрацьовує, вантаж рухається в напрямку до зони тимчасового зберігання, на виході відгалуженої ланки очікує свою чергу на вільне місце і повертається на головну конвеєрну лінію для подальшого сортування і розміщення в системі зберігання.

В тому випадку якщо диспетчер прийняв досліджуваний вантаж за небезпечний і ввів цю інформацію в систему, тоді змінна varTag прийме значення 1. Далі ПЛК посиляє сигнал на зіштовхувач 3.D1, який скеровує рух вантажу і він відправляється на ручний огляд. Перед тим як зійти з конвеєра, вантаж сканується RFID-зчитувачем і сигнал 3.R1 з інформацією згідно бирки вантажу, що міститься в змінній Tag передається в систему BHS, щоб занести в базу даних відмітку про даний вантаж.

### 3.1.4. Алгоритм роботи системи на етапі видачі вантажу отримувачеві

Завершальним етапом роботи автоматичної системи сортування вантажу в АВТ є видача пакунків отримувачам в зоні прийому/видачі. Цей процес подібний тому як відбувається сортування вантажу по напрямках зберігання. Навпроти конвеєра-рольганга, який розташований паралельно із завантажувальним конвеєром влаштовані зіштовхувачі на пневматичних циліндрах. Перед кожним зіштовхувачем розміщені датчики руху, які відслідковують рух вантажу та передають сигнали в ПЛК для обліку вже пройденної кількості вантажних одиниць.

Враховуючи розраховану оптимальну кількість вантажно-розвантажувальних рамп, необхідно задіяти 25 сигналів від датчиків руху, але в зв'язку обмеженою кількістю аналогових входів ПЛК в системі потрібно використати два контролери та аналого-цифрові перетворювачі для датчиків руху. Сигнали, які задіяні в алгоритмі роботи процесу видачі вантажу наведено в таблиці 3.1.4.

Табл. 3.1.4

Сигнали для роботи ПЛК на етапі видачі вантажу

Сигнал	Опис
2.R6	RFID-Зчитувач
svgr	Змінна, що передається від системи BHS на відповідний зіштовхувач
ccount1[...]ccount25[]	Змінні відповідних їм зіштовхувачів для відліку пройденого вантажу
2.K1 ... 2.K25	Зіштовхувачі

Процес видачі вантажу в системі сортування має опрацьовувати 25 вхідних сигналів, для цього необхідно буде задіяти декілька програмованих логічних контролерів. Алгоритм роботи системи сортування на етапі видачі вантажу наведено на рис. 3.1.4.

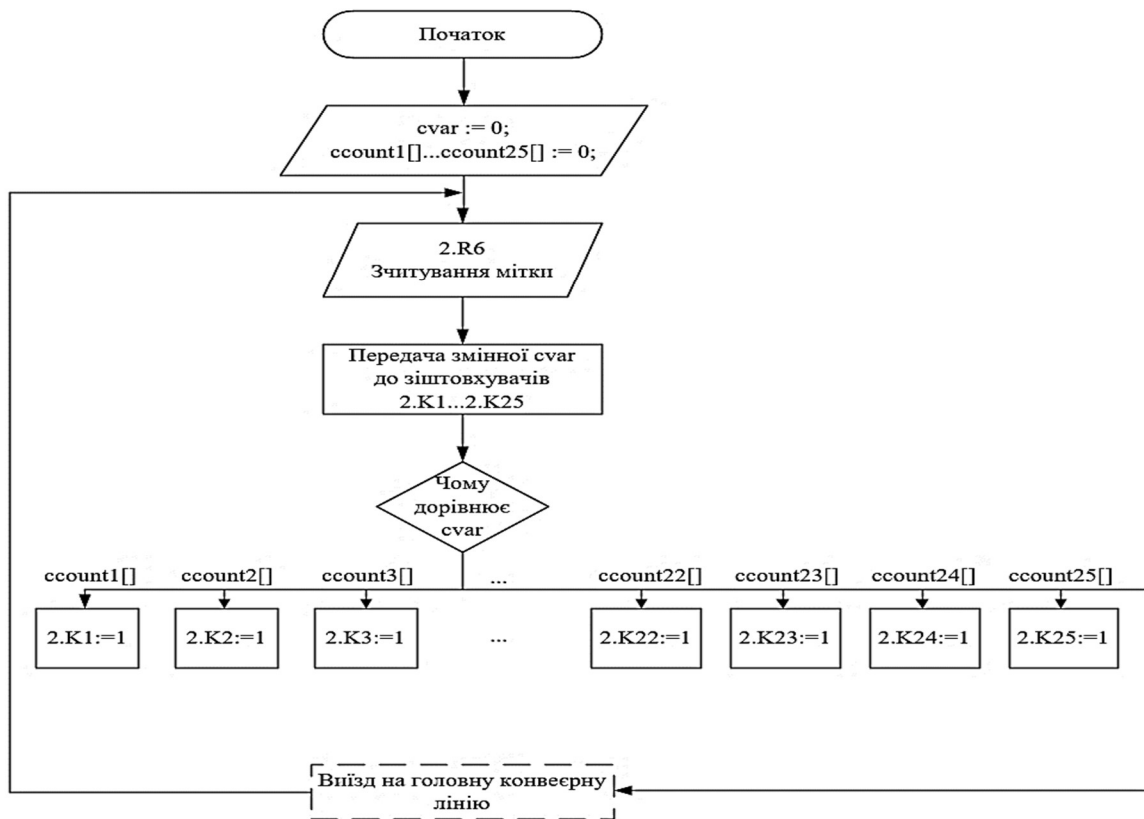


Рис. 3.4. Алгоритм роботи системи сортування на етапі видачі вантажу

В алгоритмі системи управління задіяні змінні `свар` та змінні масивів `сcount1[] ... сcount25[]`, яким на початку роботи алгоритму присвоюються значення 0. Після того як вантаж був направлений в зону видачі, його сканує RFID-зчитувач 2.R6 і передає сигнал на систему обробки вантажу, яка в свою чергу формує сигнал на ПЛК і передає значення змінної `свар` відносно кожного вантажу. Через управління програмованим логічним контролером кожен зіштовхувач керується змінними `сcount`, які порівнюються з порядковим номером вантажу, записаним через змінну `свар`. Перед кожним зіштовхувачем розташований датчик руху, за допомогою сигналів від якого здійснюється відлік пройдених через нього одиниць вантажу і відбір саме того, на який поступив запит від системи.

В разі, якщо вантаж пройшов повз всі зіштовхувачі та не був переміщений на конвеєр видачі, завдяки тій же круговій структурі конвеєрних ліній автоматичної системи сортування вантажу, він не створить ніяких перешкод для руху інших пакунків. А завдяки поетапному скануванню RFID-зчитувачами всіх

вантажів, в системі VHS цей вантаж буде помічено і диспетчер з легкістю зможе визначити його місцерозташування і працівники терміналу оглянуть цей вантаж вручну для виявлення проблеми.

### 3.2. Розробка програми управління автоматичною системою сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі на базі програмованих логічних контролерів

Щоб управляти зіштовхувачами в проектованій автоматичній системі сортування вантажу в АВТ застосовані програмовані логічні контролери Zelio Logic. Програмування ПЛК виконано за допомогою спеціалізованої мови програмування FBD, що передбачає використання 23 попередньо запрограмованих функцій для обліку, витримки часу, визначення порогу перемикавання, генерації імпульсів, мультиплексування, індикації і т.д.

На рис. 3.2.1 представлено програму управління ПЛК №1, розроблену в середовищі програмування Zelio Soft 2.

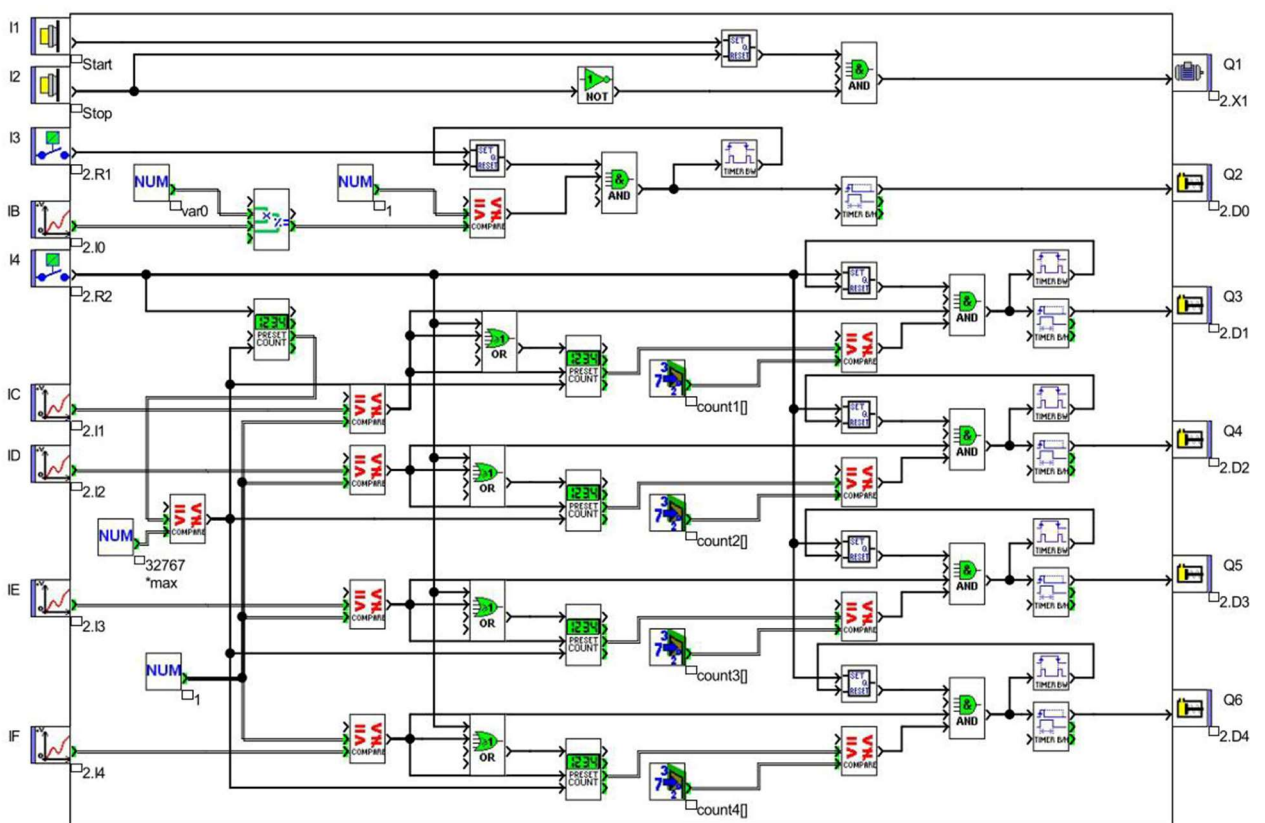


Рис. 3.2.1. Програма управління ПЛК №1

Дана програма управління розроблена для керування запуском та зупинкою головної конвеєрної лінії, прийому сигналу від системи BHS через зчитування вантажних бирок RFID-зчитувачами. А саме, зчитувачем 2.R1, що розташований перед другим рівнем перевірки вантажу на безпечність та зчитувачем 2.R2, що розташований на вході зони сортування та складів стелажного зберігання. Описані входи є дискретними, на аналогові входи ПЛК подаються сигнали від датчиків руху, розташованих вздовж головної конвеєрної лінії.

Сигнал 2.I0 подається на ПЛК від датчика руху, розташованого перед другим рівнем перевірки безпеки. В змінну var0 на основі прийнятого диспетчером рішення заноситься 1 або 0. RFID-зчитувач сканує мітку вантажу, який пройшов перший інтроскоп і подає сигнал. Значення змінної var0 за допомогою BHS-системи передається до ПЛК, якщо це значення дорівнює 1, то в момент коли на ПЛК поступить сигнал 2.I0 спрацює зіштовхувач 2.D0. Робота зіштовхувача виконується через вбудовану в контролер опцію – затримки часу, це необхідно щоб зіштовхувач встиг направити вантаж в потрібному напрямку і тільки після цього повернувся в початкове положення.

Якщо значення змінної var0 дорівнює 0, то в момент передачі сигналу 2.I0 зіштовхувач 2.D0 не спрацює, завдяки виконаній в програмі управління логіці. Вантаж буде рухатись далі конвеєрною стрічкою до наступного RFID-зчитувача 2.R2. Сигнал від зчитувача передається на ПЛК через систему обробки вантажу, яка вказує кожному зіштовхувачу який саме вантаж необхідно направити в зону стелажного зберігання до системи AS/RS.

Управління зіштовхувачами до стелажних складів виконується за допомогою змінних в масивах count1[] ... count4[]. RFID-зчитувач сканує вантажну смарт-мітку, вантаж ідентифікується в системі BHS і передає на ПЛК змінну var1, яка передається на відповідний зіштовхувач прив'язаною до нього змінною масиву count[] з порядковим номером вантажу, який необхідно перемістити в зону зберігання. Перед кожним зіштовхувачем розміщено датчик руху, який в свою чергу також передає сигнал 2.I1 ... 2.I4 до ПЛК. За допомогою

лічильників, що розміщені після кожного сигналу від датчиків руху ведеться облік пройденого вантажу на кожному етапі повз кожен зіштовхувач, таким чином система визначає куди необхідно направити той чи інший вантаж в залежності від його порядкового номеру після проходження RFID-зчитувача.

Кожного разу, коли RFID-зчитувач 2.R2 сканує вантажну бирку, значення на всіх лічильниках збільшується на одиницю. В момент проходження вантажу через датчик руху перевіряється рівність між заданим значенням в масиві count[] відповідного зіштовхувача та значенням лічильника, якщо ці дані дорівнюють одне одному, то спрацьовує необхідний зіштовхувач. В системі використовується саме масив даних до кожного зіштовхувача, адже при великому вантажопотоці декілька вантажів, які рухаються один за одним можуть потребувати зберігання в одному і тому ж місці і тому необхідно зберігати декілька значень порядкових номерів одночасно.

Програма управління для ПЛК №2 для управління автоматичною системою сортування вантажу наведена на рис. 3.2.2.

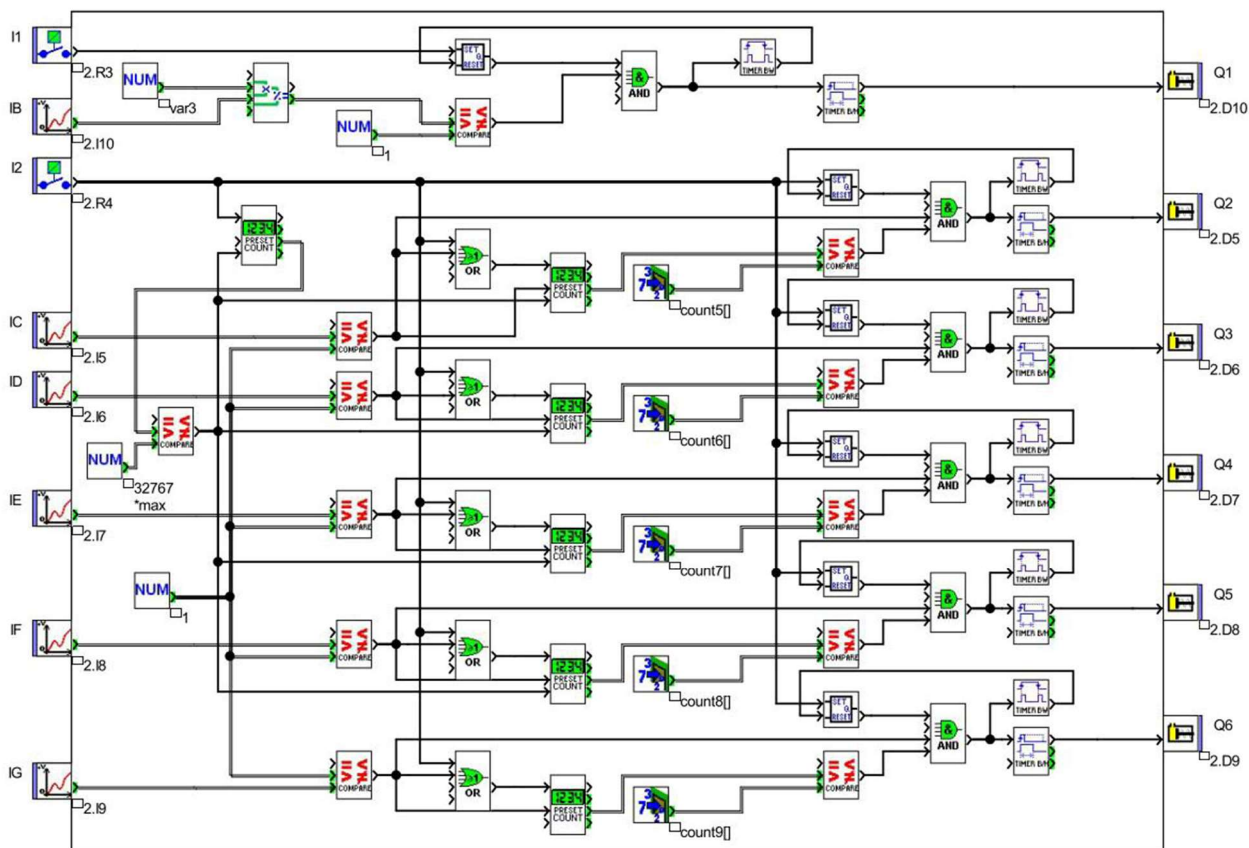


Рис. 3.2.2. Програма управління ПЛК №2

Приведена вище програма управління необхідна для роботи системи при розподілі пакунків до складів спеціального призначення, а також для направлення вантажу в зону комплектації. Отже, після того як вантаж пройшов через RFID-зчитувач 2.R1 і не був розподілений між автоматизованими транспортно-стелажними системами, або це вантаж який має бути завантажений на ПС, він рухається головною конвеєрною лінією і на своєму шляху проходить RFID-зчитувач 2.R3. Якщо цей вантаж необхідно комплектувати, то система обробки вантажу передає в змінну var3 значення 1 і коли поступить сигнал 2.I10 від датчика руху, то зіштовхувач 2.D10 направить цей вантаж в зону комплектації. В інакшому випадку значення змінної var3 буде дорівнювати 0 і вантаж рухатиметься в сторону спеціалізованих складів.

Перед складами спеціального призначення RFID-зчитувач 2.R4 відсканує смарт-мітку, а система BHS визначить куди саме потрібно направити вантаж відповідно до інформації, що закладена в вантажній бирці та згенерує сигнал на логічний контролер для активації необхідного зіштовхувача.

ПЛК №2 управляє зіштовхувачами 2.D5, 2.D6, 2.D7, 2.D8, 2.D9, які направляють вантаж до складів спеціального призначення. Кожному з цих зіштовхувачів відповідає свій датчик руху та своя змінна масиву count[]. Система BHS через змінну var2 записує порядковий номер вантажу на конвеєрній стрічці у змінну масиву count[] того зіштовхувача, який повинен спрацювати для визначеного пакунку. В програмі управління ПЛК так само використовуються лічильники, які здійснюють ітерацію інкремента кожного разу коли RFID-зчитувач сканує смарт-мітку. На аналогові входи контролера надходять сигнали 2.I5 ... 2.I9 від датчиків руху, за допомогою яких ведеться облік уже пройдених одиниць вантажу і відбирається той, який надано системою.

В разі якщо вантаж прибуває із зони розукомплектування, він має бути опрацьований працівниками авіаційного вантажного терміналу, перевірені його дані та прикріпитися RFID-мітка. Далі він завантажується на завантажувальну конвеєрну лінію, що знаходиться біля зони розукомплектування та після цього вантаж направляється на головну конвеєрну лінію, що забезпечує проходження



його так само через всі рівні сканування та перенаправлення, які випадуть на його шляху і в результаті він буде відсортований та переміщений у призначену для нього зону зберігання.

Саме після того як вантаж прибув із зони розукомплектування і був направлений в зону зберігання, в певний момент часу його необхідно буде видати отримувачеві. З цією задачею будуть працювати паралельно два програмованих логічних контролери, фрагмент програми управління якими зображено на рис. 3.2.3.

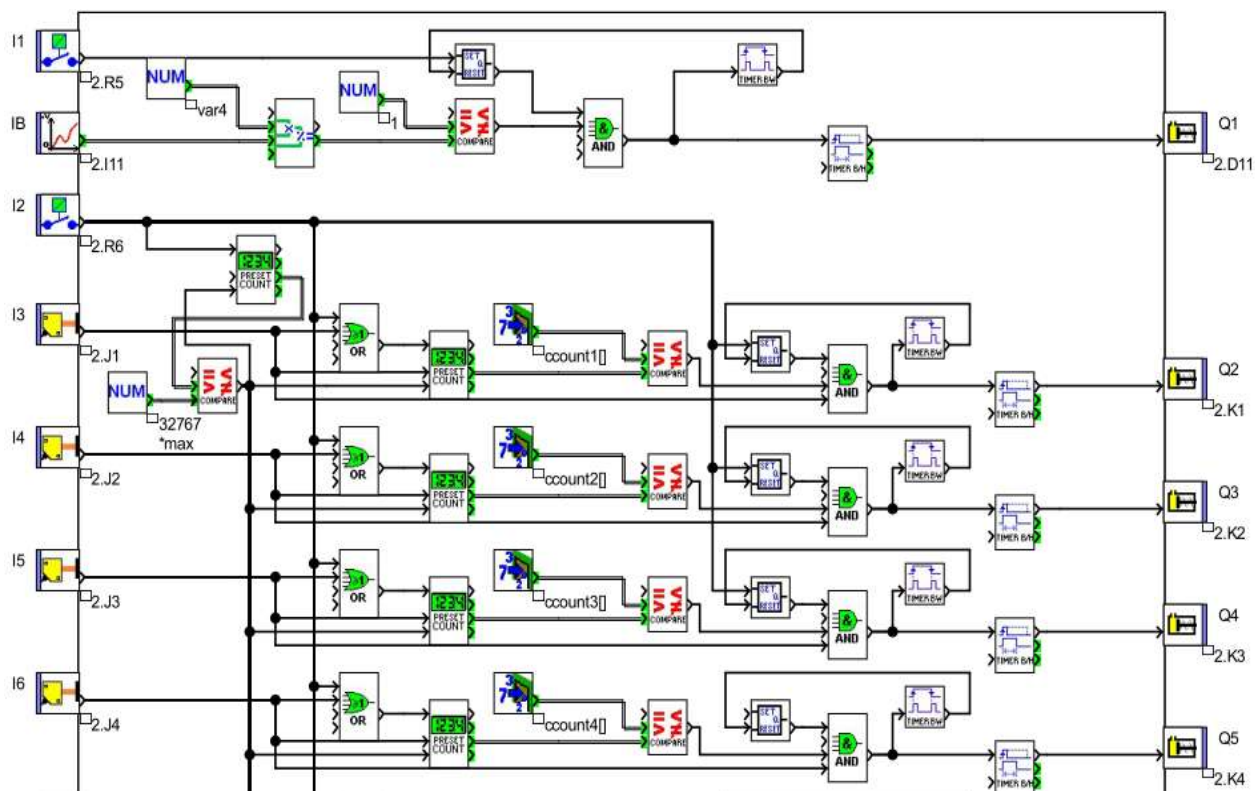


Рис. 3.2.3. Фрагмент програми управління ПЛК №3

Для управління процесом видачі вантажу в системі застосовано два програмованих логічних контролери серії SR3B261BD та додатковий модуль SR3XT141BD для розширення входів/виходів. Даний ПЛК виконує управління зіштовхувачем 2.D11, при цьому керуючись сигналом від RFID-зчитувача 2.R5 та сигналом 2.I11 від аналогового датчика руху.

Розподіл вантажу по пунктам видачі відбувається за допомогою сканування мітки RFID-зчитувачем 2.R6 та передачею даних від системи BHS у змінні масивів scount[] відповідних зіштовхувачів.

Для реалізації спрацювання потрібного зіштовхувача та видачі пакунків отримувачам, перед кожним з них розташований датчик руху, який через аналого-цифровий перетворювач передає на ПЛК дискретний сигнал. Логіка програми управління аналогічна тим, що застосовуються при розподілі вантажу до систем AS/RS чи спеціалізованих складів. Спрацьовує RFID-зчитувач, в масив scount[] передається значення порядкового номеру вантажу, надходить сигнал від датчика руху, перевіряється відповідність значень між лічильником та змінною в масиві, якщо вони рівні, то спрацьовує відповідний зіштовхувач.

І ще один ПЛК серії SR2B121BD використаний для управління системою в зоні зберігання великогабаритних та довгомірних вантажів, якщо вони відповідають допустимим масогабаритним характеристикам системи, програма управління якого представлено на рис. 3.2.4.

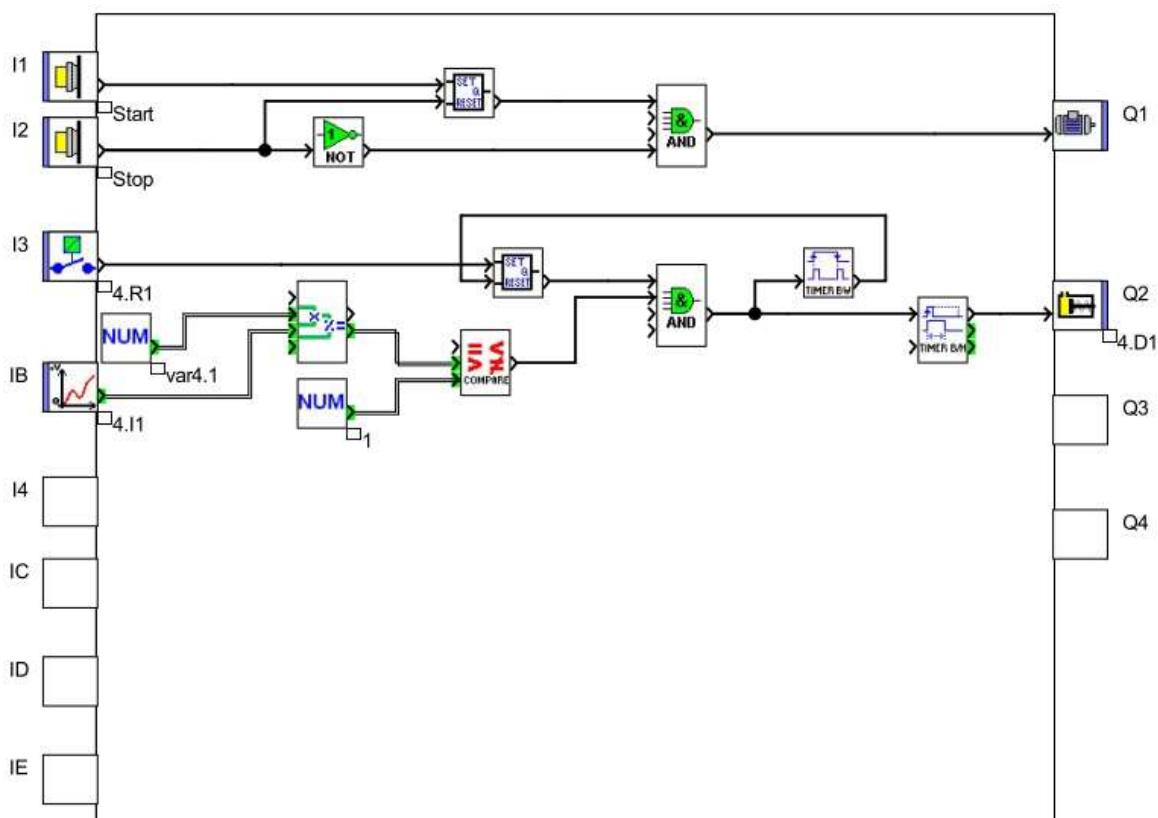


Рис. 3.2.4. Програма управління ПЛК №4

Даний ПЛК керує запуском та зупинкою конвеєрної лінії за допомогою кнопок «Start» і «Stop» відповідно. Далі вантаж проходить перевірку на безпеку і диспетчер приймає рішення відносно даного об'єкту, якщо немає ніяких підозр,

то вантаж направляється в зону зберігання. Якщо є потенційна небезпека, то змінна var4.1 приймає значення одиниці, вантаж проходить через датчик руху, від якого на ПЛК поступає сигнал 4.I1 і спрацьовує група зіштовхувачів 4.D1.

В тому разі коли вантаж представляє собою тварин, або це великогабаритний чи довгомірний вантаж, що не проходить по допустимим для системи масогабаритним характеристикам, то він опрацьовується вручну за допомогою спеціальної механізованої техніки авіаційного вантажного терміналу.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи на тему «Автоматична система сортування багажу в авіаційному вантажному терміналі» за допомогою аналітичного методу дослідження було визначено актуальність обраної теми, проведено аналіз систем сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі з використанням різних технологій та засобів механізації. Виконано проектування загального розміщення автоматичної системи сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі з урахуванням ефективного планування площі складського приміщення.

В ході проведення розрахунків технологічних параметрів авіаційного вантажного терміналу для автоматичної системи сортування вантажу було розраховано потоки загального обсягу добової вантажопереробки, а також визначено оптимальну кількість вантажно-розвантажувальних рамп, що дорівнює 25 рампам загального призначення та 3 додаткових рампам для прийому/видачі негабаритних, довгомірних вантажів та тварин.

Використовуючи структурні елементи блок-схем були розроблені алгоритми управління автоматичною системою сортування вантажу в авіаційному вантажному терміналі для основних етапів обробки вантажу за допомогою цієї системи. На основі алгоритмів роботи системи сортування та необхідних сигналів для управління обрано відповідні моделі програмованих логічних контролерів. Методом імітаційного моделювання було розроблено програми управління системою автоматичного сортування вантажу на різних етапах із застосуванням програмованих логічних контролерів та мови програмування на основі функціональних блоків.

Розроблена система сортування вантажів може бути використана для впровадження в роботу як в авіаційному терміналі так і в державних чи комерційних організаціях різних сфер господарювання при управлінні складом.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

### ДЖЕРЕЛ

1. Мандрик В. А. "Автоматична система вимірювання масогабаритних характеристик вантажів у авіаційному терміналі": дипломний проект на здобуття освітнього ступеню "Бакалавр" зі спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології", 2019 р. - 43 с.
2. Запорожець В. В. Аеропорт: організація, технологія, безпека [Текст] / Запорожець В. В., Шматко М.П.; – Київ: Дніпро, 2002. – 168 с.
3. Русинов И. Я. Организация воздушных перевозок / Русинов И. Я., Цеханович Л. А., Подшипков В. А.; – Москва: Транспорт, 1976. – 184 с.
4. Канарчук В. Е. Механизация технологических процессов в аэропортах / Канарчук В. Е., Чигринець А. Д.; – Москва: Транспорт, 1986. – 254 с.
5. Гелетуха Г. Н. Спецмашины аэропортов: справочник [Текст] / Гелетуха Г. Н., Лычик В. И., Канарчук В. Е.; – Москва: Транспорт, 1980. – 351 с.
6. Финкенцеллер К. Справочник по RFID. Теоретические основы и практическое применение индуктивных радиоустройств, транспондеров и бесконтактных чип-карт / Финкенцеллер К.; – Москва: Додека-XXI, 2008. 496 с
7. Про вантажний термінал – Аеропорт Бориспіль [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kbp.aero/pro-vantazhniy-terminal/> (дата звернення: 07.10.2020).
8. Запорожець О. І. Визначення алгоритмів обґрунтування пропускної здатності аеропорту з обмеженнями по авіаційному шуму / Запорожець О. І., Коновалова О. В.; Вісник НАУ. – 2005. – Вип. 1. – с. 148-152.
9. Матвієнко М. П. Теорія алгоритмів: навч. посібник / М. П. Матвієнко – Київ: Вид-во Ліра-К, 2017. – 340 с.
10. Кутыркин А. В. Разработка моделей и алгоритмов решения функциональных задач управления транспортными системами и производством [Текст]: дисс. ... доктора техн. наук: 05.22.01/ Кутыркин Александр Васильевич. – М., 2004. – 383 с.

11. Программируемое реле Zelio Logic. Каталоги и руководство пользователя [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.electrocentr.com.ua/products/plc> (дата звернення: 13.11.2020).
12. Ткачук К. Н., Охорона праці та промислова безпека / Ткачук К. Н., Зацарний В. В., Сабарно Р. В. та інші;– Київ: Лібра, 2010. –559 с.
13. Защита от вибрации: Учебное пособие для самостоятельного изучения и к практическим занятиям для студентов / Кашина С. Г. – Казань: Изд-во Казанского гос. Архитект. – строит. ун-та, 2012. – 133 с.
14. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього середовища: навч. посіб. / Джигирей В. С. — Київ: Т-во «Знання», 2000 — 203 с.
15. Апостолук С. О. Промислова екологія: навч. посіб. / Апостолук С. О., Джигирей В. С. — Київ: Т-во «Знання», 2000 — 203 с.