

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО

“ ____ ” _____ 2025 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: _____

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-13

_____ **Борисенко Артем Олександрович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ **доцент, к.т.н. Костюк Д.В.** _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці _____ **Доцент, к.т.н. Костюк Д.В.** _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування **к.т.н., доц. Кореньков В.М.** _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

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

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2025 рік

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
(підпис)

“ _____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

_____ Борисенко Артему Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Автоматизована складська дільниця

керівник проєкту Костюк Дмитро Вікторович к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ 29 ” травня 2025 року № 1835 - с

2. Термін подання студентом проєкту 16.06.2025

3. Вихідні дані до проєкту: вид вантажу пакет з габаритами 1200x800 мм, висота вантажу з піддоном 800 мм, маса вантажу до 1 т, місткість складу 1200 т, термін зберігання 8 діб, типів товарів 4, швидкість руху вантажів по конвеєру 0,5 м/с, робочий тиск пневмосистеми 0.7 МПа.

4. Зміст пояснювальної записки: Розділ 1. Огляд та аналіз відомих технічних рішень на складських об'єктах, Розділ 2. Розробка проекту автоматизованого складу для тарно-штучних вантажів, Розділ 3. Технологія машинобудування, Розділ 4. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо): креслення формату А1 (перший лист – організація складських робіт, другий лист – схема принципова електропневматична, третій лист - конвеєр роликів привідний, четвертий лист – рольганг гравітаційний, п'ятий лист - ролик, шостий лист – технологія машинобудування – графічне зображення виконання технологічних операцій 002-004), креслення формату А3 (перший лист – вісь, другий лист – корпус, третій лист – втулка, четвертий лист - кронштейн), презентація.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	доц. Костюк Д.В.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 25.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз організації складських об'єктів	16.04.2025	
2	Аналіз етапів впровадження автоматизованих систем у логістичних галузях	20.04.2025	
3	Розробка плану складського приміщення	06.05.2025	
4	Вибір типу, розрахунок параметрів і технічного оснащення складу	12.05.2025	
5	Розробка принципової електропневматичної схеми	20.05.2025	
6	Написання алгоритму керуючих команд	24.05.2025	
7	Технологія машинобудування	27.05.2025	

8	Охорона праці	31.05.2025	
9	Розробка креслень та конструкторської документації до проекту	03.06.2025	
10	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	08.06.2025	

Студент

(підпис)

Артем БОРИСЕНКО
(Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

(підпис)

Дмитро КОСТЮК
(Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: «Автоматизована складська діляниця»

Київ – 2025 рік

АНОТАЦІЯ

Продуктивність високотехнологічних логістичних комплексів, що оснащені провідними системами управління такими як WMS, знаходиться у прямій залежності з ефективністю локальних виконавчих механізмів. Часто для реалізації операцій сортування, переміщення та маніпулювання використовують електромеханічні приводи або ручну працю робітників. У даній роботі в якості рішення пропонується системний підхід, який передбачає цілеспрямоване впровадження пневмоприводів для вирішення подібних задач. Пневматичні системи демонструють високу відмовостійкість, швидкодію та можливість відслідковування різних етапів операцій. Для практичного підтвердження описаного підходу в роботі представлена проектна розробка, що містить розрахунки основних параметрів складу та необхідного обладнання, а також конструкцію та логічний принцип роботи пневматичних вузлів для автоматизації ключових операцій на складі.

Пояснювальна записка: 110 сторінок, 56 рисунків, 7 таблиць, 39 джерел.

Ключові слова: логістика, склад, автоматизація, конвеєр, пневмосистема, пневмоциліндр, логічне керування.

ANNOTATION

The productivity of high-tech logistics complexes equipped with leading management systems such as WMS is directly related to the efficiency of local actuators. Electromechanical actuators or manual labor are often used to perform sorting, moving, and manipulating operations. In this paper, a systematic approach is proposed as a solution, which involves the targeted introduction of pneumatic actuators to solve such problems. Pneumatic systems demonstrate high fault tolerance, speed, and the ability to track various stages of operations. To confirm the described approach in practice, the paper presents a design development that includes calculations of the main parameters of the warehouse and the necessary equipment, as well as the design and logical principle of operation of pneumatic units for automation of key operations in the warehouse.

Explanatory note: 110 pages, 56 figures, 7 tables, 39 sources.

Keywords: logistics, warehouse, automation, conveyor, pneumatic system, pneumatic cylinder, logical control.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
Розділ 1. Огляд та аналіз відомих технічних рішень на складських об'єктах	13
1.1. Загальна характеристика складських процесів та їх роль у логістичній системі	13
1.1.1. Основні складські процеси.....	13
1.1.2. Роль складських процесів в логістичній системі.....	15
1.2. Огляд сучасних технологій автоматизації складського господарства .	16
1.2.1. Системи управління складом (WMS).....	16
1.2.2. Автоматизоване складське обладнання	19
1.2.3. Використання пневматики в автоматизації складських процесів..	24
Висновок до розділу 1	28
Розділ 2. Розробка проекту автоматизованого складу для тарно-штучних вантажів	29
2.1. Визначення розрахункового добового вантажопотоку, добового вагонопотоків і автотранспортних засобів	30
2.2. Вибір типу, розрахунок параметрів і технічного оснащення складу ...	33
2.2.1. Вибір типу складу	33
2.2.2. Розрахунок основних параметрів вантажних фронтів	33
2.2.3. Розрахунок місткості і лінійних розмірів складу	35
2.2.4. Вибір типу і розрахунок кількості вантажно-розвантажувальних машин	40

					ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Борисенко			Автоматизована складська дільниця			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Костюк								8	110
								НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», НН ММІ, каф. ПГМ, гр. МА-13			
Н. Контр.											
Затверд.											

2.2.5. Продуктивність стелажних кранів-штабелерів.....	44
2.2.6. Розрахунок накопичувачів прийому та відправки вантажу із зони зберігання.....	46
2.2.7. Розрахунок привідного роликового конвеєра.....	48
2.2.8. Статичний розрахунок пневмоциліндрів.....	52
2.2.9. Вибір трубопроводів і пневмоапаратури.....	55
2.3. Логічні команди керування пневмосистемою.....	58
Висновок до розділу 2	70
Розділ 3. Технологія машинобудування	71
3.1. Завдання на розробку технологічного процесу	71
3.2. Вибір заготовки	73
3.3. Розробка маршрутного технологічного процесу	75
3.4. Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання	79
3.5. Оснащення операцій	81
3.6. Написання керуючих програм	84
3.7. Розрахунок собівартості	87
3.7.1. Вартість заготовки	87
3.7.2. Вартість інструментів	87
3.7.3. Вартість обладнання та вимірювальних приладів	88
3.7.4. Вартість роботи	89
Висновок до розділу 3	89
Розділ 4. Охорона праці.....	90
4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих чинників .	90
4.2. Мікроклімат	91

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

4.3. Пожежна безпека.....	92
4.4. Освітлення.....	93
Висновок до розділу 4	95
Загальний висновок до дипломного проекту.....	96
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	98
Додаток 1.....	103
Додаток 2.....	108

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В умовах сучасної глобальної економіки ефективність логістичних систем є вкрай важливим фактором для міжнародного вантажообігу. Складське господарство, що є важливим вузлом в ланцюзі поставок, зазнає різючих змін, що обумовлені ростом об'ємів електронної комерції, посиленням вимог споживачів до швидкості доставки, а також необхідності оптимізації операційних витрат. Ці виклики роблять неефективними традиційні методи організації складських процесів, що ґрунтовані переважно на ручній праці і зумовлюють гостру необхідність у технологічній модернізації. Відповіддю на них стала інтенсивна автоматизація та роботизація складських комплексів. Сучасний склад трансформується з місця пасивного зберігання товарів в активний логістичний хаб, де інформаційні та матеріальні потоки керуються складними алгоритмами автоматизованих систем.

Однак на тлі вивчення високорівневих технологій часто втрачається з виду роль базових, але важливих та ефективних виконавчих механізмів, що забезпечують виконання операцій. Одною з таким є пневматичні системи, робочим тілом яких є стиснене повітря. Завдяки своїй надійності, швидкодії та економічній ефективності пневмоприводи активно використовуються на виробництві, але не так поширені на складських об'єктах. Таким чином, актуальність даної роботи обумовлена необхідністю комплексного аналізу сучасних технологій автоматизації складу з детальним дослідженням специфіки використання пневматичних систем як глибоко інтегрованого компонента логістичної інфраструктури.

Результати дипломної роботи матимуть пряме практичне значення, адже можуть бути використані технічними спеціалістами або менеджерами в області складського господарства при розробці проектів по модернізації та автоматизації складських комплексів, а також можуть допомогти у навчанні за спеціальностями, що пов'язані з автоматизацією логістичних систем.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мета і задачі проекту

Метою бакалаврської роботи є розробка проекту складської ділянки з основним акцентом на автоматизованій ділянці для сортування тарно-штучних вантажів на основі пневматичних виконавчих пристроїв, що забезпечить оптимальне співвідношення продуктивності, надійності та вартості для даного типу логістичних операцій.

Для досягнення мети потребують вирішення наступні задачі:

1. Провести аналіз існуючих технологічних рішень в області складського господарства.
2. Розробити структурну та принципову схем автоматизованої ділянки складу, що відповідатиме розрахованому вантажопотоку, а також зробити підбір необхідного обладнання.
3. Виконати розрахунки ключових елементів пневмосистеми, зокрема провести статичний розрахунок пневмоциліндрів та здійснити підбір комутаційної пневмоапаратури.
4. Розробити алгоритм та логічні команди для системи керування виконавчими пристроями.
5. Спроектувати технологічний процес виготовлення однієї з оригінальних деталей розробленого вузла.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Огляд та аналіз відомих технічних рішень на складських об'єктах

Функціонально вагомим компонентом сучасної логістичної архітектури є складське господарство, що представляє собою складну систему, у рамках якої реалізується комплекс взаємопов'язаних операцій, що забезпечують безперервність та ефективність товарообігу. Раціональна організація складських процесів безпосередньо впливає на витрати, швидкість доставки та, зрештою, на конкурентоспроможність підприємства.

У цьому розділі проведено системний огляд та аналіз існуючих технічних рішень, що зарекомендували себе у сучасному складському господарстві. Основна увага приділяється автоматизованих рішенням, що забезпечують оптимізацію та підвищення ефективності ключових складських операцій, а саме, прийом, сортування товару та його зберігання.

1.1. Загальна характеристика складських процесів та їх роль у логістичній системі

1.1.1. Основні складські процеси

Функціонування будь-якого складу пов'язано з послідовним виконанням ряду технологічних операцій, що можна згрупувати у декілька основних етапів. Першочергово здійснюється розвантаження транспортних засобів та прийом товару. На даній стадії виконується кількісна та якісна перевірка продукції, що надходить, звірка з супроводжуючою документацією. Цей етап критично важливий, адже саме тут закладається основа для подальшого обліку та контролю товарно-матеріальних цінностей.

Наступним ваговим процесом є внутрішньоскладське транспортування. Воно передбачає переміщення вантажу між різноманітними зонами складу: з розвантажувальної рампи до зони приймання, звідси до зони зберігання, комплектації та на навантажувальну рампу. Ця операція виконується за допомогою піднімально-транспортних машин та механізмів.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Транспортування вантажів на внутрішньоскладському рівні повинно здійснюватись за умов мінімальної протяжності у часі та просторі за сквозними “прямоточними” маршрутами. Це дозволяє уникнути повторного повернення у будь-яку з складських зон та неефективного виконання операцій. Кількість перевалок (з одного виду обладнання на інше) повинна бути мінімальною [1].

Основною функцією складу, безумно, є зберігання товарів. Організація зберігання повинна забезпечити цілісність споживчих властивостей продукції, запобігати її псуванню або втраті. У залежності від типу товарів можуть знадобитися специфічні умови, такі як підтримка відповідного температурного режиму, вологості або рівня освітлення приміщення. Грамотне зонування простору та використання сучасних стелажних систем сприяють оптимізації використання складських об’єктів.

Процес складування та зберігання включає:

- а) закладку вантажу на зберігання,
- б) зберігання вантажу та забезпечення відповідних для цього умов,
- в) контроль за наявністю запасів на складі, що здійснюється через інформаційну систему [1].

Процес комплектації замовлень займає особливе місце в операційній діяльності складу, оскільки напряму впливає на швидкість виконання заявок клієнтів. Він включає в себе відбір необхідних товарів з місць зберігання у відповідності з поточними замовленнями, їх консолідацію та підготовку до подальшої відправки. Точність та оперативність комплектації є ключовими показниками ефективності даного етапу.

Завершальним етапом складського циклу буде відвантаження (також називають відгрузка) товару. Підготовлені замовлення переміщуються до зони відгрузки, де здійснюється їх навантаження на транспортні засоби для доставки отримувачам. На цьому етапі знов таки проводиться контроль відповідності продукції, що відвантажуються, та оформлення необхідної товаросупровідної документації.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.2. Роль складських процесів в логістичній системі

Складські процеси виконують низку важливих функцій в загальному логістичному ланцюзі, що сприяє його збалансованому та ефективному функціонуванню. Перш за все, склади виступають у ролі буфера, що нівелює невідповідності між об'ємами виробництва та попиту, а також дозволяють зменшити часові розриви в циклах поставок. Вони забезпечують можливість накопичення запасів, що критично впливає на безперебійне обслуговування споживачів, особливо в умовах сезонних коливань або непередбачуваних змін ринкової кон'юнктури.

Крім того, склади сприяють оптимізації транспортних витрат за рахунок консолідації (створення крупних блоків на основі малих) та деконсолідації вантажних обсягів. Можливість формування таких великих партій для транспортування на далекі відстані і подальше їх розгалуження для доставки кінцевим споживачам дозволяють істотно скоротити перевізні затрати.

Забезпечення високого рівня сервісу - наступна важлива роль. Оперативна та точна обробка замовлень, підтримка необхідного рівня асортименту та товарного вигляду продукції напряму впливають на задоволеність клієнтів. Деякі склади також виконують операції з передпродажної підготовки товарів, а саме фасування, пакування або маркування, додаючи тим самим цінність продукції.

Зрештою, ефективне управління складськими процесами є запорукою зниження загальних логістичних затрат. Оптимізація використання складських площ, скорочення часу на виконання операцій, мінімізація збитків від псування або втрат товарів – все це в сукупності приводить до зменшення витрат та підвищенню рентабельності логістичної діяльності.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Огляд сучасних технологій автоматизації складського господарства

В умовах економіки, що динамічно розвивається, росту об'ємів електронної комерції та посилення вимог до швидкості та точності виконання замовлень, підприємства все частіше звертаються до технологій автоматизації складського господарства. Ручна праця на складі, що пов'язана з монотонними операціями та високим рівнем впливу людського фактору, поступово поступається інтелектуальним системам і роботизованим комплексам. І це не спроби маркетингового просування своїх послуг, а нагальна необхідність для підвищення конкурентоспроможності.

1.2.1. Системи управління складом (WMS)

Фундаментом будь-якого автоматизованого чи високоефективного складу сьогодні є система управління складом (з англ. Warehouse Management System, WMS). Це «мозок» усієї складської логістики, програмно-апаратний комплекс, що забезпечує планування, виконання та контроль усіх операцій в режимі реального часу. WMS інтегрує дані про товарні запаси, їх місцезнаходження, вхідних і вихідних потоків. Інші етапи, якими можна керувати з її допомогою показані на рис. 1.1.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

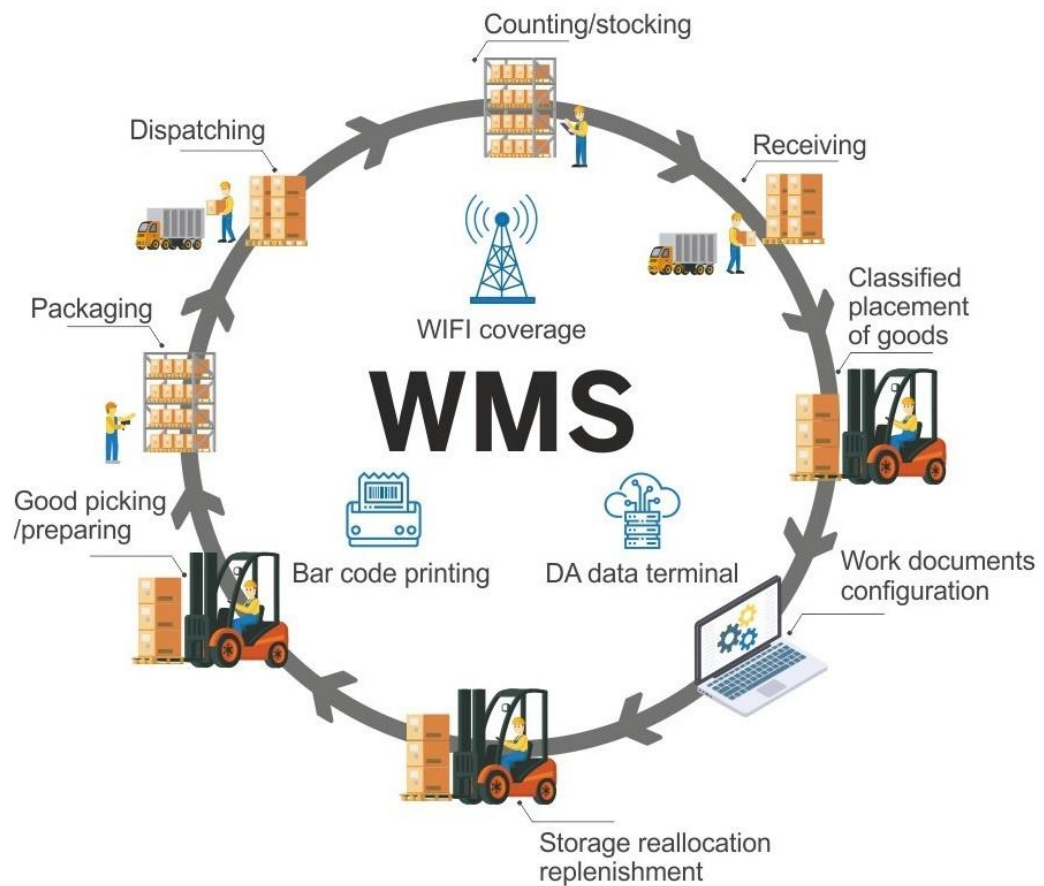


Рис.1.1 Обсяг можливих застосувань WMS-системи [20]

Впровадження цієї системи дає змогу впорядкувати роботу складу відповідно до завдань, що формуються WMS-системою. Ця система допомагає координувати розміщення товарів на складі з використанням технології адресного зберігання товарів. За допомогою оптимального розміщення товарів та автоматизації процесів підвищується ефективність використання корисної площі складу, здійснюється контроль персоналу, конкретизуються межі відповідальності та з'являється можливість оцінювати персональну ефективність кожного працівника, оскільки в системі зберігається інформація про час виконання тієї чи іншої операції [2].

Провідна українська компанія «Українські Інтелектуальні Системи», що спеціалізується на розробці та впровадженні технічних і програмних рішень для сучасних логістичних фірм задля ефективної роботи складських та сортувальних об'єктів зазначає, що після впровадження системи управління складом, компанії відзначають такі позитивні зміни:

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- 1) зниження похибок (до 98%), які в минулому призводили до пересортиці і недостач. Людський фактор більше не вирішальний, адже персонал має просто виконувати автоматичні дії дотримуючись чітких інструкцій. При цьому не потрібно нічого запам'ятовувати;
- 2) збільшення вільного простору на складі. Як показує практика після впровадження WMS компаніям вдається звільнити до 15% площі;
- 3) прискорене виконання всіх завдань. Для прикладу час на обробку вантажів, що прибули, скорочується на 40-50%;
- 4) зменшення витрат. Ця стаття включає різні витрати, наприклад, на оплату праці, адже кількість необхідного складського персоналу скорочується до 30%. Зменшення витрат на нераціональні закупівлі товарів, адже система моніторить залишки і дає змогу закуповувати товар тільки в міру необхідності.

Також спостерігається зменшення експлуатаційних витрат. Якщо на складі є навантажувачі, система налаштовує для них оптимальні маршрути і допомагає якісно організувати роботу техніки так, щоб не було простоїв [3].

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.2. Автоматизоване складське обладнання

Якщо, як було раніше зазначено, WMS – це «мозок», то автоматизоване складське обладнання (АСО) – це «руки та ноги» сучасного складу, що виконують фізичну роботу по переміщенню та зберіганню вантажів. Комплекс цих рішень цілком різноманітний, перш за все – стелажні системи. В контексті автоматизації слід зазначити не просто статичні конструкції, а ті, що інтегровані та від початку передбачають використання з механотронними елементами. Сюди можна віднести автоматизовані склади палетного зберігання (рис. 1.2) (з англ. AS/RS – Automated Storage and Retrieval Systems), де висотні стелажі з мінімальними робочими коридорами обслуговуються кранами-штабелерами (рис. 1.3).

Крани-штабелери - це пристрій, який дозволяє максимально ефективно використовувати складські площі, надає широкі можливості механізації та автоматизації складських робіт, комплектування замовлень і транспортування, а також зменшує кількість задіяних працівників. В основному вони використовуються на великих складах. Це машини, спеціально розроблені для автоматичного підйому та укладання вантажів на стелажі. Тому завдання крана-штабелера полягає в тому, щоб піднімати та транспортувати їх до інших місць, визначених системою. Основними перевагами кранів-штабелерів є: засоби підвищеної ефективності; можливість роботи в автоматичному циклі; висока безпека; структура міцна і стійка до впливу навколишнього середовища і температурних коливань; використання мінімальної ширини коридору, що дозволяє вмістити в кімнаті максимальну кількість стелажів; система дуже ефективна, може працювати цілодобово і в усі дні тижня [7].

Захоплюючи палету на початку стелажного ряду, кран-штабелер переміщує вантаж до необхідної комірки по команді WMS системи, тим самим повністю виключаючи участь людини в процесі розміщення піддонів. Оснащення складу системою AS/RS не тільки дозволяє збільшити щільність розміщення вантажу на одиниці площі, а й збільшує надійність, швидкість і

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точність роботи. Коли мова йде про сотні операцій приймання та відвантаження на добу, а склад працює в 3 зміни і при цьому не дуже справляється з навантаженням, то саме час задуматися про доцільність модернізації складу [4].

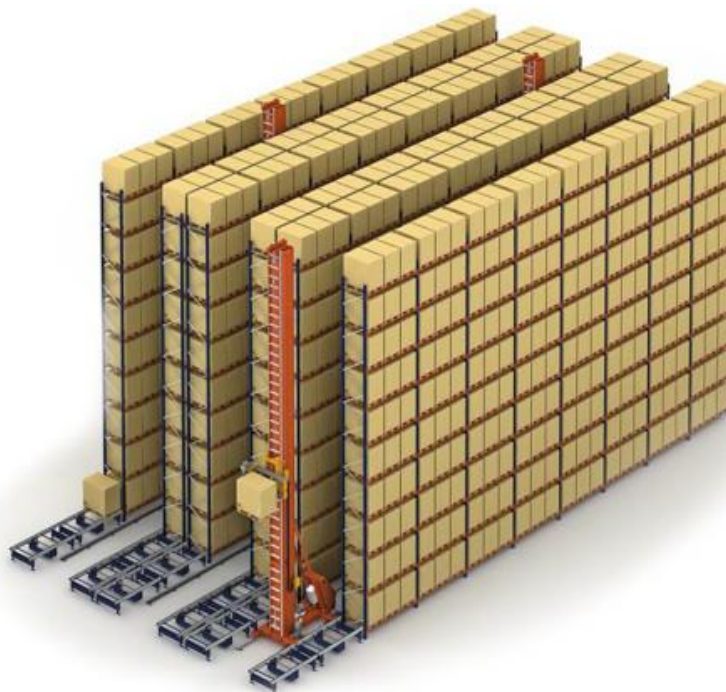


Рис. 1.2 Система AS/RS для палетного зберігання [21]

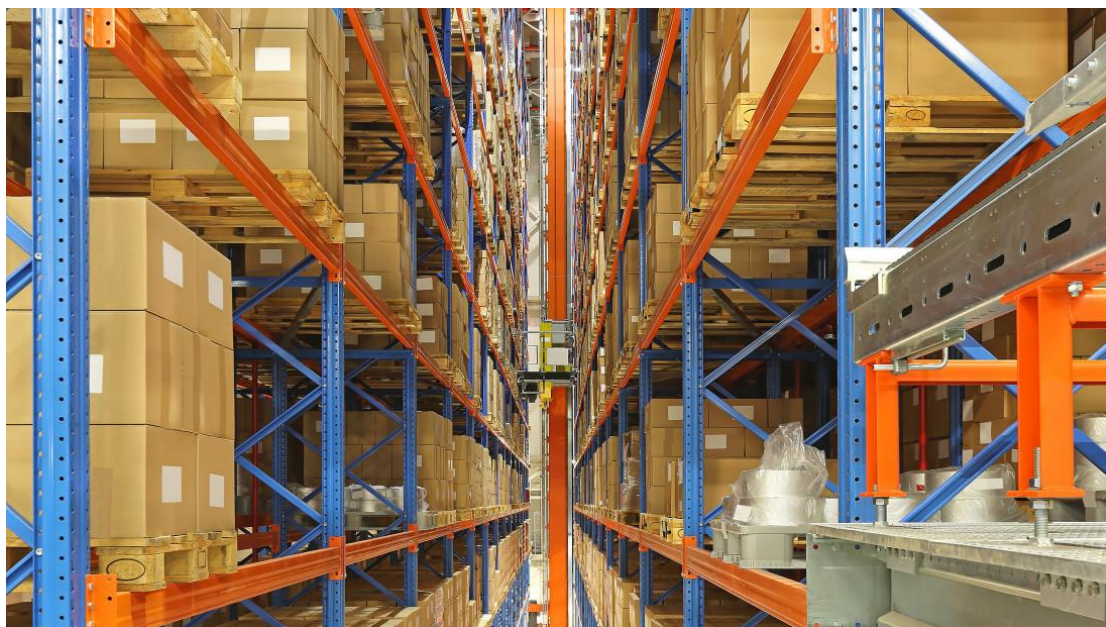


Рис.1.3 Кран-штабелер між висотних стелажів [21]

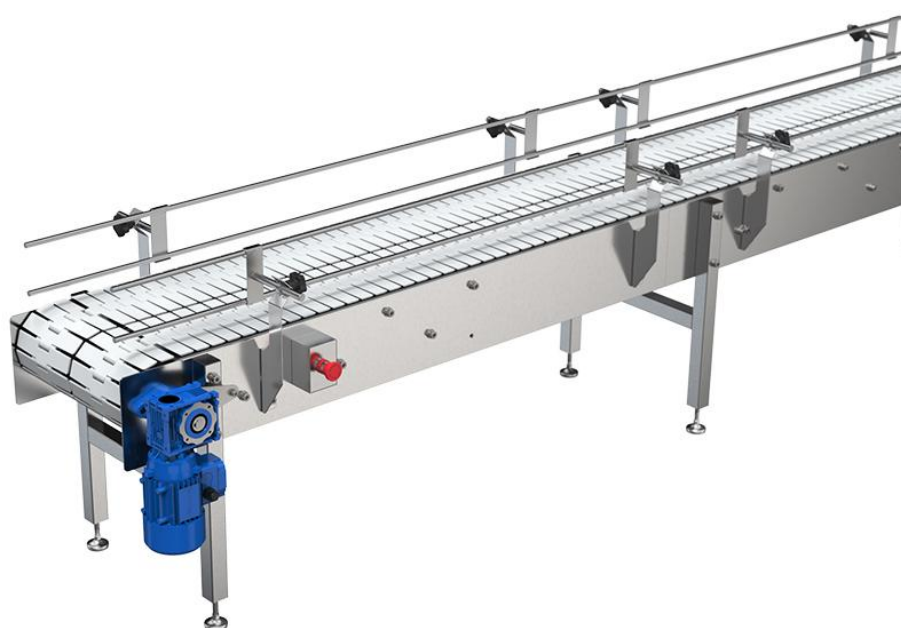
Ключову роль в переміщенні товарів всередині складу грають автоматизовані системи транспортування вантажів. Найпоширенішими з них

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

наразі є конвеєрні системи. Це можуть бути роликові, пластинчасті, ланцюгові (рис. 1.4) та інші типи, які забезпечують безперервне переміщення товарів між різними зонами складу – від зони прийому до зони зберігання, комплектації або відвантаження. Вибір конкретного типу конвеєра визначається поєднанням декількох факторів, а саме: характером вантажу, умовами середовища роботи, довжиною шляху, необхідною швидкістю переміщення, а також можливістю інтеграції у вже існуючу технічну лінію. Тож до підбору обладнання для складського об'єкту треба ставитися скрупульозно, адже це напряму впливає на ефективність роботи усього складу.



а)



		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

б)



в)

Рис. 1.4 а) – роликовий конвеєр; б) – пластинчастий конвеєр;
в) – ланцюговий конвеєр [22]

На великих складських об'єктах відомих західних логістичних фірм, таких як Amazon і FedEx, широко використовуються автоматично керовані транспортні засоби (з англ. AGV – Automated Guided Vehicles). Це роботи, що пересуваються згідно заздалегідь заданим маршрутам, наприклад, по магнітним стрічкам на підлозі або за допомогою лазерної навігації, для перевезення коробок, палет, контейнерів чи візків (рис. 1.5). Попри первісні витрати на впровадження таких машин, а також створення інфраструктури для їх коректної роботи, вони добре зарекомендували себе у підвищенні безпеки та передбачуваності транспортування, а також у зменшенні витрат на персонал і впливу людського фактору.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Рис. 1.5 Автоматично керовані транспортні засоби [23]

Більш сучасне та гнучке рішення у порівнянні з AGV – автономні мобільні роботи (з англ. AMR – Autonomous Mobile Robots). Вони здатні самостійно будувати карту переміщення та обирати оптимальні маршрути, об'їжджаючи перешкоди, як стаціонарні, так і рухомі. AMR часто застосовуються у сценаріях «товари до людини» (з англ. goods to person), коли робот підвозить стелаж, контейнер тощо до комплектувальника. Відомим прикладом таких роботів є Kiva (рис. 1.6), що працюють на складах Amazon. Його робота та повноцінне впровадження на складських об'єктах – запорука машинного навчання та розвитку нейромереж, що у реальному часі відслідковують й аналізують оточуюче середовище та після чого прокладають найефективніший шлях.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рис. 1.6 Роботи Kiva на одному зі складів Amazon [23]

1.2.3. Використання пневматики в автоматизації складських процесів

Особливе місце в автоматизації складських процесів мають пневматичні системи. Незважаючи на домінування електричних роботизованих рішень, системи, що використовують енергію стисненого повітря, знаходять використання для вирішення специфічних задач.

Пневматичними називають пристрої, приводи, системи, в яких енергоносієм є повітря. Залежно від виду енергії, що використовується, їх поділяють на динамічні (кінетичні) і об'ємні (потенційні). Об'ємний пневматичний привод — це сукупність елементів і пристроїв, за допомогою яких потенційна енергія стиснутого повітря перетворюється в механічну роботу, виконувану пневмодвигуном [8].

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Ключовими компонентами пневмосистеми є:

- 1) джерело стисненого повітря (компресор);
- 2) блок підготовки повітря для очищення повітря від домішок, регулювання його тиску до робочого та, за необхідністю, змащення рухомих елементів;
- 3) елементи керування: клапани та розподільники, що направляють потоки стисненого повітря;
- 4) виконуючі пристрої (пневмоциліндри, пневмодвигуни);
- 5) з'єднувальні компоненти: шланги, трубки, фітінги.

На відміну від гідравлічних аналогів, пневмодвигуни із зворотно-поступальним рухом вихідної ланки — пневмоциліндри — мають майже дискретний характер роботи: незначний час руху при високих і нестабільних швидкостях, два крайніх механічно фіксованих положення поршня в пневмоциліндрі. Внаслідок пружності робочого середовища поршень не можна зупинити в певному положенні, якщо навіть повністю перекрити пневмолінії підводу і вихлопу. Дискретним характером роботи пневмоциліндрів зумовлене їхнє використання для автоматизації таких операцій, що не потребують вивіреного закону руху та допускають нестабільність швидкості рухомих елементів. Для металообробки це операції закріплення заготовок, пристосувань та інструментів, завантаження-розвантаження, транспортування у фіксовану позицію, підіймання, орієнтації, повороту і фіксації [8].

Галузь використання пневматичних систем доволі широка:

- 1) промислове виробництво: операції зажиму, пресування, пересування деталей на складальній лінії, металообробні станки, пакувальні машини;
- 2) харчова промисловість: лінії розливу, фасування (можливе за рахунок використання повітря, як робочого тіла, що важливо у приладах, контактуючих с харчовими продуктами);
- 3) медицина: травматологія, стоматологія.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На автоматизованих складських комплексах пневматика часто використовується для виконання лінійних переміщень об'єктів. Це можуть бути: штовхачі на конвеєрних стрічках, що змінюють напрям руху вантажів для сортування або на інші вітки конвеєра (рис. 1.7); підйомні/опускні механізми для невеликих платформ або секцій рольгангів; позиціонуючі упори та фіксатори для точної зупинки чи фіксації об'єктів у певній точці або робочій зоні.

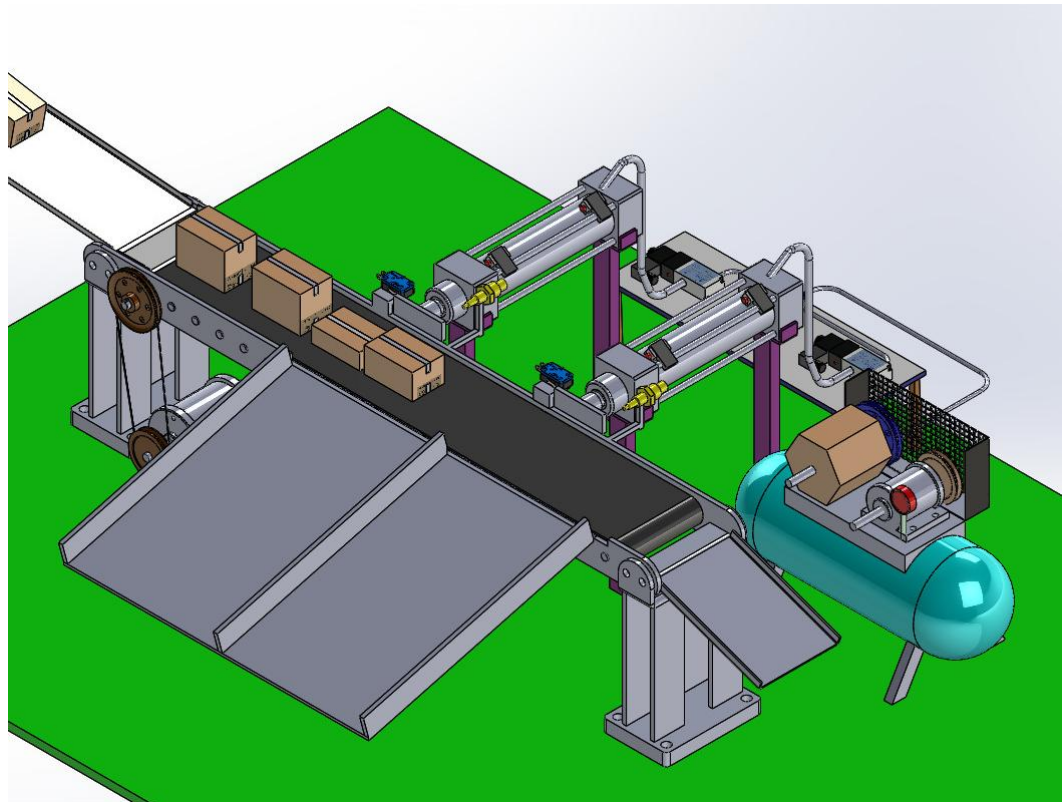


Рис. 1.7 Використання пневмоприводів у процесі сортування товарів, що надходять [24]

У промисловості широко використовують пневматичні захвати, що встановлюють на роботах-маніпуляторах або спеціалізованих пристроях типу pick-and-place (з англ. вибір та розміщення). Дані захвати призначені для взяття та переміщення коробок, контейнерів або окремих штучних товарів. Поширені також вакуумні захвати (присоски) для роботи з плоскими поверхнями (рис. 1.8).



Рис. 1.8 Робота пневматичного захвату [23]

На складі пневматичні виконавчі пристрої інтегровані в загальну систему автоматизації. Електричний сигнал від програмованого логічного контролера (ПЛК), який отримує команди від системи управління складом WMS чи іншого керуючого пристрою, активує розподільник, подаючи чи скидаючи тиск у пневмоприводі. Таким чином, пневматика є керованим елементом у загальній ієрархії автоматизованого складу, саме тому вона є затребуваним інструментом. Її переваги – простота і надійність – дозволяють ефективно виконувати функції пересування, маніпулювання та сортування.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Висновок до розділу 1

Сучасні технології автоматизації складського господарства представляють собою комплексне та багаторівневе рішення, де програмне забезпечення WMS тісно інтегроване з різноманітним автоматичним обладнанням. До прикладу, пневматика є керованим елементом у загальній ієрархії автоматизованого складу, саме тому вона є затребуваним інструментом. Її переваги – простота і надійність – дозволяють ефективно виконувати функції пересування, маніпулювання та сортування. Впровадження цих технологій дозволяє не тільки скоротити операційні витрати та підвищити продуктивність, але й кардинально змінити сам підхід до складської логістики, роблячи її більш гнучкою, точною та адаптивною до постійно мінливих вимог ринку. Перехід до автоматизації – це стратегічна інвестиція в майбутнє підприємства, що планую залишатися успішним та конкурентоспроможним.

На основі загального огляду і порівняльного аналізу для вирішення проектної задачі була визначена доцільність реалізації автоматизованої сортувальної лінії. Для операції по зміні напрямку руху тарно-штучних вантажів збалансованим рішенням з точки зору швидкості та надійності є використання пневматичних виконавчих пристроїв. Зокрема, для подальшої розробки обрана концепція системи, де пневматичні штовхачі будуть перенаправляти вантажі на відповідні гілки конвеєра, а саме на накопичувачі прийому.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2. Розробка проекту автоматизованого складу для тарно-штучних вантажів

Основною задачею даного розділу є комплексний розрахунок та проектування основних компонентів автоматизованої складської ділянки. Розділ містить розрахунок вантажопотоку, параметрів складу, підбір та проектування необхідного технічного оснащення такого як навантажувачі, крани-штабелери, конвеєри та елементи пневмосистеми, а також розробку програмного забезпечення для керування вантажопотоку та інтеграція усіх зазначених компонентів у єдину безперебійно працюючу структуру. При розробці варто керуватись основними аспектами, від планування простору складу до алгоритмів керування запасами задля забезпечення максимальної продуктивності та надійності системи.

Реалізований проект має відповідати наступним вхідним даним, наведеним у таблиці 2.1. У складському приміщенні мають бути наявні електротехнічна та слюсарно-механічна майстерня, командний пункт, зарядна станція та санітарна зона.

Таблиця 2.1. Вхідні дані

Вхідні дані	
Вид вантажу	Пакет 1200x800
Маса вантажу q_p , т	1
Місткість складу V , т	1200
Термін зберігання $T_{зб}$, діб	8
Висота вантажу з піддоном, мм	800

2.1. Визначення розрахункового добового вантажопотоку, добового вагонопотоків і автотранспортних засобів

Розрахунковий добовий вантажопотік складу:

$$Q_{\text{р.пр.(в.)}}^{\text{доб}} = \frac{V}{T_{\text{зб}}} k_{\text{н}} = \frac{1200}{8} * 1.2 = 180 \text{ (т/добу)} \quad (2.1)$$

де $V = 1200$ – місткість складу, т; $T_{\text{зб}}$ – термін зберігання, днів; $k_{\text{н}}$ - коефіцієнт нерівномірності прибуття-відправлення вантажу. Для тарно-штучних та наливних вантажів, металу, контейнерів $k_{\text{н}} = 1,05 - 1,2$; будівельних нерудних матеріалів, мінеральних добрив, твердого палива, лісових вантажів $k_{\text{н}} = 1,1 - 1,25$; зерна $k_{\text{н}} = 1,5 - 3,5$; овочей та фруктів $k_{\text{н}} = 2 - 4$ [9].

При перевезенні тарно-штучних вантажів пакетами добової вантажопотік можна розрахувати в пакетах:

$$n_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{р.пр.(в.)}}^{\text{доб}}}{q_{\text{п}}} = \frac{180}{1} = 180 \text{ (шт/добу)} \quad (2.2)$$

де $q_{\text{п}}$ - маса вантажу одного пакета, т.

Середнє завантаження вагона може орієнтовно бути пораховано:

$$q_{\text{в}} = \frac{V_{\text{в}} \cdot q_{\text{п}} \cdot k_{\text{у}}}{V_{\text{п}}} = 150 * 1 * \frac{0,9}{1,2 * 0,8 * 0,8} = 100,4 \text{ (т)} \quad (2.3)$$

де $V_{\text{в}}=150$ - внутрішній об'єм критого вагону, м² ([Критий вагон мод. 11-7045](#) [10]); $k_{\text{у}}$ - коефіцієнт, що враховує щільність укладання, $k_{\text{у}} = 0,85 \dots 0,9$; $V_{\text{п}}$ - об'єм одного пакета або місця, м.

Або

$$q_{\text{в}} = n_{\text{п}} \cdot q_{\text{п}} = 180 * 1 = 180 \leq [q_{\text{в}}] = 67,5 \text{ (т)} \quad (2.4)$$

де $[q_{\text{в}}] = 67,5\text{т}$ – вантажопідйомність вагона обраного типу по технічній характеристиці ([Критий вагон мод. 11-7045](#) [10]).

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залежно від висоти сформованого пакета вони можуть бути завантажені у вагон в один або два яруси. Зазор між пакетами першого ярусу і пакетами другого ярусу, що необхідно переміщати, а також мінімальний зазор між верхніми пакетами і дахом вагона приймається в межах 45 ... 50 см. Зазори між пакетами і поздовжніми стінками становить 55 ... 60 мм.

Щоб пакети, які знаходяться в критому вагоні, при русі не могли переміститися і зайти в стійки дверного отвору, використовуються розпірки та щити; закріплюються вантажі стяжками, хомутами; застосовуються поперечні балки, що переміщаються по напрямних вздовж кузова вагона; амортизуючі оболонки, заповнені повітрям; гумові підкладки [9].

Зобразимо схему установки пакетів із піддонами в обраному залізничному вагоні (рис. 2.1):

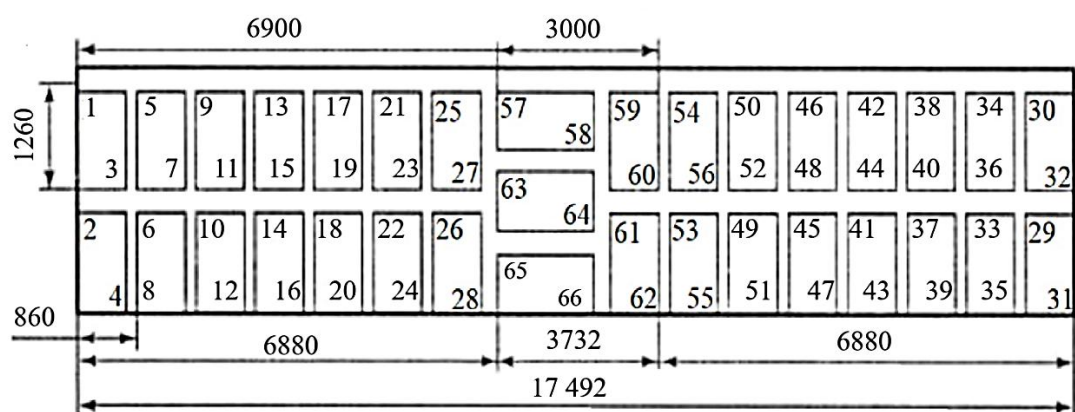


Рис. 2.1 Схема розміщення пакетів вантажів у вагоні

Необхідна кількість залізничних вагонів (добовий вагонопотік), в яких надходить або відправляється вантаж:

$$N_{\text{в}} = \frac{n_{\text{п}} q_{\text{п}}}{q_{\text{в}}} = \frac{180 * 1}{67,5} = 2,6 \text{ (ваг./добу)} \quad (2.5)$$

Приймаємо кількість вагонів (добовий вагонопотік) $N_{\text{в}} = 2$ ваг./добу. Кожен буде завантажуватись по 66т вантажу, тобто 66 пакетів.

Необхідна кількість піддонів на складі розраховується виходячи з умов пакетування вантажів і термінів їх зберігання:

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\Pi} = k_{\Pi} k_p \frac{Q_{\text{р.пр.(в.)}}^{\text{доб}} \cdot t_{\text{зб}}}{q_{\Pi}} = 1.2 * 1.03 * \frac{180 * 8}{1} = 1780 \text{ (шт.)} \quad (2.6)$$

де k_p - коефіцієнт, що враховує час знаходження піддонів в ремонті, $k_p = 1.03 \dots 1.04$; $t_{\text{зб}}$ – час зберігання вантажу на складі, діб.

Обсяг вантажу, що перевищує місткість залізничних вагонів, може бути транспортований автомобільним транспортом. Для визначення необхідної кількості автотранспортних засобів, задіяних у процесах доставки вантажів на склад та їх відправлення зі складу, застосовується наступна формула:

$$N_a = \frac{n_a \cdot q_{\Pi} \cdot T_{\Pi}^a}{q_a \cdot T_p^a \cdot k_t} = \frac{48 * 1 * 1.22}{12 * 8 * 0.7} = 0.865 = 1 \text{ (авт./добу)} \quad (2.7)$$

де $q_a = 12\text{т}$ – вантажопідйомність автомобіля (технічна характеристика автомобіля [11]); n_a – кількість пакетів вантажу, що будуть перевозитись в автомобілях, $n_a = n_{\Pi} - n_{\text{в}} = 48$, де $n_{\text{в}} = 66 * 2 = 132$ – кількість вантажів, що перевозяться в вагонах; k_t – коефіцієнт використання автомобіля за часом, $k_t = 0.7$; T_p^a - кількість робочих годин автомобіля за добу, $T_p^a = 8 \text{ год}$; T_{Π}^a - тривалість транспортного циклу автомобіля (від завантаження до розвантаження):

$$T_{\Pi}^a = \frac{l_a}{V_T \cdot \beta} + T_{\text{пр}} = \frac{50}{50 * 0.89} + 0.1 = 1.22 \text{ (год)} \quad (2.8)$$

де $T_{\text{пр}}$ - час простою автомобіля під вантажними операціями, $T_{\text{пр}} = 0.1 \text{ год.}$; l_a - дальність перевезення, км ($l_a = 50 \text{ км}$ для внутрішньоміських поставок); $V_T = 50 \text{ км/год}$ - середня технічна швидкість автомобіля; β – коефіцієнт пробігу автомобіля, $\beta = 0.88 \dots 0.90$.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Вибір типу, розрахунок параметрів і технічного оснащення складу

2.2.1. Вибір типу складу

Вибір типу складу та його спеціалізації ґрунтується на детальному аналізі технологічного процесу, структури та характеристик вантажопотоків, а також параметрів самих вантажів. Цей комплексний підхід дозволяє забезпечити ефективність складських операцій.

Сучасні тенденції в обробці тарно-штучних вантажів відображають прагнення до максимальної оптимізації та автоматизації. Зокрема, спостерігається перехід від багатоповерхових складів до одноповерхових споруд значної висоти. У таких складах активно використовуються крани-штабелери для обслуговування зон зберігання, що дозволяє раціонально використовувати простір. Для максимізації об'єму складу застосовуються спеціалізовані типи стелажів. Також значного поширення набули пакетні перевезення тарно-штучних вантажів і впровадження автоматизованих систем для управління внутрішньоскладським транспортуванням.

2.2.2. Розрахунок основних параметрів вантажних фронтів

Визначаються fronti подачі вагонів і автомобілів для навантаження-розвантаження (рис. 2.2). Добове число вагонів в одній подачі визначається за формулою [9]:

$$N_{\text{в.п.}} = \frac{N_{\text{в}}}{z} = \frac{2}{2} = 1 \quad (2.9)$$

де z -число подач вагонів на вантажний пункт за добу ($z = 2 \dots 5$).

Довжина фронту подачі вагонів:

$$L_{\text{ф.п.}} = N_{\text{в.п.}} \cdot l_{\text{в}} + a_{\text{м}} = 1 \cdot 18,72 + 2 = 20,72 \text{ (м)} \quad (2.10)$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де l_6 - довжина залізничного вагона по автозчепу, (можна прийняти $l_6 = 18,72$ м); a_m - подовження фронту подачі вагонів для виконання маневрових робіт, $a_m = 1,5 \dots 2$ м.

Довжина фронту завантаження-вивантаження:

$$L_{\text{вн}} \geq \frac{1}{z_c} N_{\text{в.п.}} \cdot l_6 + a_m = 1 \cdot 18,72 + 2 = 20,72 \text{ (м)} \quad (2.11)$$

де z_c - число змін (перестановок) вагонів на вантажному фронті ($z_c = 1 \dots 2$).

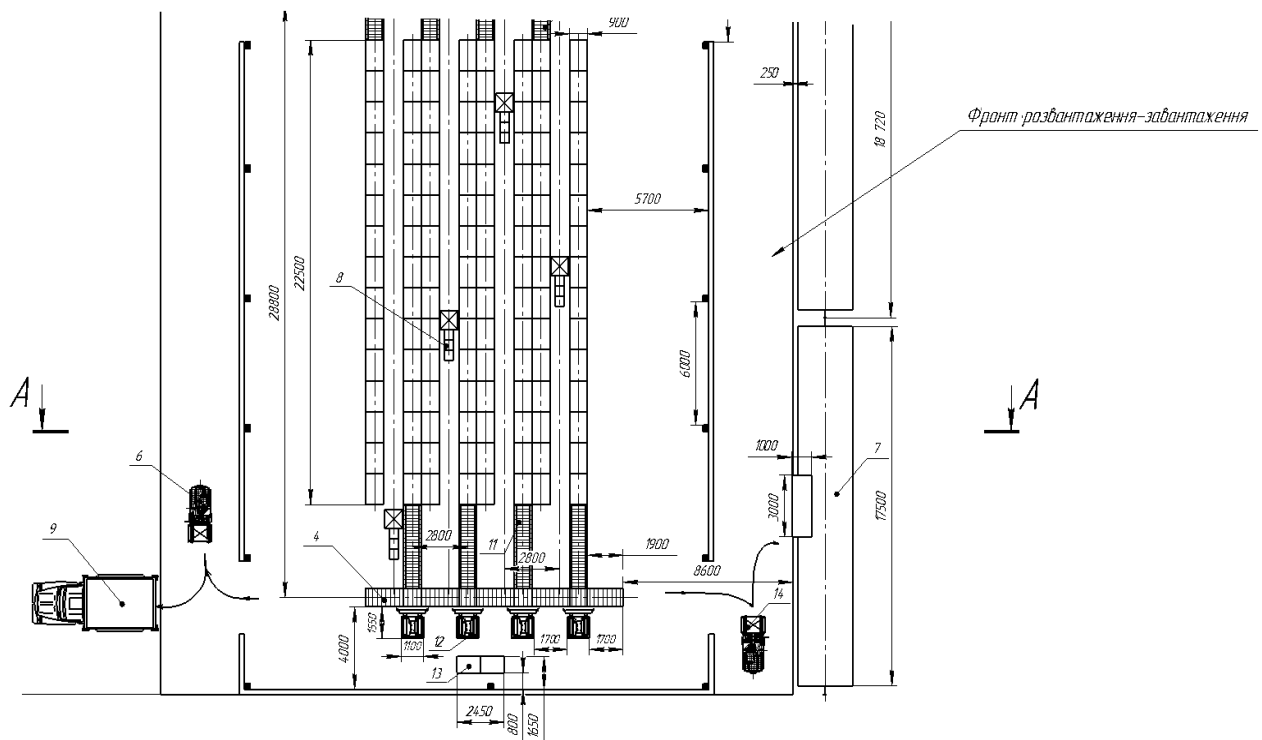


Рис. 2.2 Фронт розвантаження-завантаження

Довжина фронту завантаження-розвантаження з боку автопід'їзду визначається габаритними розмірами обраного типу автомобіля та технології робіт по його завантаженні та розвантаженні.

При установці автомобіля до рампи складу торцем:

$$L_{\text{вн}}^a = k(b_a + S_T) + S_T = 2 \cdot (2,5 + 1) + 1 = 8 \text{ (м)} \quad (2.12)$$

де k - число вантажо-розвантажувальних постів, що утворюють фронт завантаження-розвантаження (дорівнює числу дверних прорізів з боку

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

автотранспорту $k=2$); де $b_a = 2,5\text{м}$ - габаритна ширина автомобіля, м; S_T - відстань між суміжними автомобілями, що забезпечує виїзд автомобіля при торцевій установці, $S_T = 1\text{м}$.

2.2.3. Розрахунок місткості і лінійних розмірів складу

Тип складу і його габаритні розміри вибираються залежно від типу вантажу, термінів його зберігання, застосовуваних засобів комплексної механізації перевантажувальних і складських робіт. Для зберігання тарно-штучних вантажів застосовуються зазвичай криті склади: одноповерхові або багатоповерхові, висотні, склади ангарного типу і т.д. [9].

Місткість складу з урахуванням терміну зберігання:

$$V = n_{\text{п}} \cdot t_{\text{зб}} = 180 \cdot 8 = 1440 \text{ (пакетів)} \quad (2.13)$$

На складі передбачена ділянка для зберігання пустих пачок піддонів.

Загальна кількість порожніх піддонів, яка має зберігатись на цій ділянці можна визначити, як 10% від завантажених піддонів:

$$N_{\text{пор}}^{\text{п}} = 0,1 \cdot N_{\text{зав}}^{\text{п}} = 0,1 \cdot 180 = 18 \text{ (шт.)} \quad (2.14)$$

де $N_{\text{зав}}^{\text{п}}$ – кількість завантажених піддонів, $N_{\text{зав}}^{\text{п}} = n_{\text{п}} = 180$ шт.

В одній пачці складено 5-10 піддонів, отже загальна кількість пачок:

$$Z_{\text{пач}} = \frac{N_{\text{пор}}^{\text{п}}}{5 \dots 10} = \frac{18}{9} = 2 \text{ (шт.)} \quad (2.15)$$

Геометричні розміри елементарної площадки під піддони (рис. 2.3):

- довжина елементарної площадки:

$$l_{\text{ел.пл}} = z_l^{\text{пач}} \cdot l_{\text{під}} = 2 \cdot 1200 = 2400 \text{ (мм)} \quad (2.16)$$

- ширина елементарної площадки:

$$b_{\text{ел.пл}} = z_b^{\text{пач}} \cdot b_{\text{під}} = 1 \cdot 800 = 800 \text{ (мм)} \quad (2.17)$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- висота пачки:

$$h_{\text{пач}} = z_h^{\text{пач}} \cdot h_{\text{під}} = 9 \cdot 150 = 1350 \text{ (мм)} \quad (2.18)$$

- площа елементарної площадки:

$$F_{\text{пач}} = l_{\text{ел.пл}} \cdot b_{\text{ел.пл}} = 2,4 \cdot 0,8 = 1,92 \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.19)$$

де $z_l^{\text{пач}}$, $z_b^{\text{пач}}$ – кількість пачок по довжині і ширині, які вибирають такими, щоб їх добуток був рівний $z_l^{\text{пач}} \cdot z_b^{\text{пач}} = 1 \cdot 2 = Z_{\text{пач}}$; $z_h^{\text{пач}}$ – кількість пачок по висоті, що залежить від прийнятої кількості піддонів в одній пачці (5...10); $l_{\text{під}}$, $b_{\text{під}}$, $h_{\text{під}}$ – довжина, ширина та висота піддону (наприклад європіддон має такі розміри: $l_{\text{під}} = 1200 \text{ мм}$, $b_{\text{під}} = 800 \text{ мм}$, $h_{\text{під}} = 150 \text{ мм}$).

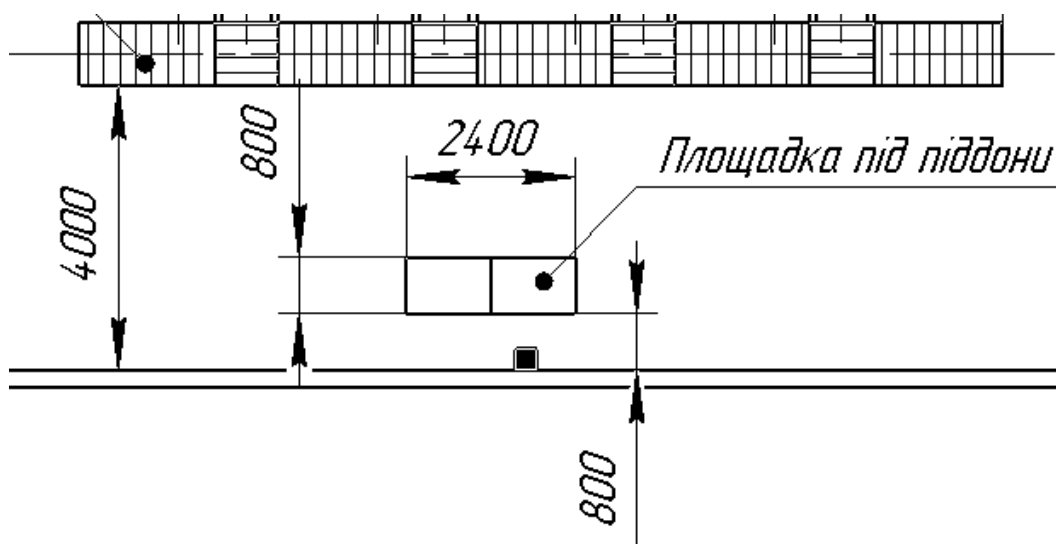


Рис. 2.3 Площадка під піддони

Місткість однієї секції стелажа:

$$\Delta V = Z_l \cdot Z_h \cdot Z_b = 15 \cdot 12 \cdot 1 = 180 \text{ (пакетів)} \quad (2.20)$$

де Z_l , Z_h , Z_b - кількість комірок стелажа по довжині, висоті та ширині (кількість комірок по ширині можна прийняти $Z_b = 1$, кількість комірок стелажів по довжині і висоті приймають так, щоб кількість стелажів була кратна 2) [9].

Кількість стелажів

$$N_{\text{ст}} = \frac{V}{\Delta V} = \frac{1440}{180} = 8 \text{ (шт.)} \quad (2.21)$$

Розміри стелажа (рис. 2.4):

- довжина стелажа

$$L_{\text{ст}} = A_z \cdot Z_l = (1200 + 300) \cdot 15 = 22500 \text{ (мм)} \quad (2.22)$$

- ширина стелажа

$$B_{\text{ст}} = B_z = 800 + 100 = 900 \text{ (мм)} \quad (2.23)$$

- висота стелажа

$$H_{\text{ст}} = H_z \cdot Z_h = (800 + 200) \cdot 12 = 12000 \text{ (мм)} \quad (2.24)$$

де A_z – довжина елементарної комірки стелажа, $A_z = l_{\text{під}} + 200 \dots 300$ мм;

B_z – ширина елементарної комірки стелажа, $B_z = b_{\text{під}} + 100 \dots 150$ мм;

H_z – висота елементарної комірки стелажа; $H_z = h_{\text{з.під}} + 100 \dots 200$ мм.

Площа майданчика, зайнятого стелажими:

$$S = L \cdot B = 22,5 \cdot 12 = 270 \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.25)$$

Ширина площадки:

$$B = N_{\text{ст}} \cdot B_{\text{ст}} + B_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}} = 8 \cdot 900 + 1000 \cdot 4 = 11200 = 12 \text{ (м)} \quad (2.26)$$

де $B_{\text{пр}}$ – ширина проїзду між стелажими, $B_{\text{пр}} = b_{\text{під}} + 200$ мм = 1000 мм; $n_{\text{пр}}$

- кількість проїздів між стелажими, $n_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{ст}}}{2} = 4$. Ширина округляється в більшу сторону до найближчої нормативної величини з ряду: $B = 6; 9; 12; 15; 18; 24; 30$ м.

Довжина майданчика:

$$L = L_{\text{ст}} = 22,5 \text{ (м)} \quad (2.27)$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При застосуванні мостових кранів-штабелерів по середині стелажа виконують проходи для можливості пересування вантажозахватного органу (колони) між різними міжстелажними проходами.

Рекомендовані висоти складських будівель:

- невелика окремо розташована будівля - 6 м;
- великі склади промислових підприємств - 8,4 ... 12,6 м;
- спеціалізовані склади - 12,6 ... 22,4 м.

Рампи для обслуговування залізничних вагонів зазвичай будуються прямими шириною не менше 3 м, висотою 1,1 м від рівня головки рейки [9].

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

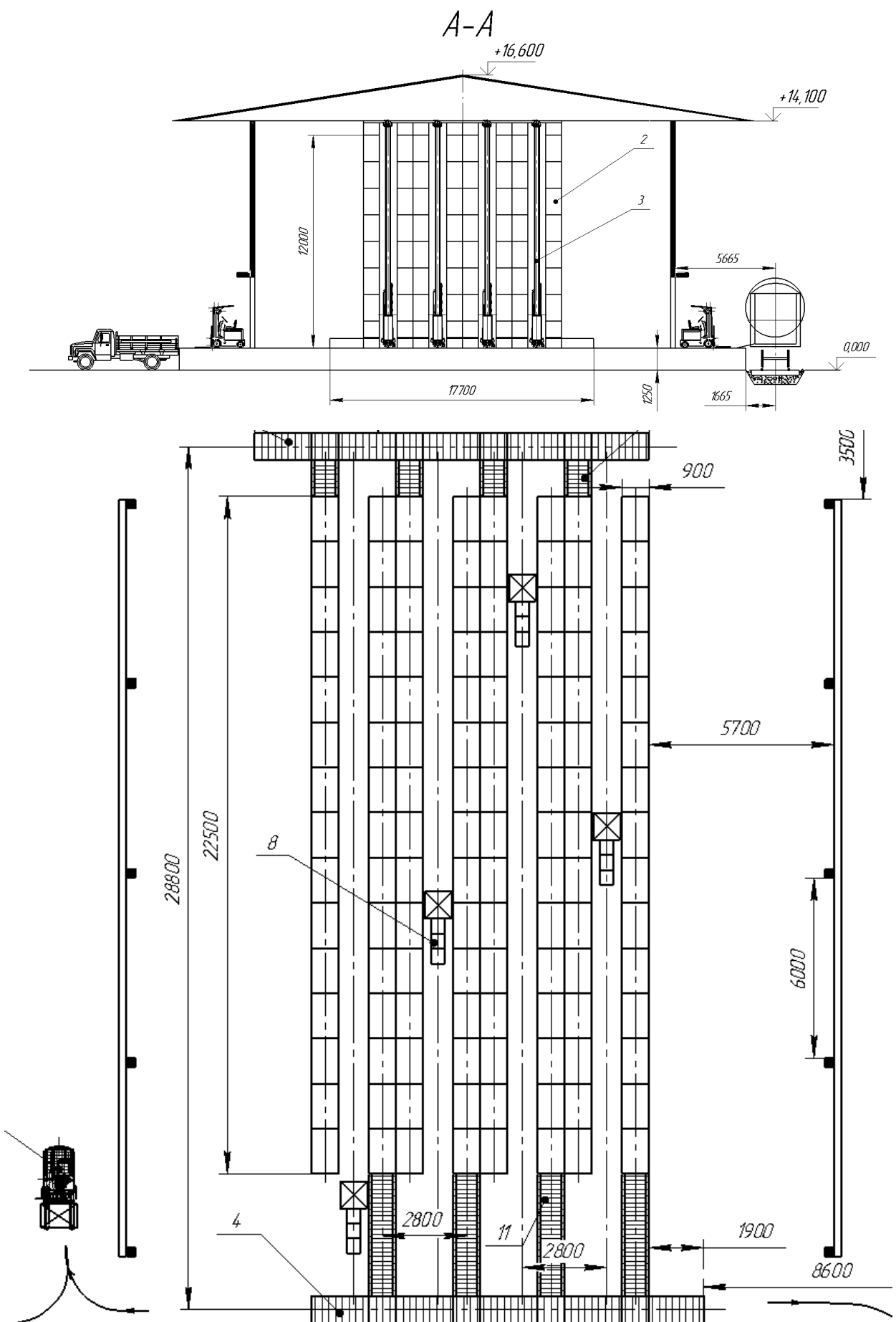


Рис. 2.4 Зона зберігання

Борисенко					ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

Рампи для автомобілів – прямі шириною не менше 1.5 м і не більше 6м або зубчасті під кутом 30...45°, що дає можливість збільшити довжину фронту завантаження-розвантаження не змінюючи довжину складу.

Відстань від краю платформи до осі залізничної колії - 1665 мм.

У складах ангарного типу з введенням залізничних колій всередину передбачатися ворота для пропуску поїзда розміром 4500х5000 мм. З боку автопід'їзду передбачаються розсувні ворота 4000х3000 мм через 18 м. Відстань від осі залізничної колії до колони складу - 2450 мм, до стіни-мінімум 2650 мм [12].

Стелажне складування має значні переваги над штабельним, що робить його кращим вибором для оптимізації складських операцій. Серед ключових переваг слід виділити:

- ефективніше використання складського об'єму: стелажі дозволяють значно збільшити висоту складування, що забезпечує більш повне та раціональне використання доступного простору;
- доступ до будь-якого ярусу: ця система забезпечує можливість легкого доступу до вантажу на будь-якому ярусі зберігання, що є критично важливим для швидкого відбору товарів;
- збільшення збереженості вантажу: розміщення товарів на стелажах мінімізує ризик їх пошкодження, оскільки усувається тиск верхніх шарів на нижні, що часто виникає при штабельному зберіганні.

2.2.4. Вибір типу і розрахунок кількості вантажно-розвантажувальних машин

Тип обраної вантажно-розвантажувальної техніки повинен відповідати роду вантажу, прийнятої технології переробки вантажу, режиму роботи і умов експлуатації.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики деяких вантажно-розвантажувальних машин для переробки тарно-штучних вантажів наведені в таблицях в Таблиці 2.2 [9].

Таблиця 2.2. Технічні характеристики електронавантажувачів

Тип	Вантаж оп., т	Висота підйому вил, м	Швидкість руху, км/год.		Швидкість підйому, м/с		Радіус повороту, м	Габаритні розміри навантажувача, мм			Довжина вил, мм	Маса, кг
			без вантажу	з вантажем	без вантажу	з вантажем		довжина	ширина	висота		
ЕП - 1009	1000	2950	-	12	0,25	0,22	2100	4070	1080	2950	800	4650
ЕП - 103К		2000 2800	13			11	1630	1860	950	2120		2450 2500
		3300 4500	12					1885				2530 2700
ЕП - 1219		1250	2000	-		10	1760	2687	960	2090		2350
		2800 3300	2717					2370 2390				
ЕП - 1631	1600	3200 4000	12,5	12,0	0,32	1850	3000	1000	2040	2920 2970		
ЕП - 205	2000	2000 2800 3300	-	11,5	-	2040	3250	1080	2255	1000	3570 3600 3620	
ЕП - 5002	5000	2800 3300 4500	-	8		0,15	2630	3997	1390	2440	1200	7560 7650 7820

Обираємо електронавантажувачі ЕП 1219.

Технічна продуктивність машин, що використовуються при переробці тарно-штучних вантажів, розраховується за формулою:

$$P_T = \frac{3600}{T_{\text{ц}}} G_M = \frac{3600}{136,3} * 1,25 = 33 \text{ (т/год)} \quad (2.28)$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $G_m = 1,25$ т – вантажопідйомність машини, т; $T_{\text{ц}}$ – тривалість часу циклу, с.

Для навантажувача час циклу:

$$T_{\text{ц}} = t_p + t'_p + t_{\text{під}} + t'_{\text{під}} + t_{\text{оп}} + t'_{\text{оп}} + t_{\text{пов}} + t_{\text{доп}} = 29,8 + 35,1 + 11,5 + 9,2 + 11,5 + 9,2 + 15 + 15 = 136,3 \text{ (с)} \quad (2.29)$$

де t_p, t'_p – час, що витрачається навантажувачем на поздовжні і поперечні пересування по складу з вантажем і без вантажу, с; $t_{\text{під}}, t'_{\text{під}}$ – час, що витрачається на підйом каретки навантажувача з вантажем і без вантажу, с; $t_{\text{оп}}, t'_{\text{оп}}$ – час, що витрачається на опускання каретки з вантажем і без вантажу, с; $t_{\text{пов}} = 15$ с – час, що витрачається на повороти навантажувача, с; $t_{\text{доп}} = 15$ с – час, що витрачається на допоміжні операції.

$$t_p = \frac{l}{V} + \frac{V}{2a} = 29,8 \text{ (с)} \quad (2.30)$$

$$t'_p = \frac{l}{V'} + \frac{V'}{2a} = 35,1 \text{ (с)} \quad (2.31)$$

де $l = 8,6$ м – довжина робочого плеча (рис. 2.5), м; $V = 10$ км/ч = 2,77 м/с – швидкість руху навантажувача з вантажем; $V' = 12$ км/ч = 3,33 м/с – швидкість руху навантажувача без вантажу; $a = 0,1$ – прискорення навантажувача м/с².

$$t_{\text{під}} = \frac{H_{\text{ср}}}{V_{\text{п}}} = \frac{2,3}{0,2} = 11,5 \text{ (с)} \quad (2.32)$$

$$t'_{\text{під}} = \frac{H_{\text{ср}}}{V'_{\text{п}}} = \frac{2,3}{0,25} = 9,2 \text{ (с)} \quad (2.33)$$

де $H_{\text{ср}}$ – середня висота підйому вантажу, $H_{\text{ср}} = \frac{H+h}{2} = 2,3$ м, тут $H = 3,6$ м – максимальна висота підйому вантажу (можна прийняти як висоту пакету), $h = 1$ м – мінімальна висота підйому вантажу (можна прийняти по висоті роликового конвеєра); $V_{\text{п}} = 0,2$ м/с, $V'_{\text{п}} = 0,25$ м/с – швидкості підйому каретки навантажувача з вантажем і без нього.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

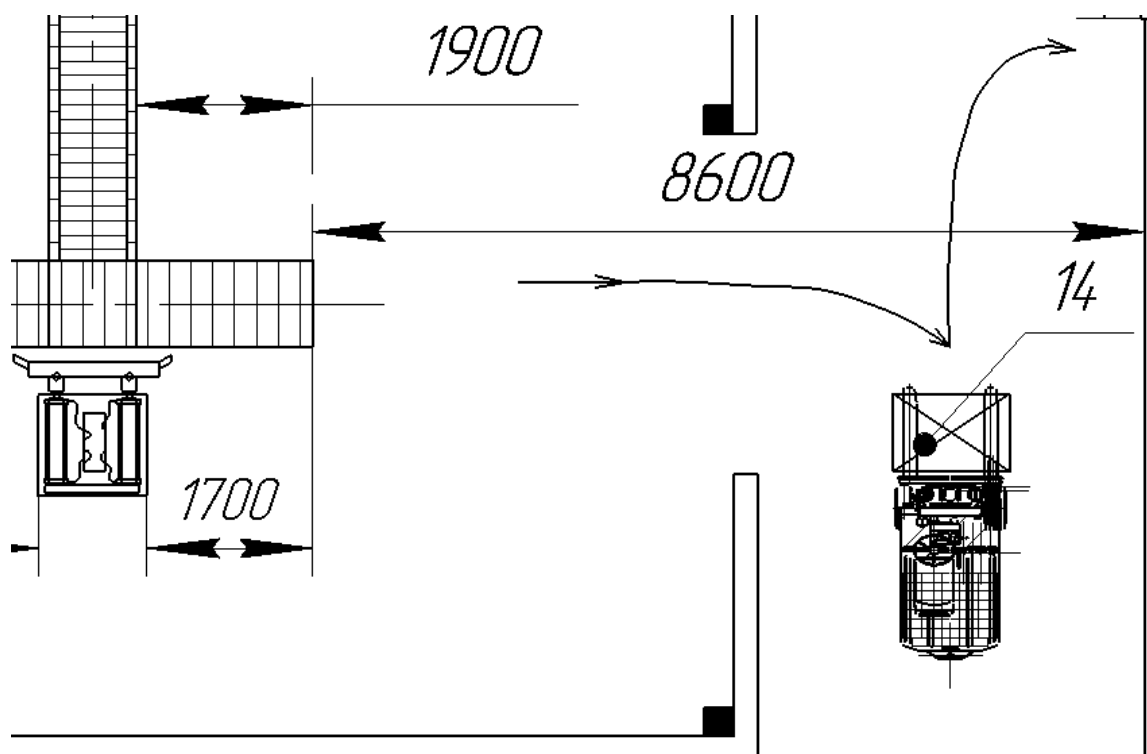


Рис. 2.5 Довжина робочого плеча

$$t_{\text{оп}} = \frac{H_{\text{ср}}}{V_{\text{оп}}} = \frac{2,3}{0,2} = 11,5 \text{ (с)} \quad (2.34)$$

$$t'_{\text{оп}} = \frac{H_{\text{ср}}}{V'_{\text{оп}}} = \frac{2,3}{0,25} = 9,2 \text{ (с)} \quad (2.35)$$

де $V_{\text{оп}} = 0,2 \text{ м/с}$, $V'_{\text{оп}} = 0,25 \text{ м/с}$ – швидкості опускання каретки навантажувача з вантажем і без нього.

Експлуатаційна продуктивність навантажувача:

$$P_e = P_T \cdot k_B \cdot k_{BH} = 33 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 21,125 \text{ (т/год)} \quad (2.36)$$

де k_B – коефіцієнт використання по часу, $k_B = 0,8$; k_{BH} – коефіцієнт використання машини по вантажопідйомності, $k_{BH} = \frac{q_n}{G_M} = \frac{1}{1,25} = 0,8$.

Позмінна продуктивність:

$$P_{3M} = P_e \cdot t_{3M} = 21,125 \cdot 8 = 169 \text{ (т/зміну)} \quad (2.37)$$

де t_{3M} – тривалість зміни, $t_{3M} = 8 \text{ год}$.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Об'єм механізованої переробки вантажу:

$$Q_m = Q_{p.pr.(B.)}^{доб} \cdot k_{\Pi} + 2Q_{p.pr.(B.)}^{доб}(1 - k_{\Pi}) = \\ = 180 \cdot 0,2 + 2 \cdot 180 \cdot 0,8 = 324 \text{ (т)} \quad (2.38)$$

де k_{Π} - коефіцієнт перевантаження вантажу, $k_{\Pi} = 0,2$.

Кількість машин:

$$M_m = \frac{365Q_m}{\Pi_{зм} \cdot m_{зм} \cdot (365 - t_p)} = \frac{365 \cdot 324}{169 \cdot 1 \cdot (365 - 20)} = 2 \text{ (шт.)} \quad (2.39)$$

де $m_{зм} = 1$ – кількість змін; t_p – час знаходження машини в ремонті і зміни батареї протягом року, $t_p = 20$ днів.

Отримане значення округляють до більшого цілого значення.

Потреба в штаті механізаторів для обслуговування машин і обладнання:

$$R = \frac{\alpha \cdot Q_m \cdot 365}{\Pi_{зм}} = \frac{1,15(324 \cdot 365)}{169} = 804,7 = 805 \text{ (змін)} \quad (2.40)$$

де α – коефіцієнт підміни, $\alpha=1,12\dots1,2$.

Число робочих:

$$R_p = \frac{R}{n} = \frac{805}{305} = 2,64 = 3 \text{ (роб.)} \quad (2.41)$$

де n – кількість змін одного робочого за рік, $n=305$.

2.2.5. Продуктивність стелажних кранів-штабелерів

Робочий цикл стелажного крана-штабелера зводиться до виконання наступних операцій:

- переміщення штабелера до заданої секції;
- підйому вантажонесучого пристрої до заданого ярусу завантаження або розвантаження комірки;
- спуску вантажонесучого пристрою;

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- переміщення штабелера в початкове положення [9].

Робочий цикл крана-штабелера:

$$t_{\text{ц}}^{\text{к}} = 2 \left(\frac{l_p}{V_p} + \frac{l_v}{V_v} + \frac{l_k}{V_k} \right) = 2 \left(\frac{28,8}{1} + \frac{1}{0,25} + \frac{2,3}{1} \right) = 68,6 \text{ (с)} \quad (2.42)$$

де $l_p = 28,8$ м – середня довжина переміщення крана штабелера (див. креслення додаток Б); l_v - довжина висунення вантажозахоплювального органа, $l_v = 1$ м; $l_k = 2,3$ - середня висота підйому пакета вантажу; V_p - швидкість пересування крана (беруть із технічної характеристики крану $V_p = 1$ м/с); V_v - швидкість висунання вантажозахоплювального органа (беруть із технічної характеристики крану $V_v = 0,25$ м/с); V_k - швидкість підйому вантажозахоплювального органа (беруть із технічної характеристики крану $V_k = 1$ м/с).

Технічну продуктивність крана-штабелера в базовому варіанті визначимо за формулою:

$$P_{\text{тех}} = G_{\text{п}} \cdot C = 1 * 58 = 58 \text{ (т/год)} \quad (2.43)$$

де $G_{\text{п}} = q_{\text{п}} = 1$ т – маса пакета; C - число циклів, яке машина робить за 1 годину:

$$C = \frac{3600}{\gamma \cdot t_{\text{ц}}^{\text{к}}} = \frac{3600}{0,9 * 68,6} = 58 \text{ (1/год)} \quad (2.44)$$

де γ – коефіцієнт суміщення операцій, $\gamma = 0,9$.

Експлуатаційна та змінна продуктивність:

$$P_e = P_{\text{т}} \cdot k_b = 58 * 0,9 = 52,2 \text{ (т/год)} \quad (2.45)$$

де $k_b = 0,9$ – коефіцієнт використання крану по часу.

$$P_{\text{зм}} = P_e \cdot t_{\text{зм}} = 52,2 * 8 = 417,6 \text{ (т/зміну)} \quad (2.46)$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Визначення кількості кранів-штабелерів на складі:

$$N_{\text{к.ш.}} = \frac{N_{\text{ст}}}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ (шт.)} \quad (2.47)$$

Після цього виконують перевірку на необхідну кількість машин по виконанню вантажних операцій:

$$N_{\text{к.ш.}} = \frac{365 \cdot Q_{\text{м}}}{\Pi_{\text{зм}} \cdot m_{\text{зм}} \cdot (365 - t_{\text{р}})} = \frac{365 \cdot 288}{417,6 \cdot 1 \cdot (365 - 50)} = 0,8 = 1 \text{ (шт.)} \quad (2.48)$$

де $Q_{\text{м}}$ - об'єм механізованої переробки вантажу, $Q_{\text{м}} = 2(1 - k_{\text{п}})Q_{\text{р.пр.}(в.)}^{\text{доб}} = 2(1 - 0,2)180 = 288$; $m_{\text{зм}} = 1$ - кількість змін; $t_{\text{р}}$ - час знаходження машини в ремонті і зміни батареї протягом року, $t_{\text{р}} = 50$ днів.

2.2.6. Розрахунок накопичувачів прийому та відправки вантажу із зони зберігання

Накопичувачі вантажу виконують роль тимчасових майданчиків для зберігання товарів. З цих зон вантажі за допомогою кранів-штабелерів переміщуються до основної зони зберігання складу. Таким чином, накопичувачі оптимізують потік вантажів, забезпечуючи їх ефективне переміщення всередині складського комплексу [9].

Місткість одного накопичувача прийому вантажу (рис. 2.6):

$$A_{\text{н.п.}} = k_3 \cdot \frac{t_{\text{под. max}}}{N_{\text{н}}} = 1,5 \cdot \frac{(136,3)}{68,6} = 1,5 = 2 \text{ (шт. пакетів)} \quad (2.49)$$

де $t_{\text{под. max}}$ - максимальна пауза подачі вантажів, $t_{\text{под. max}} = T_{\text{ц}} = 136,3$ с (цикл роботи навантажувача); $t_{\text{р. спож.}}$ - час споживання вантажів, $t_{\text{р. спож.}} = t_{\text{ц}}^{\text{к}} = 68,6$ с (час циклу крана-штабелера); $N_{\text{н}} = 2$ - кількість навантажувачів, що обслуговують склад; k_3 - коефіцієнт запасу, $k_3 = 1,5$.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

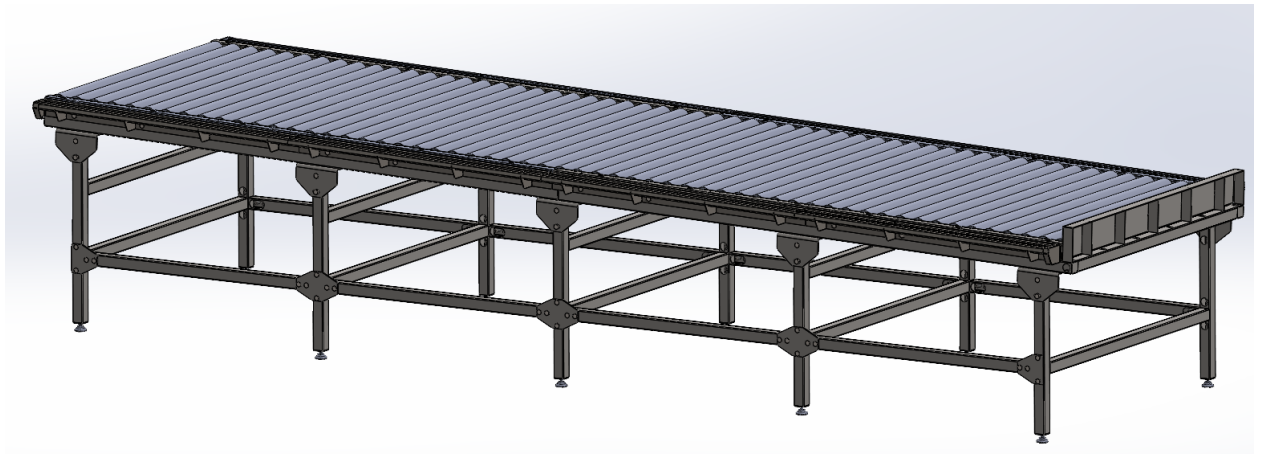


Рис. 2.6 3D-модель гравітаційного рольгангу з ухилом 1°,
що виконує роль накопичувача прийому вантажів

Місткість одного накопичувача видачі вантажів:

$$A_{\text{н.в.}} = k_3 \cdot \frac{t_{\text{р. спож.}}}{N_{\text{к.ш.}}} = 1,5 \cdot \frac{(68,6)}{136,3} = 0,377 = 1 \text{ (шт. пакетів)} \quad (2.50)$$

Розміри накопичувачів прийому та видачі приймають такими, щоб на них розміщувалась розрахована кількість пакетів з округленням в більшу сторону (рис. 2.7).

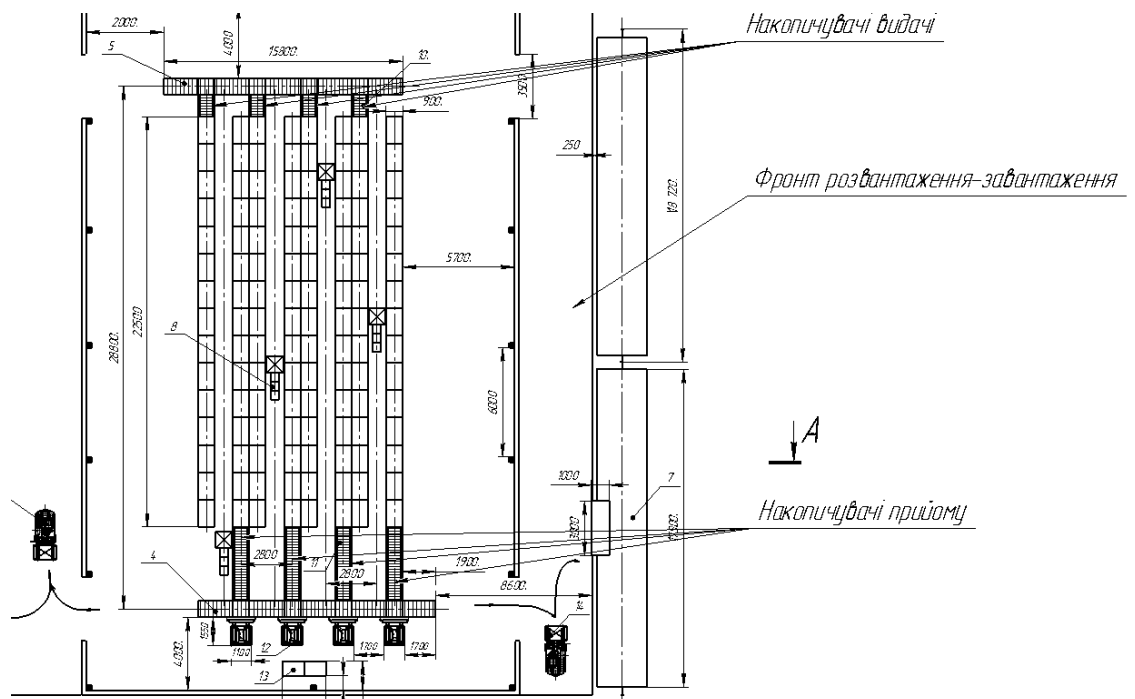


Рис. 2.7 Накопичувачі вантажів

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

2.2.7. Розрахунок приводного роликового конвеєра

Вхідні дані: довжина конвеєра $L_k = 15,8\text{м}$ кут нахилу $\beta = 0^\circ$ (рис. 2.8); вантаж поштучний розміром $l \times b \times h = 1200 \times 800 \times 800\text{ мм}$, масою $m = 1000\text{ кг}$ надходить на конвеєр з інтервалом $t = T_{\text{ц}}/N_{\text{н}} = 136,3/2 = 68,15\text{с} = 70\text{с}$.

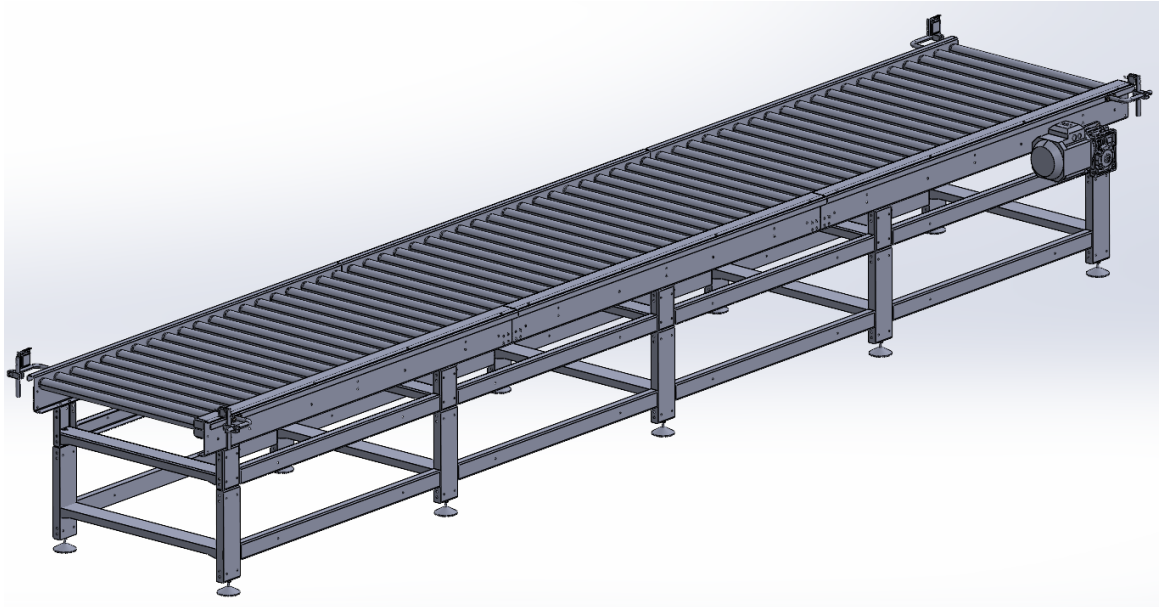


Рис. 2.8 3D-модель приводного роликового конвеєра, що розраховується

Потужність конвеєра:

$$\Pi = \frac{3600}{t} = \frac{3600}{70} = 51,42 = 52 \left(\frac{\text{од.}}{\text{год}} \right) \quad (2.51)$$

Прийmemo швидкість руху вантажу по конвеєру $V_{\text{кон}} = 0,5\text{ м/с}$, кількість вантажів на конвеєрі:

$$z_{\text{кон}} = L_k / (V_{\text{кон}} \cdot t) = \frac{15,8}{0,5 \cdot 70} = 0,46 = 1 \text{ (вант.)} \quad (2.52)$$

Вибираємо ролики діаметром $D = 60\text{ мм}$. Товщина стінки роликів складає 6 мм . Маса обертових частин ролика $m_p = 12\text{ кг}$, діаметр цапфи ролика $d = 40\text{ мм}$; $f = 0,015$; $k = 5 \cdot 10^{-4}\text{ м}$.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крок роликів

$$l_p = \left(\frac{1}{8} \dots \frac{1}{6}\right) l_{\text{під}} = 1/8 * 1200 \dots 1/6 * 1200 = 150 \dots 200 \text{ (мм)} \quad (2.53)$$

де $l_{\text{під}}$ – довжина піддона.

Беремо $l_p = 150$ мм.

Кількість роликів конвеєра

$$z_{\text{р.к.}} = \frac{L_k}{l_p} = \frac{15,8}{0,15} = 105,3 \text{ (шт.)} \quad (2.54)$$

Беремо $z = 106$ шт.

Опір переміщенню вантажу при усталеному русі конвеєра

$$W_c = (zG + z_p G_p) \frac{fd + 2k}{D} \pm zG \sin \beta = (1 \cdot 9810 + 106 \cdot 117,7) \times \\ \times \frac{0,015 \cdot 0,04 + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{0,06} + 0 = 594,29 = 600 \text{ (Н)} \quad (2.55)$$

де G - вага вантажу: $G = mg = 1000 \cdot 9,81 = 9810 \text{ Н}$; G_p вага обертових частин ролика: $G_p = m_p g = 12 \cdot 9,81 = 117,7 \text{ Н}$. Знаки «плюс» і «мінус» відповідно для підймання та опускання вантажу. В нашому випадку конвеєр непохилий [13].

Потужність двигуна:

$$P_p = \frac{W_c V_{\text{кон}}}{10^3 \eta_m} = \frac{400 \cdot 0,5}{10^3 \cdot 0,85} = 0,32 \text{ (кВт)} \quad (2.56)$$

де η_m – ККД конвеєра $\eta_m = 0,85$.

Установлювана потужність:

$$P_0 = 1,2 P_p = 1,2 \cdot 0,32 = 0,39 \text{ (кВт)} \quad (2.57)$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За каталогом вибираємо електродвигун типу 4А - 4АМ80В8 [14]:

$$P = 0,55 \text{ кВт}; \quad n=716 \text{ об/хв} \quad (\omega = 74,94 \text{ рад/с}); \quad I_p = 0,17 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad \frac{M_{\max}}{M_H} = 1,7; \quad \frac{M_{\min}}{M_H} = 1,2.$$

Частота обертання роликів:

$$n_p = \frac{60V_{\text{кон}}}{\pi D} = 60 * \frac{0,5}{3,14 * 0,06} = 160 \text{ (об/хв)} \quad (2.58)$$

Передатне число привідного механізму

$$u_{p.p} = \frac{n}{n_p} = \frac{716}{160} = 4,45 \quad (2.59)$$

Розрахункова потужність, яку передає редуктор,

$$P_{\text{ред}} = k_p P_p = 1,5 \cdot 0,32 = 0,48 \text{ (кВт)} \quad (2.60)$$

де $k_p = 1,5$ якщо привід працює з помірними поштовхами протягом 24 год за добу.

За каталогом вибираємо редуктор NMRV-030-5-B3 з $u_p = 5$ [13].

Тривалість пуску:

$$t_n = \frac{I_{3B}\omega}{M_{\text{п.ср}} - M_{\text{ст.п}}} = \frac{0,435 \cdot 74,94}{83,64 - 40,78} = 0,76 \text{ (с)} \quad (2.61)$$

$$\text{де } I_{3B} = \delta(I_p + I_M) + \frac{m_z R^2}{u_p^2 \eta_M} = 1,2(0,17 + 0,105) + \frac{2470 \cdot 0,03^2}{5^2 \cdot 0,85} = 0,435 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$m_z = 1000 \cdot 2,47 = 2470 \text{ (кг)} \quad (2.62)$$

$$M_{\text{п.ср}} = 1,6M_H = 1,6 \cdot 9550 \frac{0,55}{716} = 83,64 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (2.63)$$

$$M_{\text{ст.п}} = 9550 \frac{P_p \cdot 10^3}{\omega} = 9550 \frac{0,32 \cdot 10^3}{74,94} = 40,78 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (2.64)$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір переміщенню вантажу в період пуску:

$$W_{\Pi} = W_c + \frac{m_z v}{t_{\Pi}} + \frac{\delta I z_p \epsilon_{\text{дв}}}{R u_p} =$$

$$= 600 + \frac{2470 \cdot 0,3}{0,76} + \frac{1,25 \cdot 0,05 \cdot 44 \cdot 98,5}{0,03 \cdot 5} = 3380,8 \text{ (H)} \quad (2.65)$$

де $v = \frac{\pi D n_{p.ф}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,06 \cdot 98,2}{60} = 0,3 \text{ м/с}; I = m_p r^2 = 12 \cdot 0,02^2 = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$

r - відстань від центра обертання до центра ваги, м.

$$\epsilon_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{п.ср}} - M_{\text{ст.п}}}{I_{\text{зв}}} = \frac{83,64 - 40,78}{0,435} = 98,5 \text{ (рад/с}^2\text{)} \quad (2.66)$$

Пробуксовування під час пуску не буде за умови:

$$G \psi \cos \beta \geq W'_{\Pi} \quad (2.67)$$

де $\psi = 0,3$ - коефіцієнт зчеплення роликів з вантажем;

W'_{Π} - опір переміщенню одного вантажу в період пуску:

$$W'_{\Pi} = W'_c + \frac{m v}{t'_{\Pi}} + \frac{\delta I z_p \epsilon'_{\text{дв}}}{R u_p} =$$

$$= 600 + \frac{1000 \cdot 0,3}{0,76} + \frac{1,25 \cdot 0,05 \cdot 106 \cdot 82,2}{0,03 \cdot 5} = 2501 \text{ (H)} \quad (2.68)$$

$$W'_c = (G + z_p G_p) \frac{f d + 2k}{D} + G \sin \beta =$$

$$= (9810 + 106 \cdot 117,7) \frac{0,015 \cdot 0,1 + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{0,06} + 0 = 600 \text{ (H)} \quad (2.69)$$

t'_{Π} тривалість пуску конвеєра з одним вантажем:

$$t'_{\Pi} = \frac{I'_{\text{зв}} \omega}{M_{\text{п.ср}} - M'_{\text{ст.п}}} = \frac{0,37 \cdot 74,94}{83,64 - 59,5} = 0,76 \text{ (с)} \quad (2.70)$$

$$I'_{\text{зв}} = \delta (I_p + I_M) + \frac{m R^2}{u_p^2 \eta_M} = 1,2 (0,17 + 0,105) + \frac{1000 \cdot 0,03^2}{5^2 \cdot 0,85} =$$

$$= 0,37 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)} \quad (2.71)$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M'_{\text{ст.п}} = 9550 \frac{P'_p \cdot 10^3}{\omega} = 9550 \frac{0,21 \cdot 10^3}{74,94} = 59,5 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (2.72)$$

$$P'_p = \frac{W'_c v}{10^3 \eta_M} = \frac{600 \cdot 0,3}{10^3 \cdot 0,85} = 0,21 \text{ (кВт)} \quad (2.73)$$

$$\epsilon'_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{п.ср}} - M'_{\text{ст.п}}}{I'_{\text{зв}}} = \frac{83,64 - 59,5}{0,37} = 82,2 \text{ (рад/с}^2\text{)} \quad (2.74)$$

При коефіцієнті зчеплення роликів з вантажем $\psi = 0,3$ умова $G\psi \cos \beta = 9810 \cdot 0,3 \cos 0^\circ = 2943 > 2501 = W'_\text{п}$ виконується, тобто під час пуску роликового конвеєра пробуксовування не буде.

2.2.8. Статичний розрахунок пневмоциліндрів

Пневматична установка, що направляє (сортує) вантажі, що надходять, являє собою пару пневмоциліндрів однакового типу, діаметру та ходу. Схематичне зображення такого обладнання зображено на рис. 2.9:

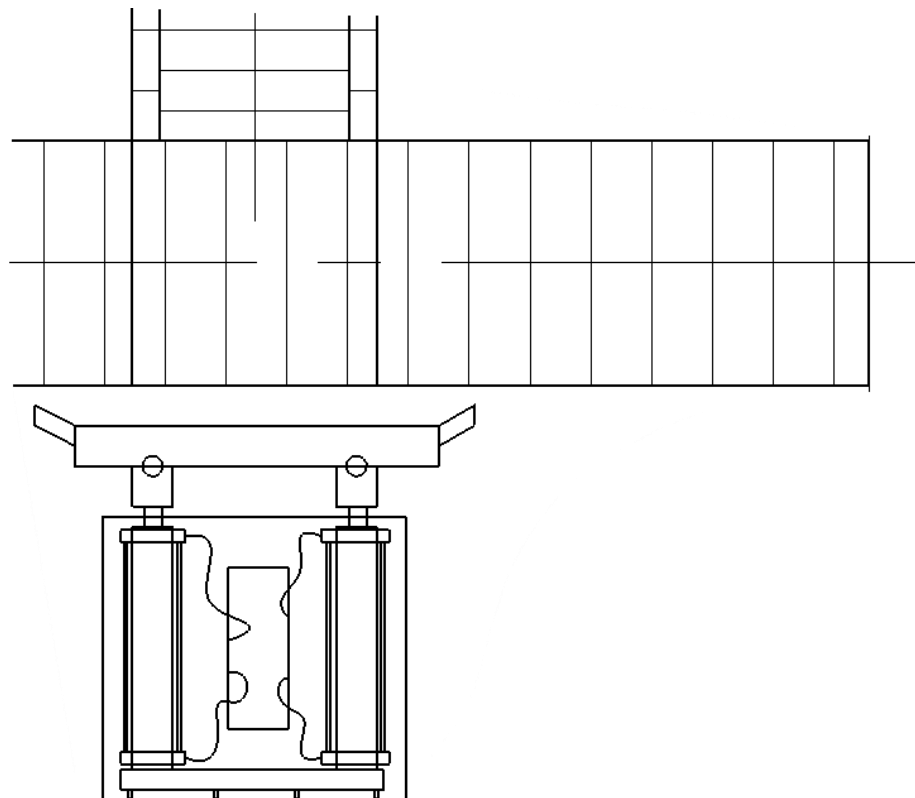


Рис. 2.9 Направляюча пневмоустановка

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Конструктивні розміри пневмоциліндра на стадії проектування пневмосистеми встановлюються статичним розрахунком, при якому знаходять і вибирають внутрішній діаметр циліндра умовного проходу отворів для приєднання трубопроводів.

Вхідні дані для статичного розрахунку: робочий тиск повітря у підвідній лінії $p_m=7$ бар=0,7 МПа, технологічне навантаження $P_T=2,8$ кН, довжина ходу $s=0,6$ м, маса приєднаних до пневмоциліндра рухомих елементів $m_1=8$ кг, положення пневмоциліндра в просторі при роботі - горизонтальна.

Для пневмоциліндрів транспортуючих та інших пристроїв, у яких технологічне навантаження діє на всій довжині ходу або на значній його частині, діаметр циліндра знаходять за розрахунковим значенням безрозмірного параметра навантаження χ_p з наближеним урахуванням сил тертя через коефіцієнт k_t [8]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P_T \pm mg}{p_m \chi_p (1 \pm k_t)}} \quad (2.75)$$

Значення χ_p вибирається залежно від рівня тиску p_m (табл.2.3). Менші значення у рекомендованому діапазоні відповідають більшим діаметрам поршня і більш високим швидкостям спрацьовування пневмоциліндра (через його недовантаження).

Коефіцієнт k_t для пневмоциліндрів з типовими манжетними ущільненнями поршня вибирають залежно від технологічного навантаження p_T (табл.2.4) [8].

Табл.2.3. Значення параметрів навантаження χ_p

p_m	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
χ_p	0,25...0,6	0,3...0,65	0,35...0,7	0,4	0,45..0,888

Табл.2.4. Значення коефіцієнта k_T

P	до 0,6	0,6...6,0	6...25	25...60
k_T	0,5...0,2	0,2...0,12	0,12...0,08	0,08..0,055

Підставимо вхідні параметри:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{2,8 * 10^3 + 8 * 9,81}{0,7 * 0,6(1 - 0,11)}} = 0,099\text{м} = 99 \text{ (мм)} \quad (2.76)$$

Знайдений діаметр потрібно округлити до найближчого значення із нормального ряду діаметрів циліндрів: 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250. 320 мм. Тож остаточно приймаємо $D = 100\text{мм}$.

Діаметр штока:

$$d = (0,25 \dots 0,32)D = 0,29 * 100 = 29 \text{ (мм)} \quad (2.77)$$

Його округляють до найближчого значення, взятого з такого ряду:

10, 12, 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 90мм. Приймаємо $d = 32 \text{ мм}$.

Умовний прохід отворів для приєднання трубопроводів узгоджують з проходами трубопроводів і встановлених на них пневмоапаратів. Приведене співвідношення справедливе при значній довжині ходу поршня пневмоциліндра, але при малих ходах воно дає завищені значення d_y . Тому d_y бажано узгоджувати з очікуваним часом спрацьовування пневмоциліндра. За рекомендаціями для визначення d_y використовуємо таку формулу:

$$d_y = D \sqrt{\frac{s}{w_c t_0}} \quad (2.78)$$

в якій враховуються не тільки габарити пневмоциліндра, але й очікуваний час спрацьовування t_0 і середня швидкість потоку стиснутого повітря в лінії підводу $w_c = 17 \text{ м/с}$ [8].

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Остаточно:

$$d_y = 0,1 \sqrt{\frac{0,6}{17 * 1.5}} = 0,0088\text{м} = 8,8(\text{мм}) \quad (2.79)$$

Приймаємо різьбу К3/8”.

2.2.9. Вибір трубопроводів і пневмоапаратури

Під час статичного розрахунку основного приводу визначили умовний прохід (d_y) приєднувальних отворів. Це значення є ключовим для подальшого вибору трубопроводів, що з'єднують робочі порожнини приводу з пневморозподільником, а також безпосередньо для вибору самого пневморозподільника. Важливо, щоб прохідні перерізи як трубопроводів, так і пневморозподільника відповідали розрахованому значенню d_y , однак, з огляду на обмежений асортимент типорозмірів пневмоапаратури, допускається незначна відмінність умовних проходів. Головна умова – така відмінність не повинна вимагати використання спеціальних приєднувальних елементів під час монтажу, тобто всі компоненти мають бути сумісними без додаткових перехідників [8].

За каталогами [19] підбираємо необхідне обладнання.

Пневмоциліндр двосторонньої дії MetalWork 1213A10600AN:

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

DATA TABLE

CODE (Code)	1213A10600AN
DI (Diameter)	100
TYPE (Type)	Double-acting, cushioned
EX (Execution)	Series 3
HUB (Stroke / mm)	600
HUBST (Rod position / mm)	0
MAT (Material)	C45 chromed rod, aluminium piston rod
SE (Seal)	NBR gasket
VER (Version)	N/A
AC1 (Front accessories)	
AC2 (Rear accessories)	N/A
AC3 (Intermediate accessories)	
AC4 (Left sensors)	N/A
AC5 (Right sensors)	N/A
XV (Model EN position / mm)	0.0
INFO (Catalogue)	Catalogue
PL (/ mm)	20
VD (/ mm)	14.0
A (/ mm)	12
B (/ mm)	55
B1 (/ mm)	49
WH (/ mm)	51
C1 (/ mm)	38
CH1 (/ mm)	22
CH2 (/ mm)	30
CH3 (/ mm)	10
KK (Thread)	M20x1.5
D (/ mm)	25
TG (/ mm)	89.0
VA (/ mm)	4
F (/ mm)	40
EE (Thread)	G1/2
RT (Thread)	M10

TECHNICAL DRAW

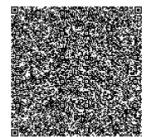
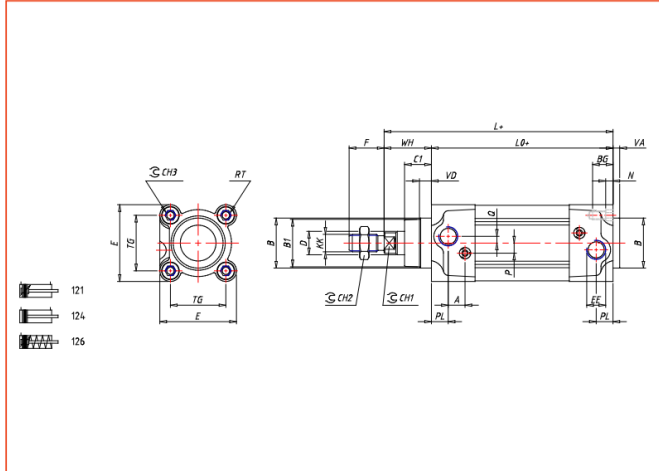


Рис. 2.10 Технічні характеристики пневмоциліндра [19]

Розподільник 5/2 електрокерований підключення 3/8 MetalWork
7040021100:

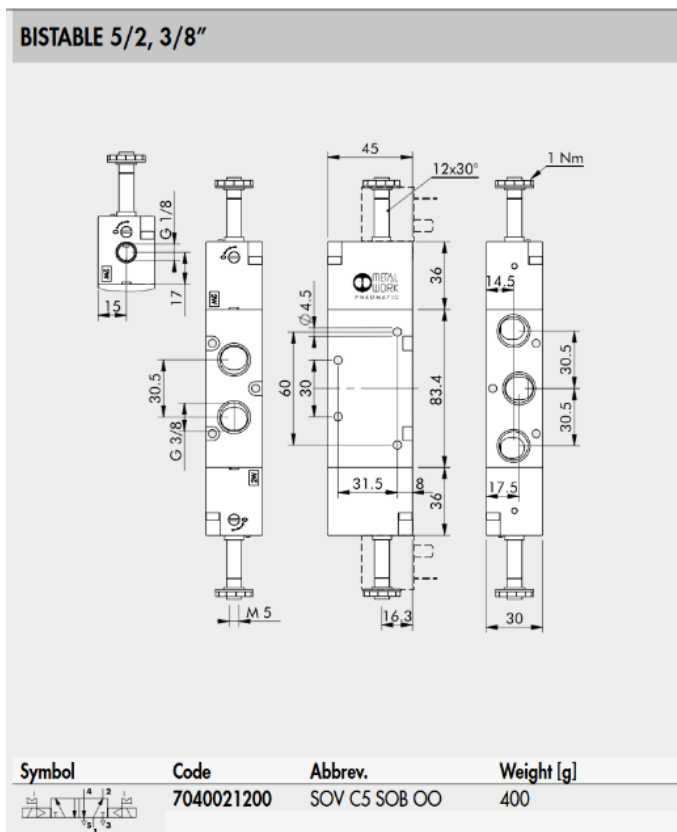


Рис. 2.11 Технічні характеристики розподільника [19]

Котушка з напругою живлення MetalWork 24VDC W0215000101:

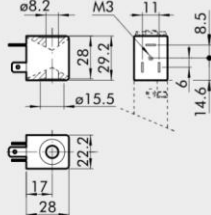
COILS SIDE 22 mm				
		- Voltage tolerance: -10% + 15% - Insulation class: F155 - Degree of protection: IP65 DIN 40050 with connector - Avoid prolonged exposure to atmospheric agents		
		- Coil temperature 100% ED: 55°C at 20°C ambient temperature - According to Atex 2014/34/EU rule, group 2, category 3 GD - Electrical connection DIN 43650 B-IND		
Code	Abbrev.	Nominal voltage	Absorption	
			Inrush	Holding
W0215000151	Coil 22 Ø 8 BA 2W-12VDC	12Vcc	2W	2W
W0215000101	Coil 22 Ø 8 BA 2W-24VDC	24Vcc	2W	2W
W0215000111	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-24VAC	24V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000121	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-110VAC	110V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA
W0215000131	Coil 22 Ø 8 BA 3.5VA-220VAC	220V 50/60Hz	5.3VA	3.5VA

Рис. 2.12 Технічні характеристики котушки [19]

Дросель зі зворотнім клапаном Metal Work RFLLU 9041316.

Глушник пневматичний латунний MetalWork W0970530004:

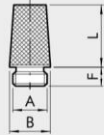
SILENCER MW SC						
	Materials:	Code	A	B ±0.2	F	L ±3%
	Nickel-plated brass	W0970530001	M5	6	4.5 ±0.5	10
	Sintered nickel-plated bronze	W0970530002	G 1/8	12	6 ±0.5	15
		W0970530003	G 1/4	15	6.7 ±0.5	19
		W0970530004	G 3/8	19	8.5 ±0.5	28.5
		W0970530005	G 1/2	23	8.7 ±0.5	33
		W0970530006	G 3/4	29	11 ±1	40.5
Features:		W0970530007	G 1	36	11.5 ±1	50.5
Pmax: 12 bar						
Temp.: -10°C - +80°C						

Рис. 2.13 Технічні характеристики глушника [19]

Фітинг кутовий цанговий 3/8 під трубку 12 мм зовнішній діаметр 2L34016:

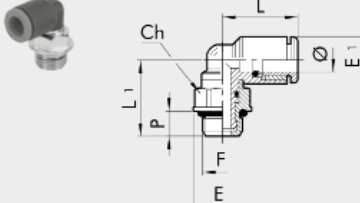
ROTARY ELBOW, MALE, TECHNOPOLYMER (R34)										
	Code	Ref.	Ø	F	Ch	P	L	L1	E	E1
	2L34001	RL34	4	M5	8	4	16.4	15.2	9	9.2
	2L34020	RL34	4	M7	8	5	16.4	16.2	9.8	9.2
	2L34002	RL34	4	1/8	12	6	16.4	17.2	14	9.2
	2L34003	RL34	4	1/4	14	8	16.4	20.1	18	9.2
	2L34006	RL34	6	M5	8	4	18	16.3	9	11.3
	2L34021	RL34	6	M7	9	5	19	17.5	9.9	11.3
	2L34007	RL34	6	1/8	12	6	19	18.3	14	11.3
	2L34008	RL34	6	1/4	14	8	19	21.2	18	11.3
	2L34009	RL34	8	1/8	12	6	20.2	19.5	14	13.8
	2L34010	RL34	8	1/4	14	8	20.2	22.4	18	13.8
	2L34011	RL34	8	3/8	17	9	20.2	24.4	22	13.8
	2L34013	RL34	10	1/4	14	8	23.3	23.5	18	16
	2L34014	RL34	10	3/8	17	9	23.3	25.6	22	16
	2L34016	RL34	12	3/8	17	9	25.2	27.3	22	19.5
	2L34017	RL34	12	1/2	19	11	25.2	30.3	26	19.5

Рис. 2.14 Технічні характеристики фітінгу [19]

Пневматична трубка поліамідна PA12 з температурним діапазоном від -40° С до +80° С.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Логічні команди керування пневмосистемою

Логічні команди керування відіграють значиму роль у забезпеченні ефективної та безпечної роботи гідро- чи пневмосистеми. Ці команди представляють собою набір інструкцій, які визначають послідовність і умови спрацювання різних компонентів.

Для ефективної організації складського зберігання, особливо коли йдеться про палетовані вантажі, необхідно враховувати їхню класифікацію. Відомо, що на склад надходять різні види товарів на палетах, які доцільно розділити на чотири основні типи. Розміщення цих типів вантажів на різних стелажах є важливою складовою оптимізації складських процесів.

Основними причинами та ймовірними характеристиками можуть бути, наприклад, швидко обертові товари (з англ. Fast-Moving Consumer Goods - FMCG), які мають високу оборотність та їх постійно відвантажують і поповнюють; повільно обертові або сезонні товари, попит на які не є регулярним; небезпечні або крихкі вантажі тощо. Тож доцільно створити автоматизовану систему сортування вантажів, що надходять.

Перш за все необхідно визначити тип товару, що прибуває на склад. Існує кілька методів ідентифікації, але найпоширенішим є зберігання серійного номера, що ідентифікує об'єкт, і, можливо, іншої інформації, на мікрочипі, який прикріплений до антени (чип і антена разом називаються RFID-транспондером або RFID-міткою (рис. 2.15). Антена дозволяє чипу передавати ідентифікаційну інформацію на зчитувач. Зчитувач перетворює радіохвилі, відбиті від RFID-мітки, на цифрову інформацію, яку потім можна передати на комп'ютери, які можуть її використовувати. При наближенні скануючого пристрою відбувається індуктивна або радіохвильова активація мітки (також називають тегом), внаслідок чого передаються дані, які надалі обробляються програмним забезпеченням (часто інтегрованим у WMS – систему управління складом).

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.15 Приклад вигляду RFID-мітки [15]

Окрема ніша використання цієї технології – механотронні системи. RFID-теги стануть у нагоді при відстежуванні положення товару на сортувальній чи розподільчій лінії, а також в інших автоматизованих процесах. Замість звичних фізичних, оптичних, ємнісних датчиків потрібен буде лише зчитувач/приймач для міток, що унеможливить відсутність видимості об'єкту. Також, з їх допомогою значно зросте енергоефективність, адже, до прикладу, конвеєр, що очікує на прибуття товару почне працювати лише тоді, коли товар з RFID-міткою потрапить у зону "відповідальності" та буде наближатися до стрічки. Коли ж більше об'єктів надходити не буде, конвеєр автоматично, без втручання людини, припинить роботу. Звичайно, RFID-маркери не підійдуть для точного визначення місцезнаходження товару у просторі, але в умовах роботи складу чи сортувального терміналу вже добре себе зарекомендували [15].

Для ідентифікації та відстеження потоків товарів використовуємо стаціонарний RFID-зчитувач УВЧ-діапазону Zebra OneCare FX9600 [16].

Після потрапляння вантажу на конвеєрну стрічку необхідно фіксувати, коли товар проходить розподільчі ділянки, для цього використовуємо дифузний оптичний датчик з придушенням фону (з англ. Background suppression – BGS) Optex-FA Z/BGS-Z [17].

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Положення штоків пневмоциліндрів фіксується герконами T7 SQU [17], що встановлені безпосередньо на обраному циліндрі, та доволі точно визначають, шток втягнуто чи витягнуто.

Керуватись система буде за допомогою програмованого логічного контролера (ПЛК) Festo CMMO-ST-C5-1-LKP [18]. Використання ПЛК надасть змогу фіксувати та «запам'ятовувати» сигнали з датчиків за допомогою прапорів (елементів пам'яті), а також затримувати сигнал завдяки таймерам. Звісно, завдяки ПЛК також зросте ефективність контролю роботи всієї системи, а також вантажопотік та можливі збої, що можуть виникнути у надзвичайних чи екстремальних ситуаціях.

Перейдемо до написання керуючих команд. З технічної характеристики контролера відомо, що він підтримує мови програмування LD (Ladder Diagram) та STL (Statement List).

Перед початком програмування, внесемо усі необхідні сигнали, як вхідні, так і вихідні до Allocation List (рис. 2.16):

Operand	Symbol	Comment
00.0	DV	DVYGUN KONVEERA
00.1	DVR	DVYGUN KONVEERA REVERSE
01.0	Y1	ZYL 1 SET
01.1	YN1	ZYL 1 RESET
01.2	Y2	ZYL 2 SET
01.3	YN2	ZYL 2 RESET
01.4	Y3	ZYL 3 SET
01.5	YN3	ZYL 3 RESET
01.6	Y4	ZYL 4 SET
01.7	YN4	ZYL 4 RESET
01.8	Y1S	ZYL 1' SET
01.9	YN1S	ZYL 1' RESET
01.10	Y2S	ZYL 2' SET
01.11	YN2S	ZYL 2' RESET
01.12	Y3S	ZYL 3' SET
01.13	YN3S	ZYL 3' RESET
01.14	Y4S	ZYL 4' SET
01.15	YN4S	ZYL 4' RESET
I0.0	STOP	KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
I0.1	START1	START AVTO
I0.2	START2	START RUCHNYI
I0.3	START3	START AVTO REVERSE
I0.4	START4	START RUCHNYI REVERSE
I1.0	W1	WANTAZH 1GO TYPY
I1.1	W2	WANTAZH 2GO TYPY
I1.2	W3	WANTAZH 3GO TYPY
I1.3	W4	WANTAZH 4GO TYPY
I2.0	D1	DATCHIK POLOZHENNYA 1
I2.1	D2	DATCHIK POLOZHENNYA 2
I2.2	D3	DATCHIK POLOZHENNYA 3
I2.3	D4	DATCHIK POLOZHENNYA 4
I2.4	D1S	DATCHIK POLOZHENNYA 1'
I2.5	D2S	DATCHIK POLOZHENNYA 2'
I2.6	D3S	DATCHIK POLOZHENNYA 3'
I2.7	D4S	DATCHIK POLOZHENNYA 4'
I3.0	XN1	STOCK 1 VTIAGNUTO
I3.1	X1	STOCK 1 VYSUNUTO
I3.2	XN2	STOCK 2 VTIAGNUTO
I3.3	X2	STOCK 2 VYSUNUTO
I3.4	XN3	STOCK 3 VTIAGNUTO
I3.5	X3	STOCK 3 VYSUNUTO
I3.6	XN4	STOCK 4 VTIAGNUTO
I3.7	X4	STOCK 4 VYSUNUTO
I3.8	XN1S	STOCK 1' VTIAGNUTO
I3.9	X1S	STOCK 1' VYSUNUTO
I3.10	XN2S	STOCK 2' VTIAGNUTO
I3.11	X2S	STOCK 2' VYSUNUTO
I3.12	XN3S	STOCK 3' VTIAGNUTO
I3.13	X3S	STOCK 3' VYSUNUTO
I3.14	XN4S	STOCK 4' VTIAGNUTO
I3.15	X4S	STOCK 4' VYSUNUTO
O0.0	EP	EL PAM DVYGUNA
O0.1	EPR	EL PAM DVYGUNA REVERSE
O1.0	EPW1	EL PAM W1
O1.1	EPW2	EL PAM W2
O1.2	EPW3	EL PAM W3
O1.3	EPW4	EL PAM W4
O2.0	EPT0	EL PAM T0
O2.1	EPT1	EL PAM T1
O2.2	EPT2	EL PAM T2
O2.3	EPT3	EL PAM T3
O3.0	TIMER1	TIMER 1GO ZYLINDRU
O3.1	TIMER2	TIMER 2GO ZYL
O3.2	TIMER3	TIMER 3GO ZYL
O3.3	TIMER4	TIMER 4GO ZYL

Рис. 2.16 Прапори, таймери, Input та Output сигнали, що внесені до Allocation List

По приїзді вагонів або вантажівок з вантажами відчиняються двері приймальної ділянки складу та дають сигнал після повного відкриття. Цей сигнал можна використати в якості «триггеру» або «стимулу» для запуску роботи приводу роликового конвеєра. Так як більшість товарів прибуває до дільниці залізничним шляхом, призначимо, що за відкриття дверей до фронту розвантаження вагону (сигнал START1 – «START AVTO») вмикається прямий хід електродвигуну (DV). За відкриття дверей фронту розвантаження авто-транспорту (сигнал START3 – «START AVTO REVERSE») – реверсивний (DVR).

Слід передбачити можливість ручного контролю запуску приводу, а також можливість екстреної зупинки у разі небезпеки чи некоректній роботі системи. На діаграмі це буде сигнал з кнопки з фіксацією START2 (START RUCHNYI) та START4 (START RUCHNYI REVERSE). Так само і для екстреної зупинки використаємо кнопку з фіксацією та сигналом STOP (KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY) (далі коментарі до символічних операндів див. у Allocation List на рис. 2.16), але зазначимо у рядку, що для запуску та роботи потрібен саме сигнал «нуль» або «не» з кнопки, тобто, коли вона не нажата, а фізична кнопка старту затиснена або отримали сигнал з дверей, запрацює електродвигун. Коли ж кнопка стоп затиснута – робота приводу припиниться.

Також важливо унеможливити некоректне спрацювання електродвигуна при одночасно наявних сигналів як на прямий хід, так і на реверс. Для цього вносимо сигнали START3, START4 та START1, START2 з позначкою «не» до ланцюга прямого та реверсивного ходу відповідно.

Одночасно з електродвигуном вмикається прапор EP, що відповідає елементу пам'яті спрацювання та роботі двигуна та буде слугувати у наступних рядках команд керування. Для реверсу – прапор EPR (рис. 2.17).

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

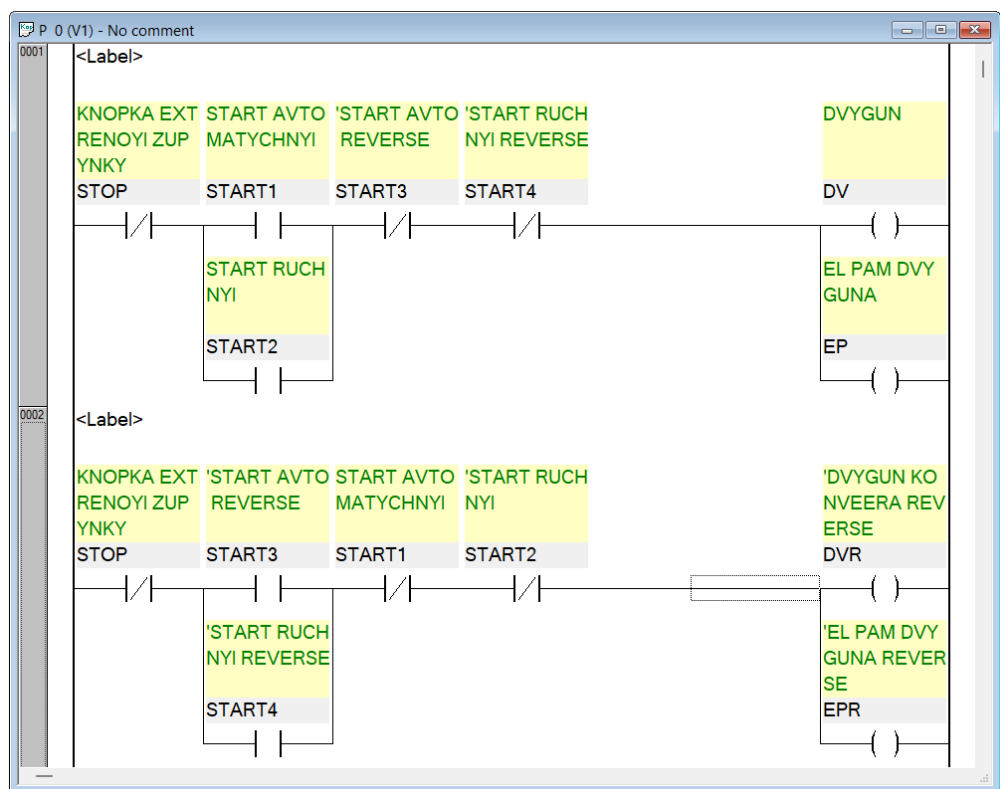


Рис. 2.17 Елемент коду спрацювання приводу конвеєра

Мовою STL:

```

IF      N      STOP      "--ZAPUSK/ZUPYNKA SYSTEMY--"
      AND      (      START1      'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
      OR      START2      'START AVTO
      AND      N      START3      'START RUCHNYI
      AND      N      START4      'START AVTO REVERSE
THEN    SET      DV          'START RUCHNYI REVERSE
      SET      EP          'DVGUN KONVEERA
IF      STOP      'DVGUN KONVEERA
      OR      ( N      START1      'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
      AND      N      START2      'START AVTO
      OR      START3      'START RUCHNYI
      OR      START4      'START AVTO REVERSE
THEN    RESET    DV          'START RUCHNYI REVERSE
      RESET    EP          'DVGUN KONVEERA
IF      STOP      'EL PAM DVGUNA
      AND      ( N      START3      'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
      OR      START4      'START AVTO REVERSE
      AND      N      START1      'START RUCHNYI REVERSE
      AND      N      START2      'START AVTO
THEN    SET      DVR         'DVGUN KONVEERA REVERSE
      SET      EPR         'EL PAM DVGUNA REVERSE
IF      STOP      'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
      OR      ( N      START3      'START AVTO REVERSE
      AND      N      START4      'START RUCHNYI REVERSE
      OR      START1      'START AVTO
      OR      START2      'START RUCHNYI
THEN    RESET    DVR         'DVGUN KONVEERA REVERSE
      RESET    EPR         'EL PAM DVGUNA REVERSE

```

Завдяки маркуванню вантажів, що надходять до сортувальної дільниці, RFID-маркерами, можемо ідентифікувати тип товару навіть до його потрапляння на конвеєр. Широкий радіус дії сигналу пасивної мітки дає змогу отримати інформацію про товар в момент проходження навантажувача через прохід до фронту розвантаження. Для прикладу припустимо, що на склад приїхав товар умовного «першого» типу. Отриманий сигнал W1 з RFID-зчитувача, фіксується для подальшого використання прапором EPW1 (рис. 2.18).

Коли вантаж потрапить на рольганг, його положення можна буде фіксувати з допомогою оптичних датчиків, що встановлені на бортах конвеєра. Так як товар, що розглядається, належить до першого типу, необхідно зафіксувати сигнал з датчика D1 або D1', що відповідає за першу ділянку сортування (дублюються датчики через варіативність фронтів надходження, тож фіксувати положення вантажу на стрічці варто з кожної сторони). Разом із ним, для подальшого спрацювання пневмоприводів необхідна наявність попередніх зазначених факторів таких як робота електродвигуна конвеєра (EP або EPR) та сигнал-ідентифікатор товару (EPW1).

Ланцюг послідовних сигналів, що представляють собою логічне множення, необхідно затримати таймером T0, адже пневмоциліндри повинні виконувати корисну роботу по прибутті вантажу безпосередньо перед ними. Враховуючи зазначену раніше середню швидкість переміщення об'єктів по конвеєру ($V=0,5$ м/с) та габарити вантажу (1200 мм) приймаємо затримку ~ 3 с. Задля виключення самовмикання таймера додаємо в ланцюг сигнал, що свідчить про неактивність таймеру, а також, паралельно з ним, вмикається прапор EPT0, фіксуючий початок затримки добутку сигналів (рис. 2.18). Коли час на таймері сплине, то елемент пам'яті залишиться активним, що використаємо у наступній строчці коду вже безпосередньо для спрацювання пневмоприводу.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

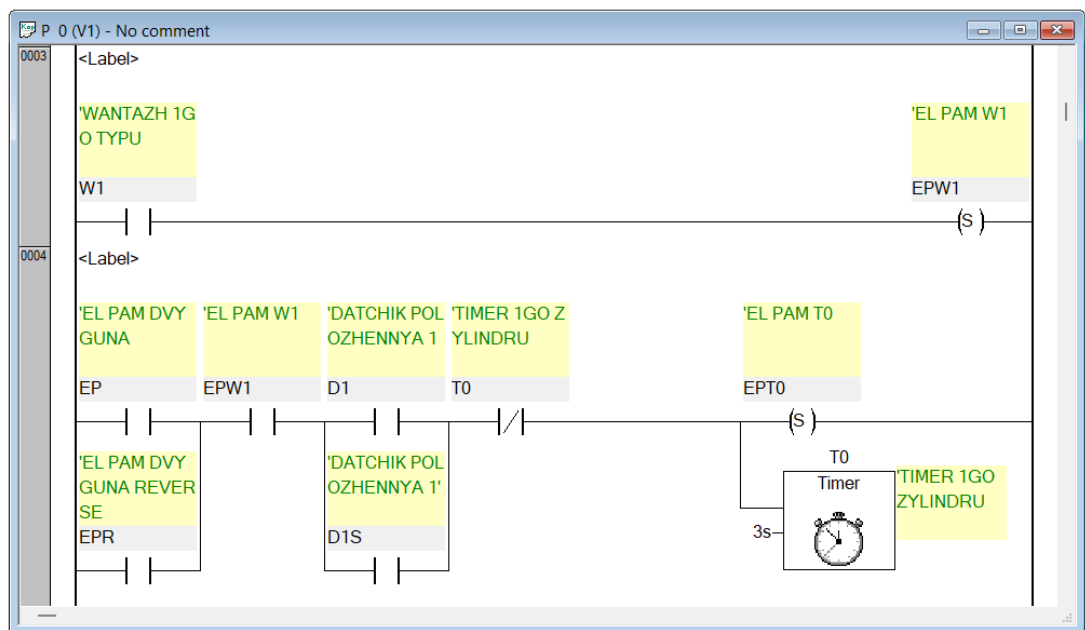


Рис. 2.18 Елемент коду спрацювання таймеру затримки сигналу

Мовою STL:

```

IF                                W1                                "DLIA 1GO TYPY WANTAZHU"
THEN SET                          EPW1                             'WANTAZH 1GO TYPY
IF                                ( EP                                'EL PAM W1
    OR                            EPR                                'EL PAM DVYGUNA
    AND                            EPW1                             'EL PAM DVYGUNA REVERSE
    AND                            ( D1                                'EL PAM W1
    OR                            D1S                                'DATCHIK POLOZHENNYA 1
    AND                            T0                                'DATCHIK POLOZHENNYA 1'
    AND                            N T0                             'TIMER 1GO ZYLINDRU
THEN SET                          EPT0                             'EL PAM T0
    SET                            T0                                'TIMER 1GO ZYLINDRU
    WITH                          3s

```

Отже, для спрацювання пари пневмоциліндрів Y1 та Y1s в ланцюг логічного добутку запишемо сигнали XN1 та XN1s з герконів, що свідчать про те, що штоки циліндрів втягнуто, прапор EPT0 та сигнал про неактивний стан таймера T0 після затримки попередніх сигналів. Так як у системі використовується циліндри двосторонньої дії задля коректної роботи треба одночасно з поданням сигналу на перемикання розподільників у стан SET для Y1 та Y1s подати сигнал RESET для YN1 та YN1s (рис. 2.19).

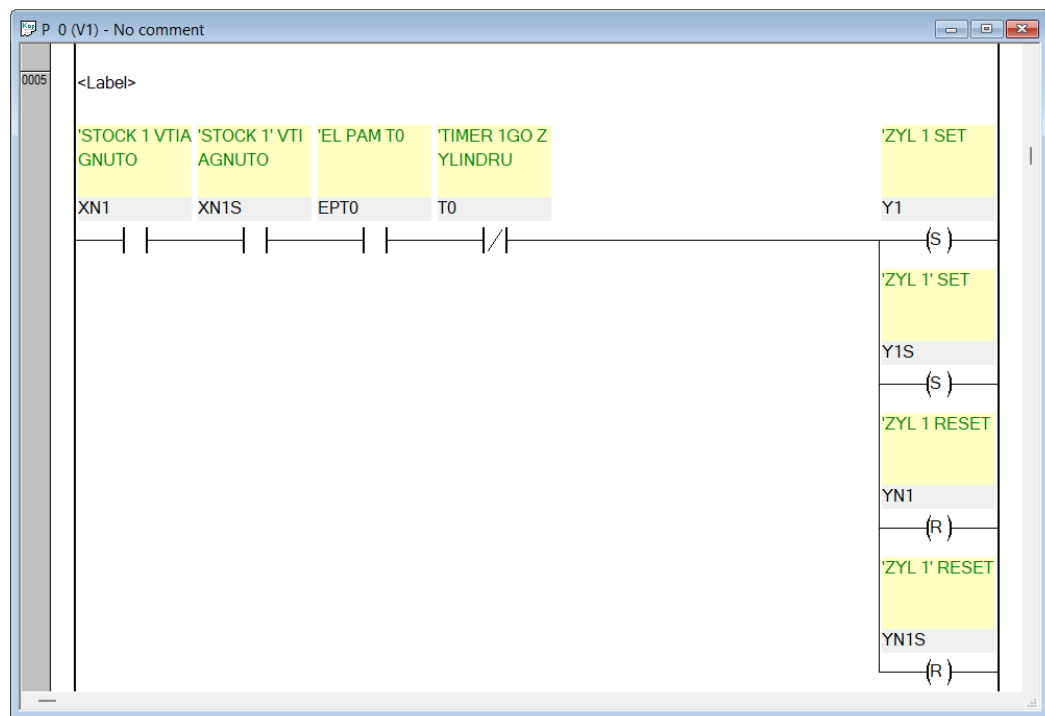


Рис. 2.19 Елемент коду спрацювання пневмоприводів на прямий хід

Мовою STL:

```

IF
    AND
        AND
            AND
                N
                    THEN
                        SET
                            SET
                                RESET
                                    RESET
                                        XN1
                                            XN1S
                                                EPT0
                                                    T0
                                                        'STOCK 1 VTIAGNUTO
                                                            'STOCK 1' VTIAGNUTO
                                                                'EL PAM T0
                                                                    'TIMER 1GO ZYLINDRU
                                                                        'ZYL 1 SET
                                                                            'ZYL 1' SET
                                                                                'ZYL 1 RESET
                                                                                    'ZYL 1' RESET

```

Одразу після спрацювання та виконання основної дії, а саме направлення вантажу на накопичувач прийому, штоки циліндрів повинні повернутися у вихідне положення, тож для цього у команду запишемо добуток сигналів X1 та X1s, що свідчать про те, що штоки витягнуто. Разом з ними паралельно вносимо як елемент логічної суми сигнал з кнопки STOP, щоб у разі надзвичайної ситуації після її натиску штоки циліндрів поверталися у вихідне положення. Аналогічно з основною дією разом з сигналами SET на розподільники для YN1 та YN1s подаємо RESET для Y1 та Y1s. Але тепер разом з ними також вимикаємо прапори EPW1 та EPT0, адже їх основне призначення вже виконано і вони можуть заважати у подальших операціях (рис. 2.20).

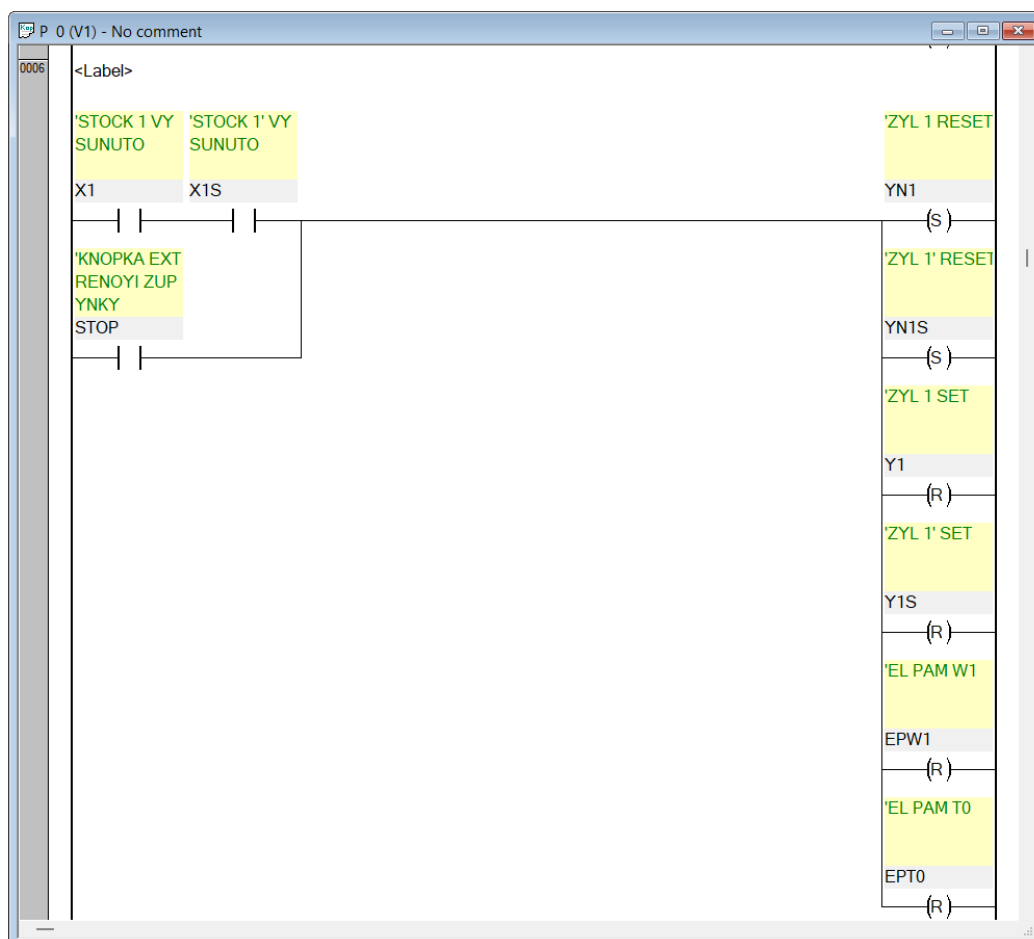


Рис. 2.20 Елемент коду спрацювання пневмоприводів на зворотній хід

Мовою STL:

```

IF      (      X1      'STOCK 1 VYSUNUTO
      AND      X1S      )  'STOCK 1' VYSUNUTO
      OR      STOP      'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
THEN SET      YN1      'ZYL 1 RESET
      SET      YN1S     'ZYL 1' RESET
      RESET    Y1       'ZYL 1 SET
      RESET    Y1S     'ZYL 1' SET
      RESET    EPW1     'EL PAM W1
      RESET    EPT0     'EL PAM T0

```

Таким чином, розглянуто логічні команди керування приводами у випадку надходження на складську ділянку товару умовного «першого» типу. Для наступних типів вантажів, а саме другого, третього та четвертого, логічні команди будуть складені за аналогічним алгоритмом з відмінностями лише у нумерації відповідних датчиків та приводів.

Після написання програми перевіримо її на наявність помилок чи зауважень:

Електрична частина схеми з використанням ПЛК, кнопок та різних типів датчиків буде виглядати наступним чином:

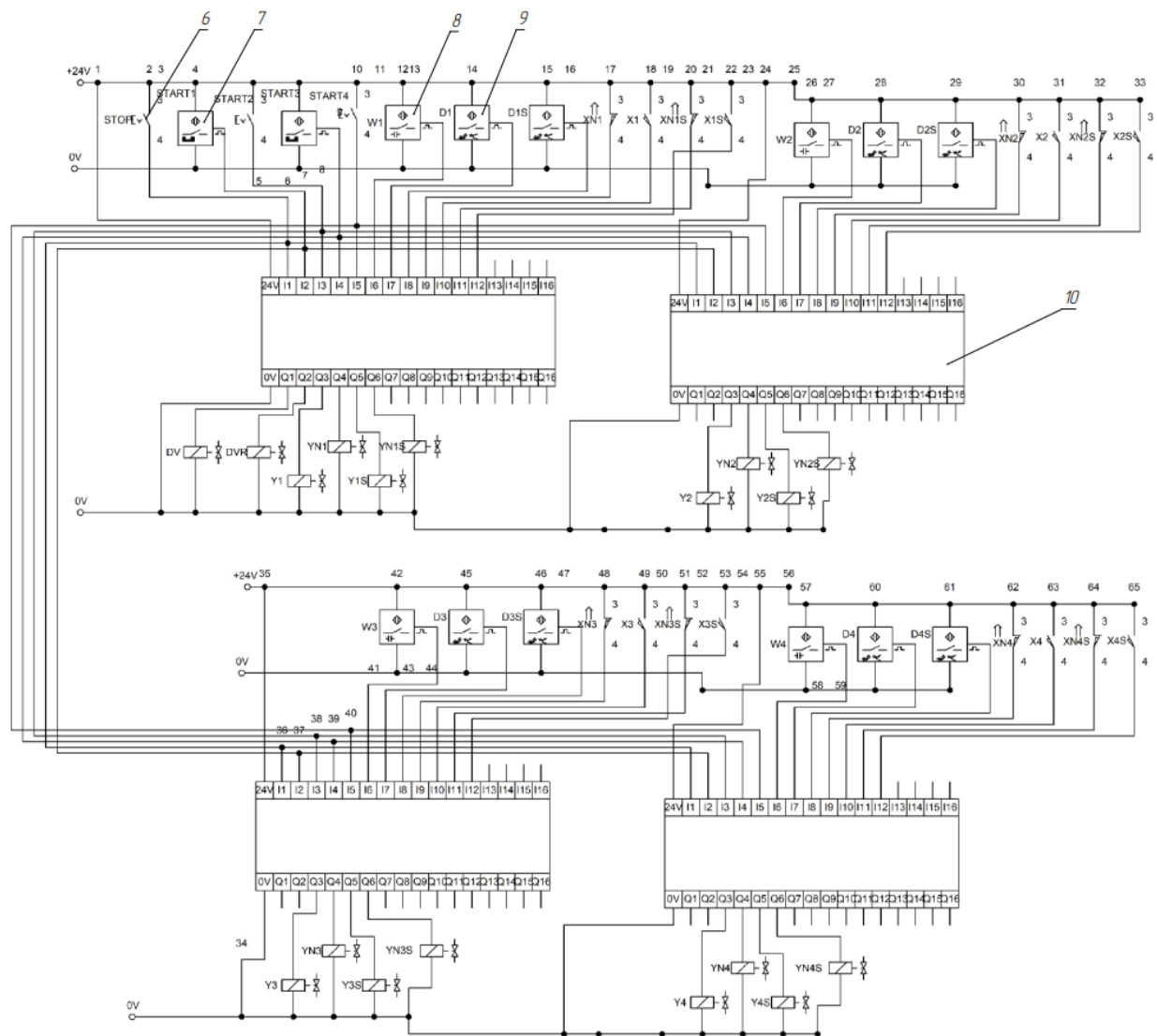


Рис. 2.23 Електрична схема з ПЛК: 6 – кнопка з фіксацією; 7 – датчик положення магнітний; 8 – RFID-зчитувач; 9 – датчик положення оптичний

Команди, для програмованого логічного контролера записуються так:

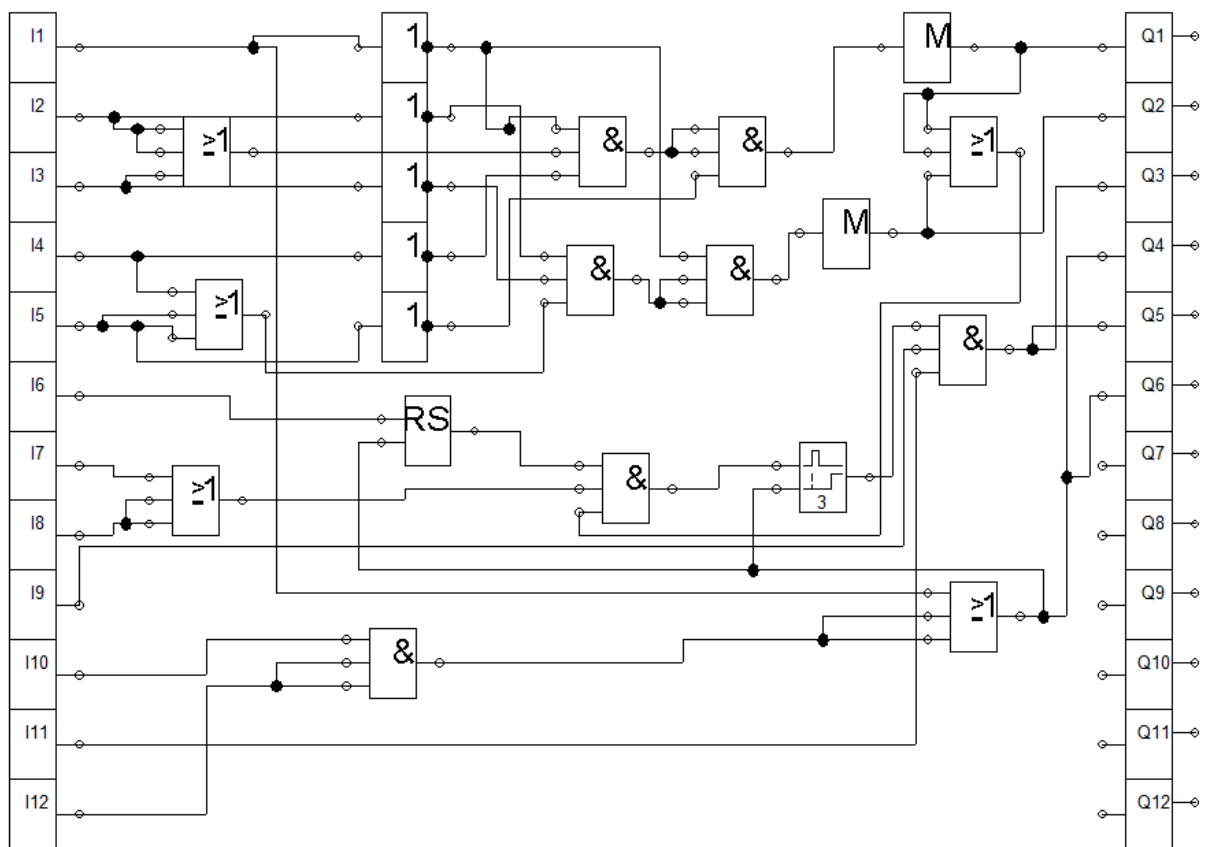


Рис. 2.24 Команди логічного контролера

Після складання принципової електропневматичної схеми була проведена перевірка на помилки та зауваження, яка показала, що схема складена коректно. Після цього була проведена симуляція (рис. 2.25) з наочною видимістю того, яким чином та за яким алгоритмом буде працювати спроектована система сортування товарів, що надходять.

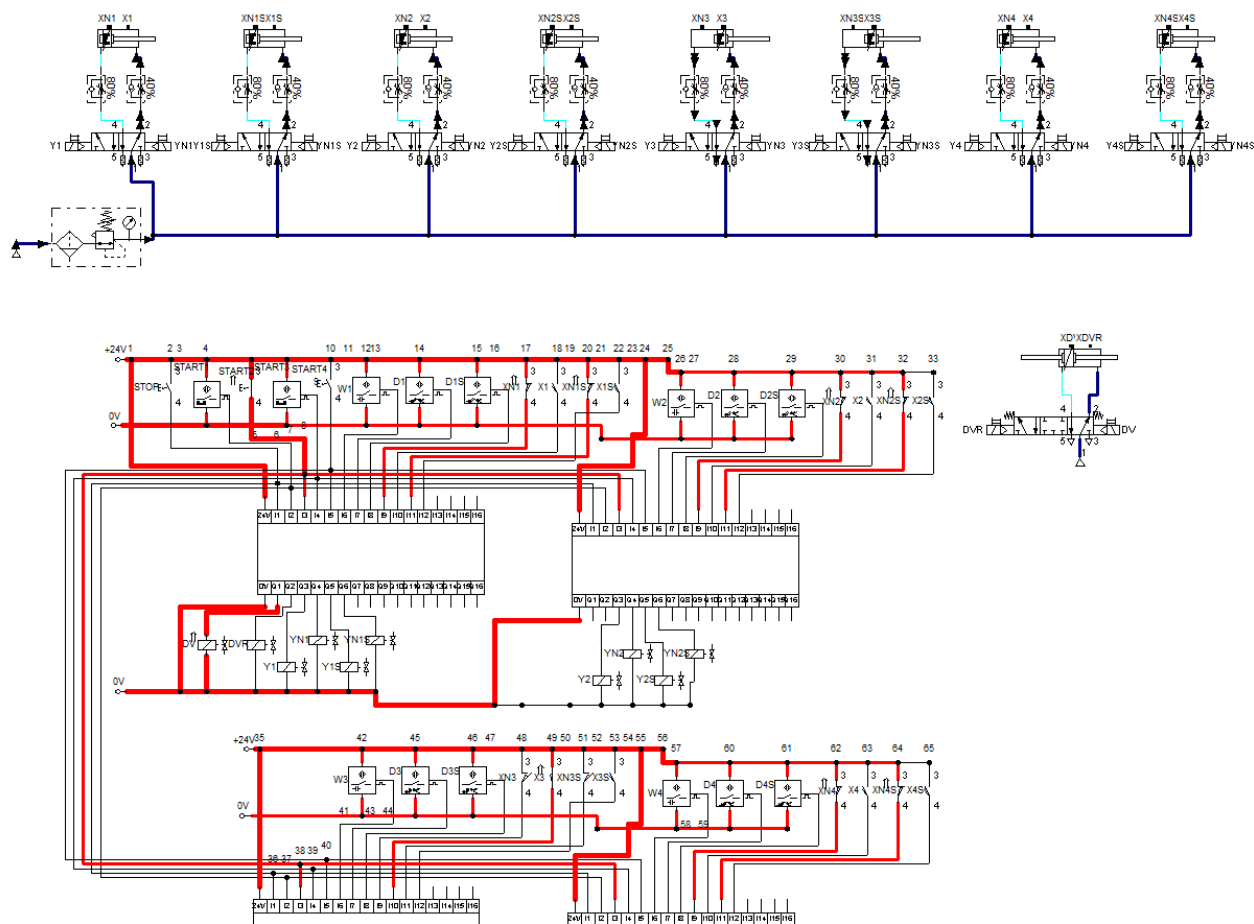


Рис. 2.25 Симуляція роботи автоматизованої сортувальної станції

Висновок до розділу 2

За ходом розробки проекту автоматизованої складської дільниці були детально опрацьовані більшість ключових аспектів, необхідних для успішного впровадження сучасної логістичної системи. Визначені оптимальні технічні рішення, включаючи вибір та проектування обладнання (крани-штабелери, конвеєри, сортувальні установки). Проведена симуляція роботи запропонованого проекту, яка показала його працездатність. Розроблена архітектура програмного забезпечення дозволить ефективно керувати вантажопотоком, забезпечуючи повну видимість та контроль вантажів, що надходять до складу. Реалізація розробленого проекту забезпечить суттєвий економічний ефект за рахунок скорочення операційних витрат пов'язаних з ручною працею, зменшення втрат та пошкоджень товарів, а також оптимізацію використання складських площ.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Розділ 3. Технологія машинобудування

У цьому розділі проведено аналіз конструкції деталі та розробка повного, економічно обґрунтованого технологічного процесу для її виготовлення. Як об'єкт дослідження було обрано деталь «Вісь» – важливий компонент роликового конвеєра, що працює в умовах постійних навантажень і вимагає високої точності обробки на посадкових поверхнях під підшипники. Робота охоплює всі етапи технологічної підготовки виробництва: від вибору оптимального методу отримання заготовки та розрахунку її вартості, до розробки детального маршруту обробки на металорізальних верстатах, включаючи операції точіння, фрезерування та шліфування для досягнення фінальних параметрів точності.

3.1. Завдання на розробку технологічного процесу

Назва деталі: «Вісь» (рис. 3.1)

Службове призначення: деталь є елементом конструкції ролика конвеєра. Застосовується в конвеєрних системах для транспортування сипучих і штучних вантажів у гірничодобувній, будівельній, сільськогосподарській, харчовій та інших галузях промисловості. Забезпечує обертання ролика на підшипниках, сприймає навантаження та передає його на несучі конструкції конвеєра.

Матеріал: сталь 45.

Замовлення: 500 шт.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

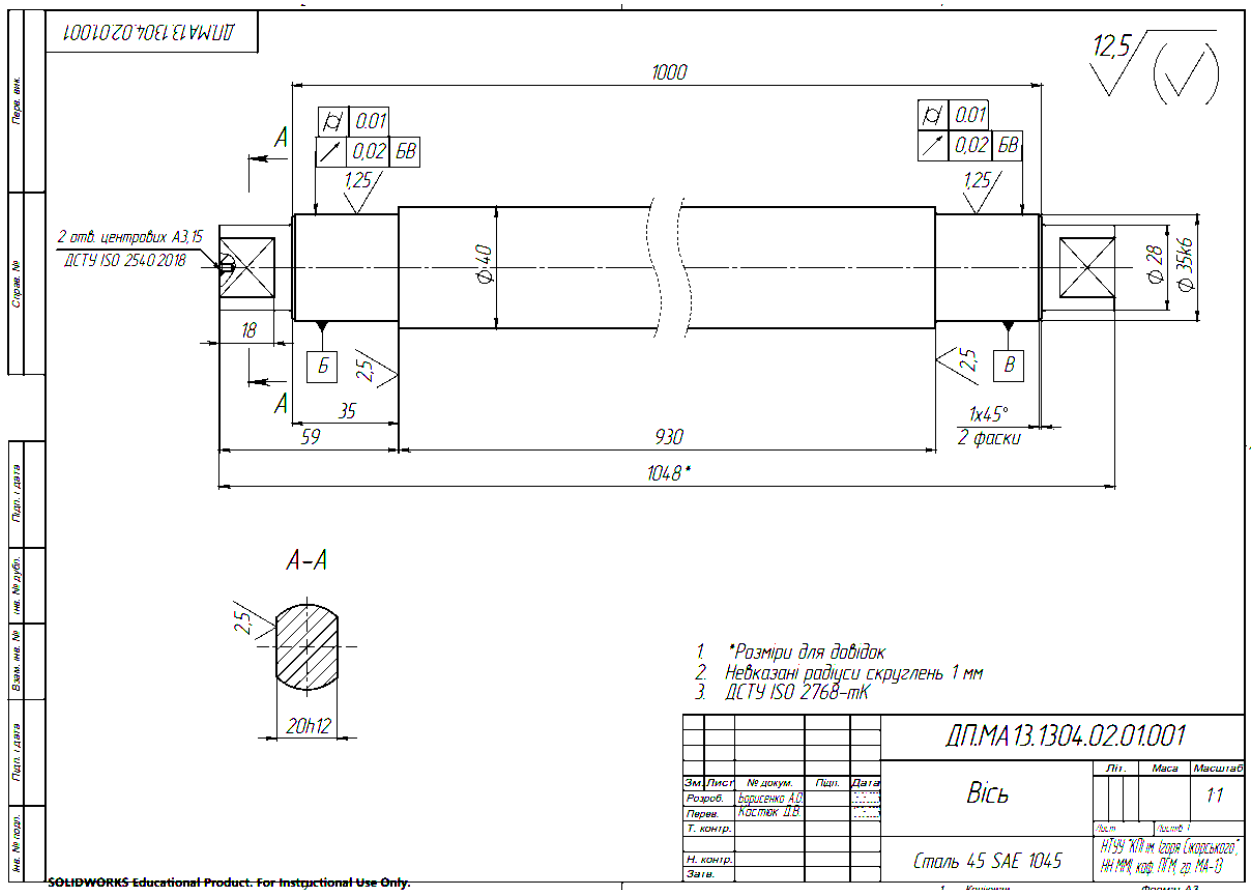


Рисунок 3.1 – Креслення деталі «Вісь»

При обробці даної деталі необхідно забезпечити співвісність усіх циліндричних поверхонь відповідно до вказаних допусків. Посадкові місця під підшипники Ø35k6 повинні відповідати 6-му квалітету точності для забезпечення надійної фіксації підшипників.

Шорсткість поверхонь повинна відповідати наступним вимогам:

- посадкові поверхні Ø35k6 – Ra 1,25 мкм для забезпечення точності посадки підшипників;
- центральна частина Ø40 та з кінців валу Ø28 та всі інші оброблювані поверхні – Ra 12,5 мкм, оскільки не є функціональною посадковою поверхнею;
- фаски 1×45° повинні бути рівномірно оброблені для зняття задирок та задля більш легкого встановлення підшипників. Допуски на геометричну точність повинні забезпечувати відповідність вимогам креслення, зокрема, допуски циліндричності та торцевого і радіального биття.

3.2. Вибір заготовки

При виборі методу отримання заготовки в першу чергу враховують матеріал деталі, тип виробництва, якість поверхонь заготовки та її точність, а також можливості наявного обладнання. В нашому випадку найдоцільнішим є метод отримання заготовки з круглого прокату. Оскільки центральна (найтовща) частина вісі діаметр якої складає Ø40 мм не бере участь у з'єднанні з іншими елементами, доцільно обирати круглий прокат діаметром Ø42 мм. Звернемося до сайту, що надає послуги з прокатних профілів [25].

Підбираємо прут з такими характеристиками:

Круг сталевий 42 (ст.45) - купити зі складу в Києві



ОПИС **ХАРАКТЕРИСТИКИ** **ПОСЛУГИ** **ВІДГУКИ**

Стандарт:
Марки: SAE 1045
11.501
Ціна 1 погонного метра (роздр.): 457.52 грн
Довжина/розкрій: 6.05

☆☆☆☆☆ [Всього відгуків: 0](#) - [Написати відгук](#)

✓ **В НАЯВНОСТІ**
• Модель: Ц00000002873

2768.01 грн
44 205.00 грн/т 457.52 грн/м

📍 **Адреса:**
Максимальна кількість товару на складі:
Саперно-Слобідський проїзд, 4, м.Київ
[схема проїзду](#)

🕒 **Графік:**
Самовивіз доступний з 8:00 понеділка

ОСНОВНІ

Довжина макс.	5950
Довжина	6050
Діаметр	42
ГОСТ	2590
Марка	SAE 1045/45

Рис. 3.2 Характеристики прута від виробника

Вартість одного прута складає 2768.01 грн. Його довжина – 6.05 м, а маса – 62.62 кг. Довжина необхідного нам виробу складає 1048 мм, тобто с одного

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

прута отримаємо 5 одиниць виробу. Необхідна кількість – 500 одиниць, отже необхідно замовити у виробника $500/5=100$ одиниць товару «Круг сталевий 42 (ст.45)».

Загальна вартість тоді складе:

$$2768.01 \times 100 = 276800 \text{ (грн.)}$$

Загальна маса:

$$62.62 \times 100 = 6262 \text{ (кг)}$$

Розрахуємо вартість доставки заготовок зі складу постачальника до складу замовника. Скористаємося послугами ТОВ "НОВА ПОШТА" [26]:

Розрахункова вартість доставки

Послуга Сума

Вартість перевезення 42,500.00

• Відділення-Відділення 42,500.00 грн

Разом: 42,500.00 *
У тому числі ПДВ

Не втрачайте час

Оформіть заявку на виклик кур'єра
Виклик кур'єра

Оформіть накладну для передачі відправлення
Мобільний додаток

АБО

В особистому кабінеті

Зверніть увагу! При створенні накладної з відправкою з "Адреси" заявка на Виклик кур'єра створюється автоматично

* Остаточна вартість перевезення може відрізнятись від розрахованої

Терміни доставки

✓ **Маршрут**

Місто-відправник Київ

Місто-одержувач Київ

Вид відправлення

Вантажі

Характеристика місць

Кількість	Оголошена вартість	Вага	Довжина	Ширина	Висота
100	3000 грн	62 кг	600	5	5 см

Рис. 3.3 Розрахунок вартості доставки заготовок [26]

Отже остаточна сума витрат складає:

$$276800 + 42500 = 319300 \text{ (грн.)}$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розробка маршрутного технологічного процесу

Конструкцію деталі можна розділити на сукупність типових геометричних фігур, які об'єднані загальним службовим призначенням деталі. Типовими елементами конструкції є: циліндричні внутрішні поверхні та сукупність площин. Практикою машинобудівного виробництва накопичено виробничий досвід технологічних послідовностей оброблення типових поверхонь для забезпечення заданої точності розмірів і параметрів шорсткості робочих поверхонь [27-30].

Для опису маршруту оброблення деталі необхідно ідентифікувати її поверхні (рис.3.4):

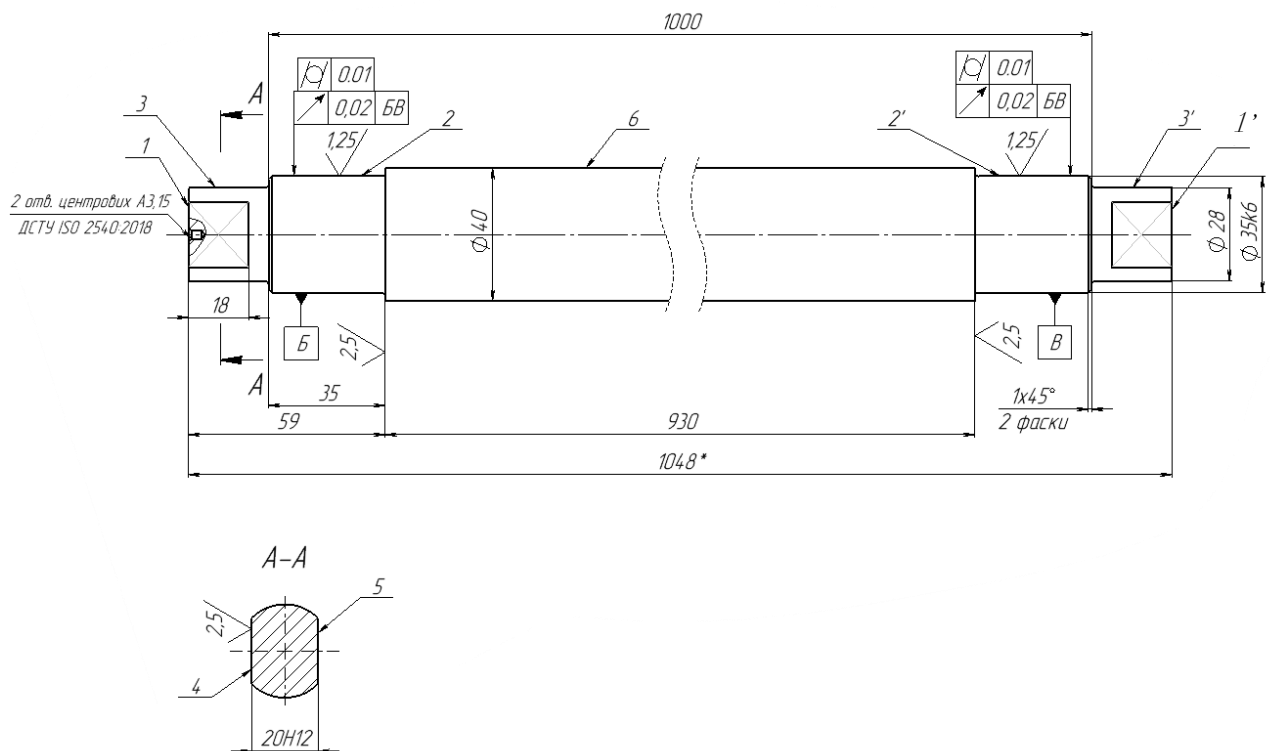


Рисунок 3.4 – Нумерація поверхонь деталі

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Таблиця 3.1 Типові технологічні послідовності оброблення поверхонь деталі

Назва поверхні	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Типова технологічна послідовність оброблення поверхні	Характеристики якості поверхонь після оброблення	
	Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості Ra, мкм		Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості Ra, мкм
1 1'	12	12,5	Різання (стрічкова пила)	12	12,5
1 1'	12 12	12,5 12,5	Фрезерування торцеве Центрування	12 12	12,5 12,5
6	12	12,5	Точіння зовнішнє чорнове	12	12,5
2, 3	12	12,5	Точіння зовнішнє чистове	12	12,5
6'	12	12,5	Точіння зовнішнє чорнове	12	12,5
2, 3'	12	12,5	Точіння зовнішнє чистове	12	12,5
4, 4'	12	2,5	Фрезерування	12	2,5
5, 5'	12	2,5	Фрезерування	12	2,5
2, 2'	6	1,25	Шліфування	6	1,25

001 Різання

Стрічкопильний верстат CORMAK BS128HDRC [31].

002 Фрезерування торцеве - Центрування

Верстат фрезерно-центрувально-обточувальний 2Г942 [31].

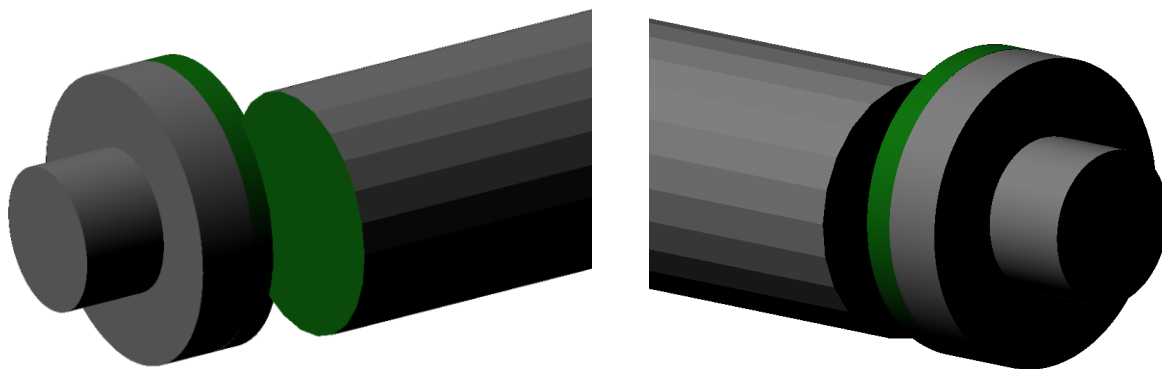


Рис. 3.5 Перехід 1

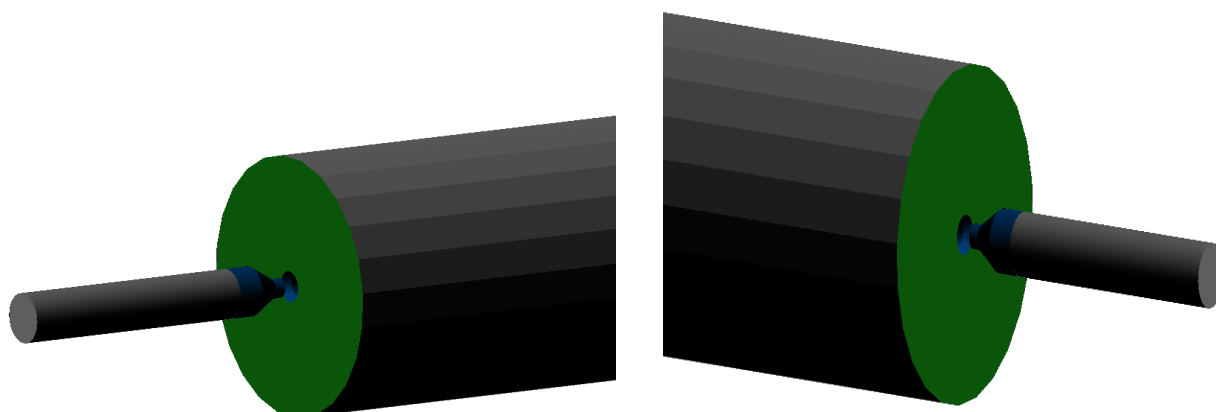


Рис. 3.6 Перехід 2

003 Точіння зовнішнє чорнове - Точіння зовнішнє чистове

Універсальний токарний верстат CORMAK CJ6250B [31].

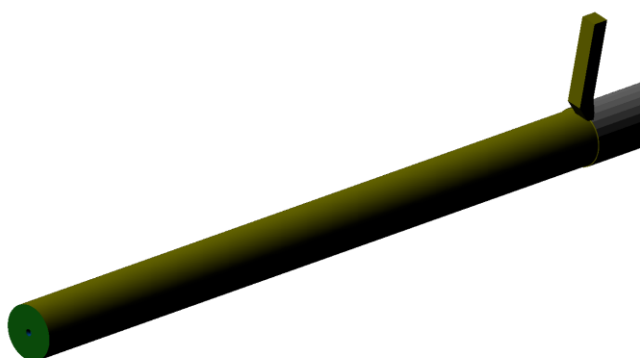


Рис. 3.7 Перехід 1

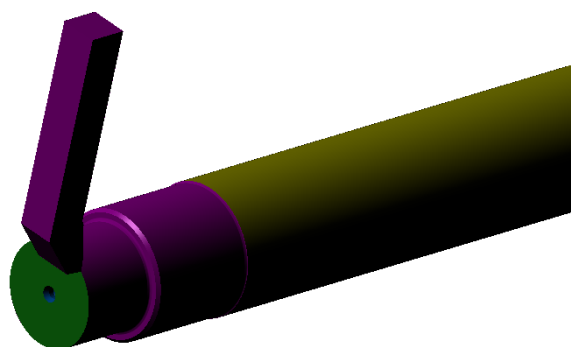


Рис. 3.8 Перехід 2

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

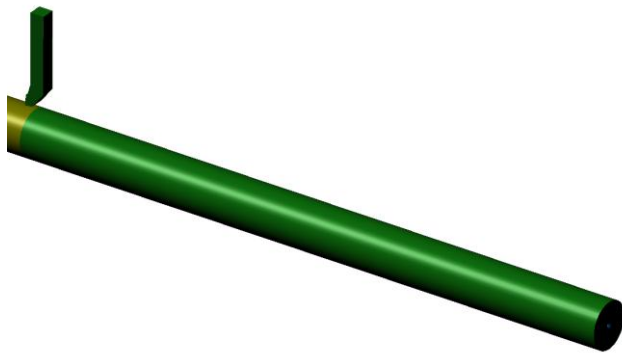


Рис. 3.9 Перехід 3

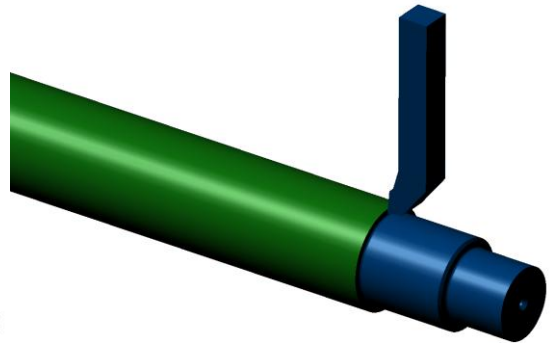


Рис. 3.10 Перехід 4

004 Фрезерування

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3 [31].

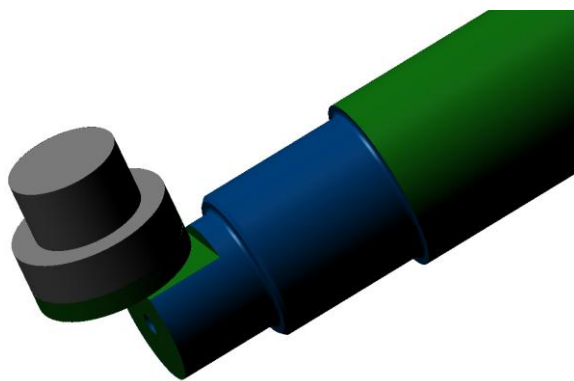


Рис. 3.11 Перехід 1

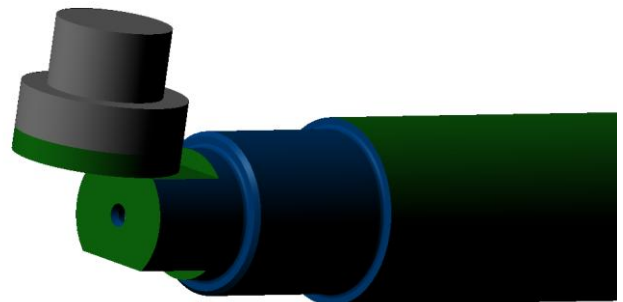


Рис. 3.12 Перехід 2

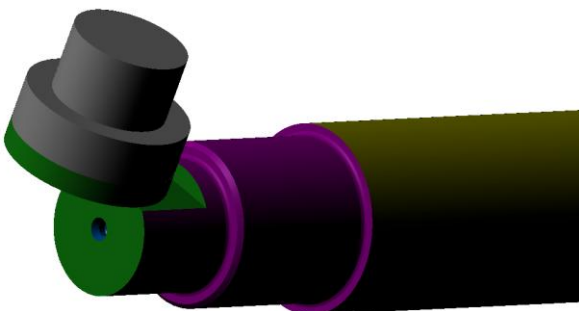


Рис. 3.13 Перехід 3

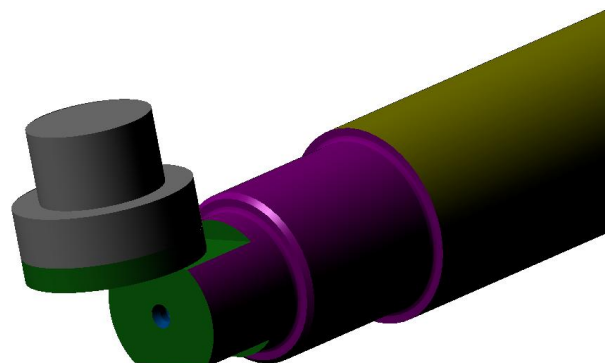


Рис. 3.14 Перехід 4

005 Шліфування

Внутрішньошліфувальний верстат JHI-3012 CNC [31].

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

006 Шліфування

Універсальний круглошліфувальний верстат із ЧПУ Shu321.22 [31].

3.4. Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання

Визначаємо режими різання за каталогами та рекомендаціями наданими виробниками інструментів [31,32,33,34]. Для зручності, всі дані заносимо у звітну таблицю 3.2:

Таблиця 3.2 Режими різання рекомендовані виробниками інструментів

Операція	Перехід - Поверхня	Інструмент	Глибина різання h [мм]	Подача F [мм/об]	Частота обертання N [об/хв]	Швидкість різання V [м/хв]
001	0-1, 1'	Пила стрічкова 1640×13 мм по металу для стрічкової пилки CORMAK BS 128HDRC	13	-	-	30
002	1-1, 1'	Фреза торцева D=50 мм ATORN 89.5° SP.T 09T3 265004 0050	6	1	1020	160
	2-1, 1'	Свердло центрове Ø3,15 мм ATORN TiAlN 100109 0315	1,6	0,07	2500	25
003	1 - 6	Різець упорний ATORN DCLN R/L 95° 2020 K12 324001 00001	2	0.5	1800	240
	2 – 2, 3	Різець прохідний PSSN R/L 45° 2020 K12 320125 0001	1,5-6	0.3	1800	240
	3 – 6'	Різець упорний	2	0.3	1800	240

		ATORN DCLN. 2020 K12 324001 00001				
	4 – 2', 3'	Різець прохідний PSSN R/L 45° 2020 K12 320125 0001	1,5-6	0.3	1800	240
004	1	Фреза торцева D=36 мм Palbit TGPLUS 90190 260248 0036	4	0,2	1320	150
	2	Фреза торцева D=36 мм Palbit TGPLUS 90190 260248 0036	4	0,2	1320	150
	3	Фреза торцева D=36 мм Palbit TGPLUS 90190 260248 0036	4	0,2	1320	150
	4	Фреза торцева D=36 мм Palbit TGPLUS 90190 260248 0036	4	0,2	1320	150
005	1, 1'	Бор алмазний конус гострий 1,4 мм (104.166.514.014)	0,4	0,05	2500	25
006	1 - 2	Круг шліфувальний 14А ПП 400x35x203 16-25 CM-CT/F80-F60 K-O	0,5	0,01	25	30
	2 – 2'	Круг шліфувальний 14А ПП 400x35x203 16-25 CM-CT/F80-F60 K-O	0,5	0,01	25	30

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			80

3.5. Оснащення операцій

Для реалізації технологічно процесу було обрано за каталогами інструментальні, верстатні та вимірювальні пристрої [31,32,33,34].



Wedge hook power chuck BR

- **Model BR / successor model to the BB-200 series**
- **Enlarged clearance**
- **Repetition precision of below 10 µm**

Repetition precision of below 10 µm can be achieved when used with T-Nut-Plus slot nuts and Kitagawa SB jaws. Turned soft jaws for different clamping diameters can thus be exchanged with accuracy. This saves time and money!

- **Patented base jaw: up to 10 % increased clamp force at maximum rotational speeds**
- Solid steel design
- Hardened and ground guides
- High true running accuracy
- Lubrication nipple in every base jaw
- Centre mount in accordance with DIN 6353

Supplied without flange, **without top jaws**; supplied with 1.5 mm x 60° toothed base jaws, standard T-slot nuts, chuck and jaw fastening screws, unthreaded drawbar nuts and a special assembly key

- **Threaded drawbar nuts and BR 12 available on request**



Рис. 3.15 Патрон токарный

AUTORN B9.5 " shell-type milling cutter

- For milling inserts SPT DPT3
- Positive indexable insert basic form
- Four cutting edges per indexable insert
- Also suitable for machines with low drive power
- For excellent surfaces
- Built-in cooling
- Internal coolant supply
- Supplied with clamping screws and wrench

Particularly cost-effective thanks to 4 cutting edges

D mm	L mm	D1 mm	ap max. mm	Z	Rise, tightening torque Nm		T _s	DPT NO.	€
40	40	16	3	4	2.68	A1	B1	2520040.0040	278,-
50	50	22	3	5	2.68	A1	B1	2520040.0050	307,-
63	40	22	3	6	2.68	A1	B1	2520040.0063	340,-
80	50	27	3	7	2.68	A1	B1	2520040.0080	395,-
100	50	32	3	8	2.68	A1	B1	2520040.0100	500,-

2124

SFMT

AUTORN

ISO designation

Quality

Cut

IDT no.

€

SFM 010 X 30

HC4A3S 10 252000000E 15.-

Medium finishing

ISO	HC4A3S
ISO P P = steel	V = 10 - 220
ISO M M = cast iron	W = 70 - 120
ISO K K = non ferrous metal	V = 120 - 230
f _c = mm/cr n = rev/min	f _c = 0.05 - 0.2 v _p = 63 - 5.9

[illegible]

Рис. 3.16 Фрези торцеві та різці

ADORN Shell-type milling cutter arbour with transverse slot

DIN 6357

- with enlarged collar diameter and coolant mounts
- pre-balanced G 3.5 / 25.000 rpm
- slotted constructional steel, tensile strength at core: 500 N/mm²
- concentricity at H6/60 ± 0.01700 ± 0.01, case depth 0.08 mm ± 0.02 mm
- super alloy tolerance quality A2.3 in accordance with DIN 7187 and ADIN 2080
- low run bearing accuracy ± 0.005 mm
- finished with coarse blocks and ending coarse retuning s.c.m.

Additional check designs AD/ADP version available on request

DIN 69892 type A (HSK-A)

- internal coolant
- When machining with internal coolant supply, a coolant transfer pipe with orifice: 431011... should be used
- * See also for DIN 7037 compliant headstock bores for holding cutter bores



Shank	d16	d18	d20	d25	d32	Order no.
SKA 50	16	40	40	40	17	431030 AD50 176
SKA 50	16	40	40	40	18	431030 AD50 178
SKA 50	27	60	60	58	21	431030 AD57 223.00
SKA 50	32	60	60	70	24	431030 AD57 44.50
SKA 63	16	50	50	50	17	431030 AD63 17.28
SKA 63	16	100	100	17	431030 AD63 145.00	
SKA 63	16	160	160	17	431030 AD63 276	
SKA 63	27	60	60	60	17	431030 AD67 17.28
SKA 63	27	100	100	60	19	431030 AD67 145.00
SKA 63	27	160	160	19	431030 AD67 276	
SKA 63	32	60	60	58	21	431030 AD67 146
SKA 63	32	100	100	58	21	431030 AD67 176
SKA 63	32	160	160	58	21	431030 AD67 276
SKA 63	40	60	60	70	24	431030 AD67 133.00
SKA 63	40	100	100	70	24	431030 AD67 176.00
SKA 63	40	160	160	70	24	431030 AD67 276
SKA 63	40	60	60	37	23	431030 AD60 172
SKA 63	40	100	100	37	23	431030 AD60 176

SAR Milling cutter holding fixture, DIN 6359											
- For straight shanks, DIN 1835-B (WELDON) - Alloyed case-hardened steel with a core tensile strength of min. 950 N/mm² - Case-hardened to HRC 60 ± 2 (HV 700 ± 50), case depth 0.8 mm ± 0.2 mm, burnished - Taper angle tolerance quality < AT3 in accordance with DIN 7187 and DIN 2080 - Max. true running accuracy < 0.005 mm - Supplied with clamping screw - Art.no. 434549 and 434516 at Ø 6 to Ø 18 with two coolant bores - Art.no. 434549 and 434516 at Ø 20 to Ø 40 with two coolant bores											
DIN 69893-1 HSK-A											
- Pie-balanced to G 2.5 / 22,000 rpm - Internal coolant supply											
Shank	d1 mm	A mm	B mm	art.no.	€	art.no.	€				
HSK 63	6	65	25	434529 4306	80,50	434549 4306	102,50				
HSK 63	8	65	28	434529 4308	80,50	434549 4308	102,50				
HSK 63	10	65	35	434529 4310	80,50	434549 4310	102,50				
HSK 63	12	80	42	434529 4312	80,50	434549 4312	102,50				
HSK 63	16	80	48	434529 4316	80,50	434549 4316	102,50				
HSK 63	20	80	52	434529 4320	80,50	434549 4320	102,50				
HSK 63	25	110	63	434529 4325	87,30	434549 4325	111,50				
HSK 63	32	110	72	434529 4332	111,-	434549 4332	143,-				
					4198						
					4198						

Рис. 3.17 Оправки

ATORN Tool holders, negative P55N

- P55N R/L 45°
- Setting angle 45°, for negative O° square indexable inserts, 90° point angle
- Use: longitudinal turning and facing

ISO designation	Shank height mm	Shank width mm	L mm	L1 mm	F mm	subtle indexable inserts	Right art.no.	Left art.no.
P55N R/L 2020 K12	20	20	125	28	25	SK 1204...	A1 B1 C1 B1 E1 F1 320125 0001 94,-	320124 0001 94,-
P55N R/L 2525 K12	25	25	150	28	32	SK 1204...	A1 B1 C1 B1 E1 F1 320125 0002 106,-	320124 0002 106,-
P55N R/L 3232 P19	32	32	170	42	40	SK 1906...	A2 B2 C2 B2 E2 F2 320125 0006 148,-	320124 0006 148,-

Spare parts

Support plate	Clamping lever	Screw	Hollow pin	Pin	Nickel plated
A1 321401 0000 11,70	B1 321401 0100 15,10	C1 321401 0200 4,40	D1 321401 0300 1,50	E1 321401 0400 1,70	F1 320005 0000 0,50
A2 321401 0005 21,90	B2 321401 0104 22,20	C2 321401 0204 4,10	D2 321401 0304 2,-	E2 321401 0404 1,70	F2 320005 0004 0,74

ATORN DLOCK tool holder with D clamping, DCLN for negative turning inserts

- DCLN R/L 95°
- Setting angle 95°, for negative O° Almatic indexable inserts, 80° point angle
- Use: longitudinal turning and facing

ISO designation	Shank height mm	Shank width mm	L mm	L1 mm	F mm	subtle indexable inserts	Right-hand art.no.	Left-hand art.no.
DCLN 2020 K12	20	20	125	28	25	OK 1204...	A1 B1 C1 B1 E1 F1 324001 0001 167,-	324002 0001 167,-
DCLN 2525 K12	25	25	150	28	25	OK 1204...	A1 B1 C1 B1 E1 F1 324001 0002 174,-	324002 0002 174,-
DCLN 3232 P19	32	32	170	42	40	OK 1906...	A1 B2 C2 B1 E2 F1 324001 0003 174,-	324002 0003 174,-

Spare parts

Screw	Screw for spacer	Clamping lever	Spring	Spacer	Nickel plated
A1 324000 0002 3,45	B1 324000 0004 4,95	C1 324000 0000 14,30	D1 324000 0012 1,-	E1 324000 0010 16,30	F1 320005 0000 0,74
A2 324000 0006 4,30	B2 324000 0006 4,30	C2 324000 0010 14,30	D2 324000 0016 12,95	E2 324000 0018 22,70	

Рис. 3.18 Оправки для різця

Chip breaker PM negative

ISO designation: SNMG 120408-PM

Quality: PH2G115, PH2G125

Art.no.: 333704 0177, 333704 0178

Price: 11,95 €

Medium finishing

0,25

15°

3148

Chip breaker RP5 negative

ISO designation: DNMG 150608-RP5, DNMG 150612-RP5

Quality: HC7610, HC7620, HC7630

Art.no.: 311520 1711, 311520 1712, 311520 1713, 311520 1812

Price: 16,50 €

Roughing

17°

0,35

3147

NEW

ISO	PH2G115	PH2G125
ISO P steel	Vc = 110 - 400	Vc = 100 - 345
ISO K cast iron	Vc = 110 - 400	Vc = 100 - 345
Vc = [m/min] f = [mm/U] ap = [mm]	f = 0.15 - 0.50 ap = 0.50 - 6.00	

ISO	HC7610	HC7620	HC7630
ISO P steel	Vc = 200 - 340	Vc = 140 - 290	Vc = 140 - 230
ISO K cast iron	Vc = 250 - 580	Vc = 140 - 490	Vc = 180 - 430
Vc = [m/min] f = [mm/U] ap = [mm]	f = 0.15 - 0.35 ap = 0.8 - 5.0	f = 0.20 - 0.55 ap = 1.0 - 5.0	f = 0.15 - 0.35 ap = 0.8 - 5.0

Рис. 3.19 Різці

ROEMHELD NC NC high-pressure machine vice

- Type NC, mechanical-hydraulic
- Versatile and flexible
- Longitudinal and transverse slots as standard for quick positioning
- Slots and threaded bores on slide and fixed jaw for holding standard and special large-span jaws
- Threaded bores on both sides for workpiece stops
- Clamping edge for clamping claws
- Guideways hardened and ground
- Desired clamping range can be roughly pre-selected via socket pin
- Resistant to deformation thanks to the new bottom cross section and new fixed jaw
- Mounting hole layout for extra high clamping jaws
- For tool and mould making, fixture construction, production
- Supplied with standard smooth/grooved indexable jaws, hand crank, operating manual
- Longer versions and clamping force monitoring available on request (cannot be retrofitted!)

Type NCH, hydraulically operated - available on request

Jaw width mm	Base body length mm	Clamp force kN	Clamping width mm	Max. clamping width mm	Weight kg	art.no.	€
100	380	25	0 - 205	390	18.5	457020 0100	2.339,-
100	540	25	0 - 365	550	59	457020 1100	2.659,-

Рис. 3.20 Лещата для затиску заготовки

KOMELON Spring tape measures

- Carbon steel
- Deburred edges
- Extremely precise and easy-to-read print
- With tape measure lock
- End hook and tape protector made of stainless steel
- For external and internal measurements
- Sliding end hook
- EC Class II accuracy

SelfLock

- **Self-locking mechanism** for smooth tape rewind
- Easy-to-operate thumb button
- Ergonomic design for right-handed and left-handed users
- Long-lasting thanks to nylon coating
- Curved profile for improved stability and reduced sheen

L mm	Belt width mm	art.no.	€	DAkkS calibration art.no.	€
3	16	548046 0030	16,95	075004 D003	40,-
5	19	548046 0050	23,70	075004 D005	52,-
8	25	548046 0080	41,90	075004 D008	69,-



SARA Digital sliding calliper



- Locking screw on top
- High-contrast, easily readable LCD display
- External, internal, depth and step measurements
- Thread table on the back
- Functions: ON/OFF, ZERO, mm/inch
- Supplied with CR2032 battery, no. 548079 6032



Max. length measuring range mm	Jaw length mm	Error limit mm	art.no.	€	DAkkS calibration art.no.	€
100	30	0.03	500702 0100	47,40	072008 D001	16,-
150	40	0.03	500702 0150	71,-	072008 D001	16,-
200	50	0.03	500702 0200	114,-	072008 D001	16,-
300	60	0.04	500702 0300	233,-	072008 D002	21,-

5108

Mitutoyo Surftest SJ-210 surface roughness tester



- Portable mains-independent skid system for determining surface roughness
- Separate feed allows measurements in hard-to-reach places, as well as overhead measurements
- Dust-protected, touch-sensitive control panel and integrated printer
- Extremely easy-to-use and intuitive menu navigation
- Measurement results / profiles shown clearly on a 14.5 cm [5.7"] colour display
- 16 languages
- Storage of up to 10 measurement conditions
- Statistics function and colour-coded tolerance analysis
- Customisable password protection
- Storage of measurement data on an optional SD card
- Automated calibration function / can be calibrated based on the average of up to 12 measurements
- Choice of mains or battery operation
- Profile method with single skid system
- Measurement range: X-axis feed = 16 mm, S feed = 5.6 mm
- 60° contact point with 2 µm radius / measuring force 0.75 mN
- Measuring speed: 0.25 mm/s, 0.5 mm/s, 0.75 mm/s
- Analysis parameters: Ra, Rq, Rz, Ry, Rp, Rv, Rt, R3z, Rsk, Rku, Rc, RPa, RSm, Rmax, Rz1 max., S, HSC, Rz1JS, Rpp1, RDa, RDa, Rlr, Rlr, Rmr(c), RSc, Rk, Rpk, Rvk, Mr1, Mr2, A1, A2, Va, Aq, La, Rpm, tp, Htp, R, RX, AR, VV, AV, VVx, Wte
- Cut-off length: 0.08 mm / 0.25 mm / 0.8 mm / 2.5 mm / 8 mm
- Number of individual measurement sections: 1x, 2x, 3x, 4x, 5x, 6x, 7x, 8x, 9x, 10x, unset length
- Digital filter: 2CR75 / PC75 / Gaussian
- Parameters in accordance with DIN EN ISO, VDA, JIS, ANSI and MOTIF
- Data communication: Digimatic, RS-232, SD memory card
- Supplied with roughness standard, mains adapter and 5 rolls of spare paper



Can be used with height meter
5305020300 by attaching adapter
5705310016

Transverse measurement,
S version

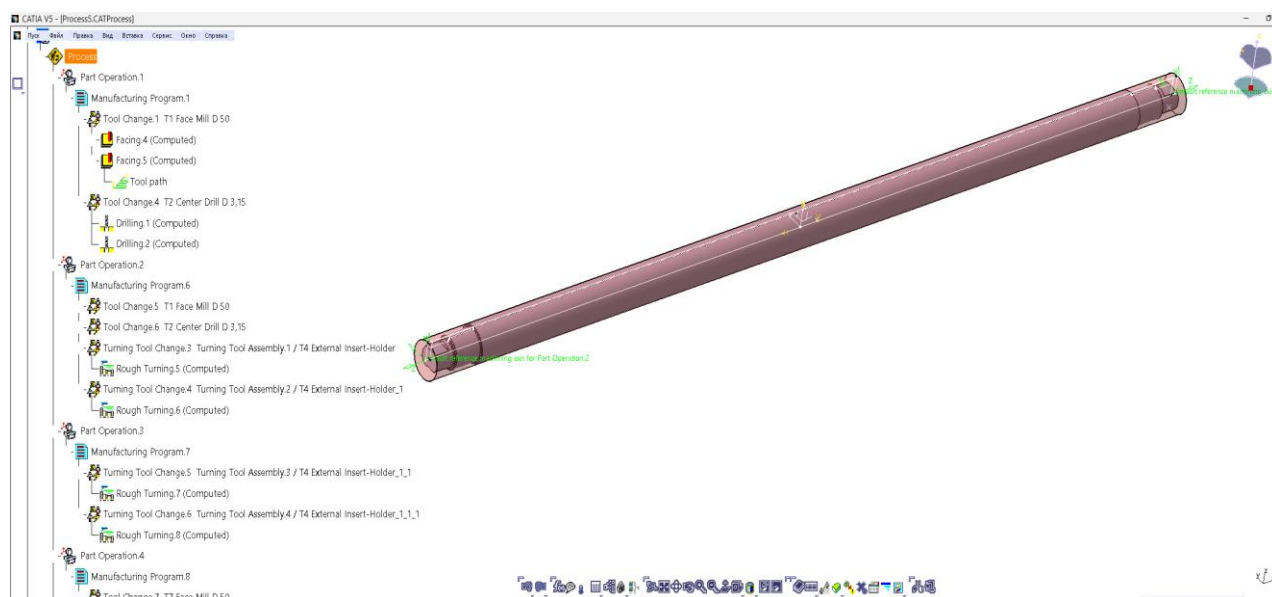
Designation	art.no.	€	Device calibration art.no.	€	Standard calibration art.no.	€
SURFTTEST SJ-310 surface roughness meter	570526 0001	4.450,-	072001 0001	109,-	072005 0001	75,-
SURFTTEST SJ-310 R surface roughness meter with automatic probe head lifting and lowering	570526 0002	4.800,-	072001 0001	109,-	072005 0001	75,-
SURFTTEST SJ-310 S surface roughness meter with transverse measurement feed	570526 0003	6.300,-	072001 0001	109,-	072005 0001	75,-

5105

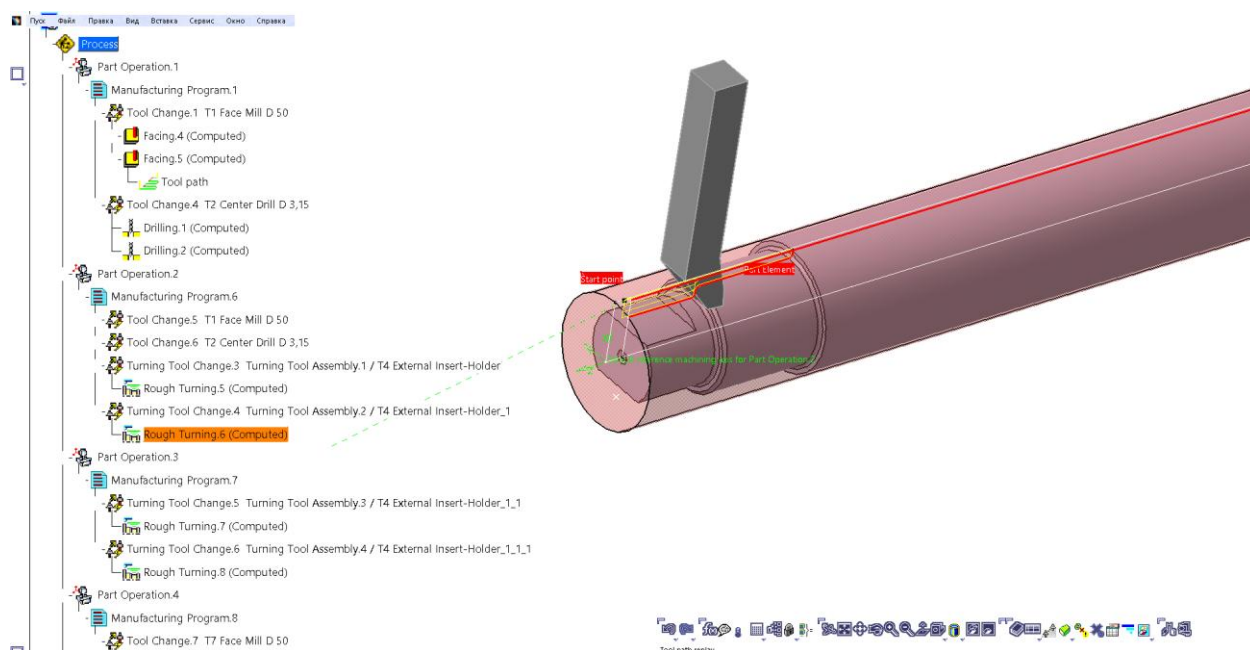
Рис. 3.21 Вимірювальні пристрої

3.6. Написання керуючих програм

Технологічний процес реалізовано в САМ-системі Catia V5 у відповідності до загальних рекомендацій, наданих в [35,36,37].



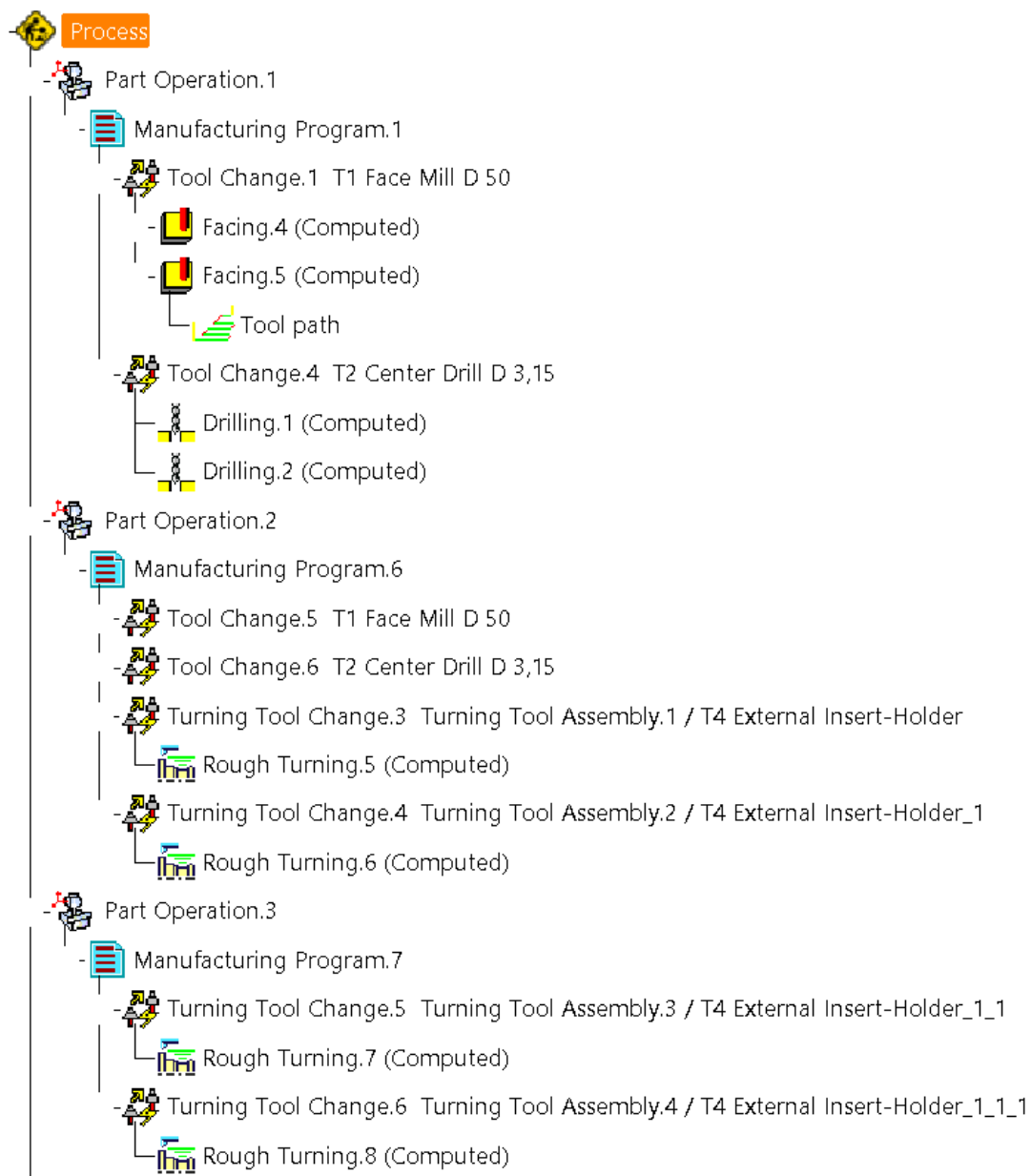
а)



б)

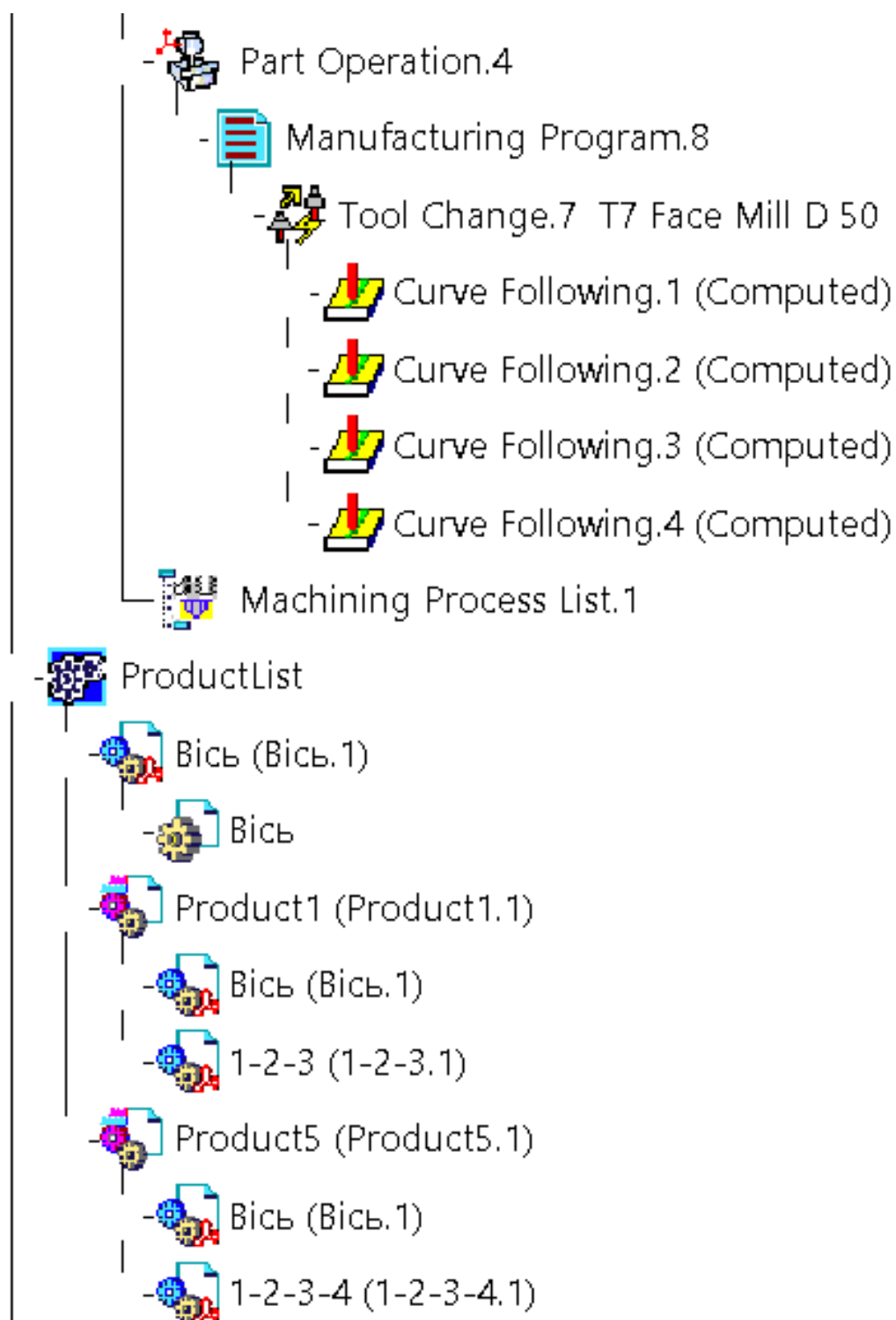
Рис. 3.22 а), б) – Процес симуляції технологічної обробки заготовки у програмному забезпеченні Catia V5

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84



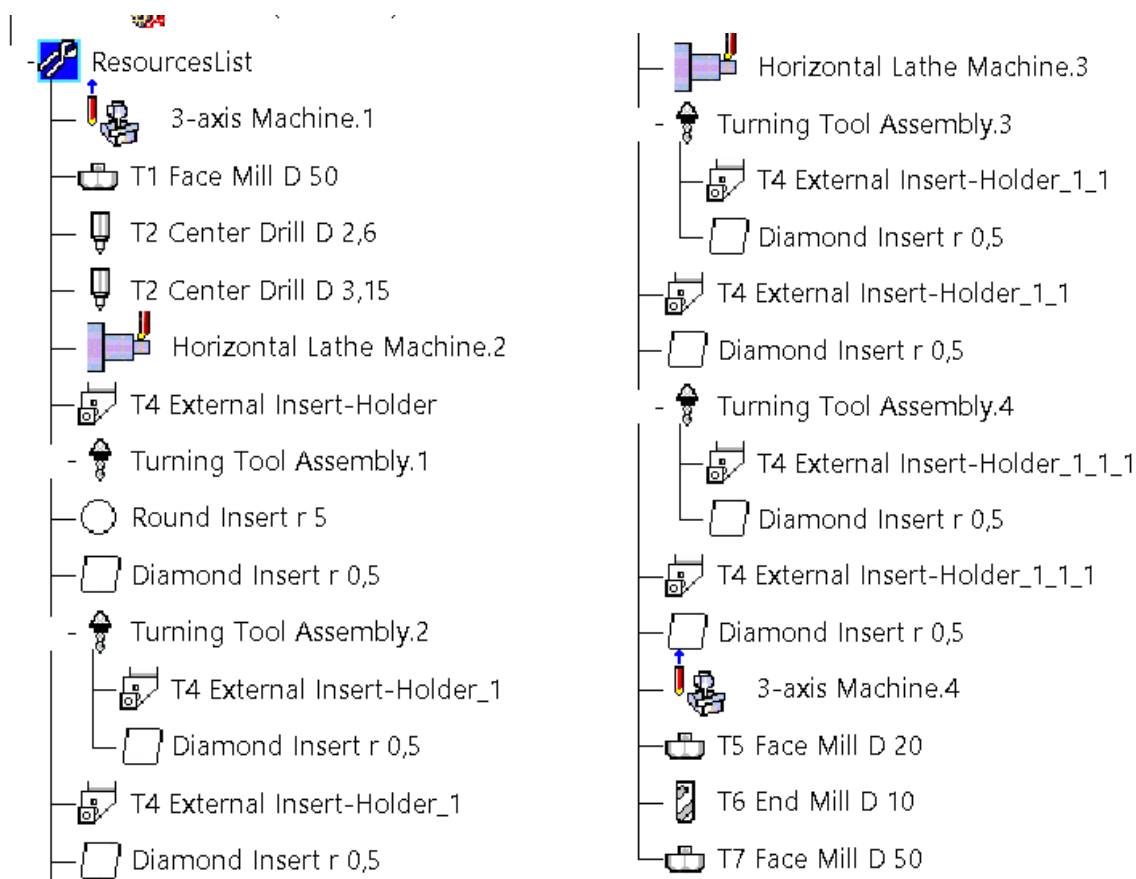
a)

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85



б)

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86



в)

г)

Рис. 3.23 а),б),в),г) – Дерево технологічних операцій

3.7. Розрахунок собівартості

У цьому пункті проведено розрахунок собівартості виготовлення партії з 500 деталей «Вісь». В розрахунок включено такі складові: вартість заготовок, витрати на інструмент та обладнання, а також вартість роботи (машинного часу та оплати персоналу).

3.7.1. Вартість заготовки

Попередньо була обраховано у пункті 3.2 – 319300 грн.

3.7.2. Вартість інструментів

- Пила стрічкова 1640×13 мм по металу для стрічкової пилки CORMAK BS 128HDRC – 16€

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Фреза торцева D=50 мм ATORN 89.5° SP.T 09T3 265004 0050 – 307€ *2=614€
- Різці SPMT 091308 (10 шт.) – 15€ (~192хв)*7=105€
- Свердло центрове Ø3,15 мм ATORN TiAIN 100109 0315 – 15,6€ (~50хв)*1=15,6€
- Різець упорний ATORN DCLN R/L 95°2020 K12 324001 00001 (10 шт.) – 16,5€(~4500хв)*30=495€
- Різець прохідний PSSN R/L 45°2020 K12 320125 0001 (10 шт.) – 11,95€(~2750хв)*19=227€
- Фреза торцева D=36 мм Palbit TGPLUS 90190 260248 0036 – 375€
- Різці LNXT 130604 PNERMP (10 шт.) – 23,3€ (~170хв)*3=70€
- Бор алмазний конус гострий 1,4 мм (104.166.514.014) – 1,5€*4=6€
- Круг шліфувальний 14А ПП 400х35х203 16-25 CM-CT/F80- F60 K-O – 50€

Разом – 1973,6€ = ~86850 грн.

3.7.3. Вартість обладнання та вимірювальних приладів

- Патрон токарний – 2960€
- Оправки для фрез торцевих – 128+143=271€
- Оправки для різців – 107+96=203€
- Лещата – 2340€
- Рулетка – 23,7€
- Штангенциркуль – 47,4€
- Профілометр – 4450€

Разом – 10295€ = ~453000 грн.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7.4. Вартість роботи

Машинний час для виготовлення однієї деталі становить 17 хвилин. Тобто, для виготовлення 500 деталей, знадобиться 8500хв, або 141 год 40хв. При ставці оплати робочого часу 200 грн/год, вартість роботи обчислюватиметься наступним чином:

$$\text{Заг. вартість} = \text{години} * \text{ставка} = 142 * 200 = 28400 \text{ (грн.)}$$

Остаточна сума усі витрат складає:

$$319300 + 86850 + 453000 + 28400 = 887550 \text{ (грн.)}$$

Поділивши її на кількість одиниць виробу отримаємо його собівартість:

$$887550/500 = 1775 \text{ (грн.)}$$

Висновок до розділу 3

У ході виконання завдання розділу було успішно досягнуто поставлену мету – розроблено комплексний технологічний процес виготовлення деталі «Вісь». Було пройдено всі ключові етапи інженерної підготовки виробництва: починаючи з ретельного аналізу креслення та технічних вимог, вибору заготовки та розрахунку її доставки, і завершуючи створенням детального операційного маршруту. Для кожної операції, включаючи різання, токарну обробку, фрезерування та шліфування, було підібрано сучасний різальний інструмент, оснащення та розраховано оптимальні режими різання.

Особливу увагу було приділено сучасним підходам до проектування технологічних процесів. Для візуалізації та перевірки правильності обробки було використано САМ-систему CATIA V5, що дозволило змоделювати всі операції та уникнути потенційних помилок. Завершальним етапом стало економічне обґрунтування розробленого процесу, що включає розрахунок собівартості виготовлення партії деталей з урахуванням вартості матеріалів, інструменту, обладнання та оплати праці. Таким чином, результат розділу є комплексним інженерним рішенням, що поєднує в собі конструкторські, технологічні та економічні аспекти сучасного машинобудування.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 4. Охорона праці

Цей розділ присвячений дослідженню та аналізу потенційно шкідливих і небезпечних чинників у робочому середовищі на складській дільниці, модернізація якої є метою даного дипломного проекту. Удосконалення трудових умов, забезпечення їх безпечності та зниження шкідливого впливу є чинниками, що мають значний соціально-економічний вплив і безпосередньо сприяють зростанню ефективності та безпеки праці.

У даному розділі розглядаються такі небезпечні та шкідливі фактори: аналіз виробничого обладнання та процесів, параметри мікроклімату, пожежна безпека та умови освітлення.

4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих чинників

Робоче середовище на складській дільниці характеризується наявністю специфічних небезпечних факторів, пов'язаних з експлуатацією вантажопідіймального обладнання, систем під тиском та особливостями зберігання товарів. Механічні небезпеки:

1. Робота кранів-штабелерів: експлуатація вантажопідіймальних механізмів створює ризики падіння вантажу, зіткнення рухомих частин крана з персоналом або елементами конструкції будівлі (стелажами, колонами).

2. Високі стелажні системи: існує небезпека падіння товарів або елементів пакування з висоти через неправильне складування, пошкодження тари або вібрації.

3. Рухомі транспортні засоби: робота навантажувачів та іншої складської техніки створює ризик наїзду на працівників.

4. Небезпеки, пов'язані з пневматичним обладнанням:

Пневмоапаратура під тиском: на дільниці використовується пневматичне сортувальне обладнання, що створює ризик розриву шлангів

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високого тиску, неконтрольованого руху механізмів або ураження персоналу частинками, що можуть вилітати при пошкодженні системи.

Заходи для мінімізації ризиків:

1. Обладнання: проводити регулярний технічний огляд кранів-штабелерів та стелажних систем згідно з нормами НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» [38]. Обладнати крани системами захисту від перевантаження та кінцевими вимикачами. Стелажі повинні мати маркування максимального допустимого навантаження та бути надійно закріпленими до підлоги. Пошкоджені елементи стелажів підлягають негайній заміні. Пневматичні системи повинні бути оснащені манометрами, запобіжними клапанами та захисними екранами в зонах потенційної небезпеки.

2. Організація робочого простору: розробити та нанести на підлогу чітку розмітку для розмежування зон руху техніки та пішохідних доріжок. Заборонити перебування працівників у зоні роботи крана-штабелера під час переміщення вантажів. Забезпечити належне пакування та фіксацію товарів на палетах (наприклад, за допомогою стретч-плівки).

3. Персонал: проводити регулярні інструктажі та навчання персоналу правилам безпечної роботи. Забезпечити працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): захисними касками, сигнальними жилетами, захисним взуттям та окулярами.

4.2. Мікроклімат

Робоче середовище — це складське приміщення зберігально-сортувальної діляниці. Згідно з «Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042-99 [38], дана діяльність класифікується як робота середньої тяжкості (категорія ІІб) з енергетичними

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витратами 175-232 Вт, що пов'язана з ходінням та переміщенням вантажів до 10 кг.

Параметри мікроклімату робочої зони для холодного періоду року наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Параметри мікроклімату робочого місця

Параметр	Категорія Пб. Холодний період року, Допустиме значення	Фактичне значення	Відповідність нормам
Температура повітря, °С	17-19	18	Відповідає
Відносна вологість, %	не більше 75	65	Відповідає
Швидкість руху повітря, м/с	не більше 0,3	0,2	Відповідає

Аналізуючи мікрокліматичні умови на робочому місці, можна констатувати, що вони відповідають встановленим вимогам.

4.3. Пожежна безпека

Приміщення складу за ступенем пожежної небезпеки належать до категорії «В» і мають відповідати стандартам щодо попередження та ліквідації пожеж. 6 Нормативною базою для забезпечення протипожежного захисту є НАПБ А.01.001-2014 та відповідні ДБН [38].

Основні фактори виникнення пожеж на складі:

- несправність електричного устаткування (силові кабелі, електродвигуни кранів, зарядні станції для навантажувачів);
- порушення правил поводження з легкозаймистими матеріалами;
- недбале поводження з вогнем, паління у невстановлених місцях;
- коротке замикання в електромережі через її перевантаження.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Профілактичні заходи та засоби пожежогасіння:

1. Організаційні заходи:

- призначити відповідальних за пожежну безпеку;
- обладнати спеціальні місця для паління;
- розробити та вивісити на видних місцях плани евакуації.

2. Технічні засоби:

- приміщення обладнане автоматичною системою пожежної сигналізації та спринклерною системою пожежогасіння;
- передбачено розміщення порошкових вогнегасників ВП-9 (ОП-9) з розрахунку 1 вогнегасник на 200 м², але не менше двох на приміщення;
- наявність пожежних щитів, укомплектованих згідно з нормами.

Правила поведінки при пожежі в складському приміщенні:

1. Негайно повідомити керівництво та зателефонувати до служби порятунку за номером «101».
2. Організувати евакуацію людей з приміщення згідно з планом евакуації.
3. Відключити електроживлення основного обладнання та загальну вентиляцію.
4. Приступити до гасіння пожежі наявними первинними засобами пожежогасіння, якщо це не загрожує життю.
5. Під час евакуації рухатись швидко, пригнувшись до підлоги, оскільки там концентрація диму менша [39].

4.4. Освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» [38], визначаємо нормативне та фактичне значення освітленості. Розрахунок ведемо для системи загального штучного освітлення.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо індекс приміщення i за формулою [39]:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_c \cdot (a + b)} \quad (4.1)$$

де $a = 54$ м і $b = 24$ м — довжина і ширина приміщення;

$h_c = 12$ м — висота підвісу світильника над робочою поверхнею (висота стелі 14 м, висота робочої поверхні 0,8 м, світильники підвішені на 2 м нижче стелі).

$$i = \frac{54 \cdot 24}{12 \cdot (54 + 24)} = 2,14$$

Коефіцієнти відбиття поверхонь: стеля (світла) $\rho_c = 70\%$, стіни (світло-сірі), $\rho_{ch} = 50\%$, підлога (бетон), $\rho_n = 70\%$. Виходячи з індексу приміщення та коефіцієнтів відбиття, визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,58$ [39].

Характеристика зорової роботи: розрізнення маркування на коробках (розмір об'єкта >5 мм), фон світлий, контраст середній. Для таких умов нормативне значення освітленості $E_n = 200$ лк.

У приміщенні встановлено промислові світлодіодні світильники типу High Bay. Визначаємо фактичне значення освітленості E_f за формулою [39]:

$$E_f = \frac{F_l \times N \times n \times \eta}{S \times k \times z} \quad (4.2)$$

де: $F_l = 13000$ лм — світловий потік однієї лампи; $N = 40$ — кількість світильників; $n = 1$ — кількість ламп у світильнику; $\eta = 0,58$ — коефіцієнт використання світлового потоку; $S = 1728$ м² — площа приміщення; $k = 1,4$ — коефіцієнт запасу для промислових приміщень; $z = 1,1$ — коефіцієнт нерівномірності.

$$E_f = \frac{13000 \times 40 \times 1 \times 0,58}{1728 \times 1,4 \times 1,1} = 218 \text{ (лк)}$$

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівнюємо фактичне значення освітленості з нормативним:

$$(E_H - E_\Phi)/E_H \times 100\% = (200 - 218)/200 \times 100\% = -9\% \quad (4.3)$$

Фактична освітленість перевищує нормативну на 9%, що знаходиться в межах допустимого відхилення (від -10% до +20%). Таким чином, система освітлення відповідає нормам і забезпечує комфортні умови для виконання зорової роботи [39].

Висновок до розділу 4

У даному розділі були виявлені та проаналізовані основні небезпечні та шкідливі фактори виробничого середовища на автоматизованій складській дільниці, зокрема механічні ризики, небезпека від систем під тиском, стан мікроклімату, ризики пожежі та умови освітлення.

Для кожного з факторів запропоновано комплекс організаційних та інженерних рішень, спрямованих на покращення безпеки та комфорту робочого середовища. Аналіз показав, що досліджені показники мікроклімату та освітлення відповідають вимогам чинних нормативних документів, а запропоновані заходи з пожежної безпеки та мінімізації виробничих ризиків дозволяють створити безпечні умови праці.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний висновок до дипломного проекту

За результатом роботи було виконано повноцінний проект автоматизованого складу від теоретичного обґрунтування до практичної реалізації ключових вузлів. Під час виконання вдалося охопити як загальні логістичні аспекти, особливо ті, що стосується складського господарства, так і конкретні технічні рішення.

На початковому етапі було проаналізовано сучасний стан складської автоматизації. Ознайомившись з різними варіантами технічного забезпечення, вдалося виділити основні тренди, наприклад, інтеграцію управлінських систем (типу WMS) із виконавчими механізмами. Особливу увагу звернено на типи приводів, після порівняння було обрано пневматичне обладнання як найоптимальніше рішення в контексті продуктивності, надійності й вартості. Такий вибір був логічним для автоматизації сортування штучних вантажів у заданому технічному сценарії.

На основі розрахованого добового потоку вантажів спроектовано структуру складу, визначено габарити, кількість місць зберігання, довжину конвеєрів та інші ключові параметри. Для повноцінної роботи підібрано та спроектовано обладнання: крани-штабелери, роликові конвеєри з приводом та без, пневматичні елементи тощо. Усе зведено в узгоджену функціональну схему, яка задовольняє як вимогам продуктивності, так і зручності експлуатації.

Найбільш детально опрацьовано ділянку, що відповідає за пневматичне сортування. Зроблено статичні розрахунки для пневмоциліндрів, щоб гарантувати достатнє зусилля переміщення вантажу. Після цього підібрано конкретні моделі обладнання, промальовано схему пневмоустановки, а також розроблено логіку керування, яка була перевірена на працездатність у симуляції. За її результатом визначено, що запропонована система має потенціал до реального впровадження на складських об'єктах.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окремо приділено увагу виготовленню деталі "Вісь", спроектовано процес її обробки з урахуванням реального виробництва. Також розглянуто базові заходи з охорони праці, що важливо в контексті безпечної роботи з подібним обладнанням, що розроблялося.

Даний проект — не тільки теоретична розробка, а цілком придатне рішення, яке можна масштабувати або адаптувати до реального складу. Сучасна складська логістика може стати більш ефективною, якщо правильно комбінувати передові системи управління з перевіреними часом технічними засобами, наприклад, пневматикою.

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кальченко А. Г. Логістика : підручник / А. Г. Кальченко. — К. : КНЕУ, 2003. — 284 с. — ISBN 966-574-484-4.
2. Тюленєва Ю. В., Майстренко Н. В. Удосконалення складської системи з метою підвищення ефективності управління логістичними процесами підприємства. Наукові праці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». 2018. Вип. 1. С. 89–94.
3. UIS. WMS система для автоматизації складських процесів [Електронний ресурс]. Київ, Україна. 2025. URL: <https://uislab.com/products/wms/> (дата звернення: 08.05.2025).
4. Sklad Service. Кран-штабелер для палет [Електронний ресурс]. Київ, Україна. 2021. URL: <https://ssk.ua/ua/product/kran-shtabelyor-dlya-pallet-338> (дата звернення: 10.05.2025).
5. Складська логістика : навчальний посібник / В. Є. Марчук, М. Ю. Григорак, О. М. Гармаш, О.В. Овдієнко. Київ:ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 256 с.
6. Тюріна Н. М. Логістика [Текст]: Навч. Посіб. / Н. М.Тюріна, І. В. Гой, Т. 98 І. В. Бабій. К.: «Центр учбової літератури», 2015. 392 с.
7. Kursy UDT. Штабелери складські: види та застосування [Електронний ресурс]. Варшава, Польща. 2023. URL: <https://kursy-udt.pl/ua> (дата звернення: 10.05.2025).
8. НОСКО, Сергій Вікторович. Проектування гідро-та пневмоприводів. Курс лекцій (Частина 1.«Проектування пневмоприводів»). 2023.
9. Методичні вказівки до виконання роботи на практичних заняттях з кредитного модуля «Проектування автоматизованих транспортно-

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складських систем» / Уклад. П.Ю. Проценко. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ, кафедра прикладної механіки, 2017 – 20 с.

10. Крюківський вагонобудівний завод. Критий вагон мод. 11-7045 [Електронний ресурс]. Кременчук, Україна. 2025. URL: <https://www.kvsz.com/index.php/ua/produksiya/vantazhnevagonobuduvannya/kriti-vagoni> (дата звернення: 16.05.2025).
11. ГалТранс. Головна [Електронний ресурс]. Львів, Україна. 2025. URL: <http://www.galtrans.lviv.ua/> (дата звернення: 16.05.2025).
12. Турченко М.О. Проектування транспортно-складських комплексів: Навчальний посібник / М.О. Турченко, О.Г. Кірічок, М.Д. Швець, М.Є. Кристопчук – Рівне: НУВГП, 2014. – 190с.
13. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. — К.: Вища шк., 2009. — 734 с.
14. Електродвигуни 4А та 4АМ [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://xn--80a9y.com.ua/elektrodivigateli-4a-i-4am/> (дата звернення: 20.05.2025).
15. БОРИСЕНКО, А. О.; КОСТЮК, Д. В. Впровадження RFID-трекінгу на складах та сортувальних дільницях. In: Інновації молоді в машинобудуванні 2025. 2025.
16. Zebra Technologies. FX9600: Стационарный RFID-зчитувач [Електронний ресурс]. Лінкольншир, Іллінойс, США. 2024. URL: <https://www.zebra.com/ru/ru/products/spec-sheets/rfid/rfid-readers/fx9600.html> (дата звернення: 01.06.2025).
17. Промсат. Механічна частина: основні вузли і агрегати [Електронний ресурс]. 2025. URL: <http://www.promsat.com/page/1902/> (дата звернення: 01.06.2025).

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Festo. CMMO-ST-LK-HP: Сервоконтролер [Електронний ресурс]. 2017. URL: https://www.festo.com/net/ro_ro/SupportPortal/Files/796645/CMMO-ST-LK-HP_2017-05b_8071676gl.pdf (дата звернення: 03.06.2025).
19. Metal Work. Завантажити брошури та каталоги [Електронний ресурс]. Київ, Україна. 2025. URL: <https://www.metalwork.ua/pnevmatichni-komponenty/Download-Brochure-Catalogues-0005160.html> (дата звернення: 03.06.2025).
20. ND Transportation. Warehouse Management System [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://www.ndtransportation.com/nd-blog/warehouse-management-system/> (дата звернення: 10.06.2025).
21. Mecalux. Automatic Trilateral Stacker Crane [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://www.mecalux.co.za/automated-warehouses-for-pallets/automatic-trilateral-stacker-crane> (дата звернення: 10.06.2025).
22. Mecalux. Automatic Trilateral Stacker Crane [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://www.mecalux.co.za/automated-warehouses-for-pallets/automatic-trilateral-stacker-crane> (дата звернення: 10.06.2025).
23. MachineMfg. RGV, AGV and IGV [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://www.machinemfg.com/es/rgv-agv-and-igv/> (дата звернення: 10.06.2025).
24. Plywoodmach.com. [Головна сторінка] [Електронний ресурс]. 2025. URL: <http://www.plywoodmach.com/> (дата звернення: 10.06.2025).
25. Метал Холдінг. [Головна сторінка] [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://metal-holding.ua/> (дата звернення: 10.06.2025).
26. Нова пошта. [Головна сторінка] [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://novaposhta.ua/> (дата звернення: 10.06.2025).

		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

27. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування. Підручник.: Житомир, ЖДТУ – 2005. – 835 с.
28. Якимов О.В., Марчук В.І., Якимов О.О., Ларшин В.П. Технологія машино- та приладобудування. Підручник: Луцьк, ЛДТУ – 2005.-710с.
29. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування: навчально-методичний посібник/О.У. Захаркін.– Суми:Вид-во СумДУ, 2004. – 98 с.
30. Основи технології машинобудування / І. Назаренко, А.Т.Свідерський, Р.І. Рибалко, О.П.Дєдов / Навчальний посібник. Київ, КНУБА, 2010. – 165 с.
31. Abplanalp. [Головна сторінка] [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://abplanalp.ua/> (дата звернення: 10.06.2025).
32. Saratoga Tools. [Головна сторінка] [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://www.saratools.com/> (дата звернення: 10.06.2025).
33. Kyocera Corporation. [Головна сторінка] [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://global.kyocera.com/> (дата звернення: 10.06.2025).
34. Sandvik Coromant. [Головна сторінка] [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://www.sandvik.coromant.com/> (дата звернення: 10.06.2025).
35. Технологія обробки на верстатах з ЧПК [Текст] : навч. Посіб. Для студ. Машинобуд. Спец. Вищ. Техн. Навч. Закл. / Гевко Б. М. [та ін.] ; Терноп. Нац. Техн. Ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. Технології машинобуд. Та автомобілів. – Т. : Крок, 2014. – 131 с. : табл., рис. – Бібліогр.: с. 126-128. – 300 прим. – ISBN 978-617-692-168-4
36. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК [Текст] : навч. Посіб. Для студ. Вищ. Навч. Закл. / С. Л. Міранцов [и др.] ; Донбаська державна машинобудівна академія (Краматорськ). –

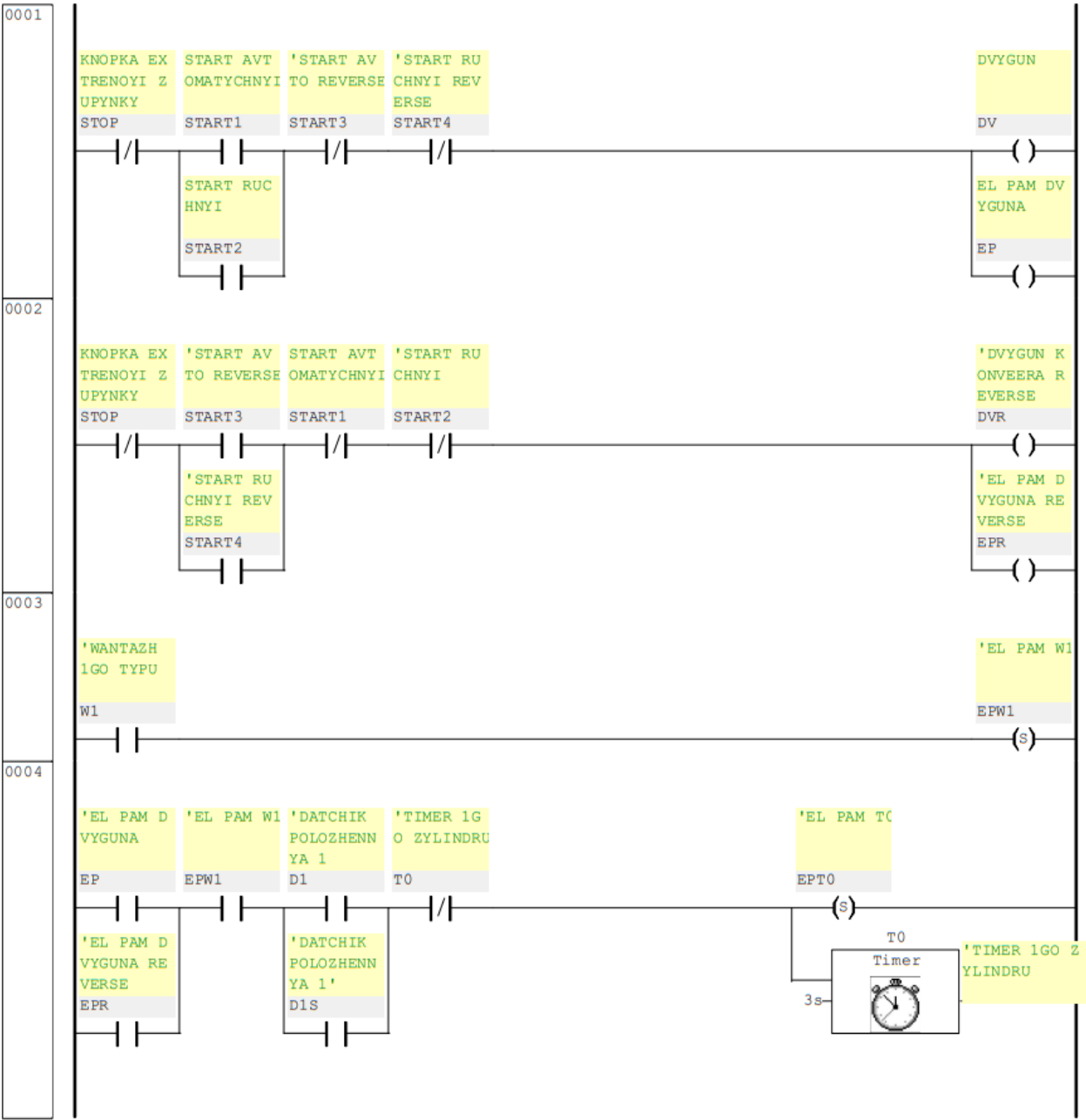
		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

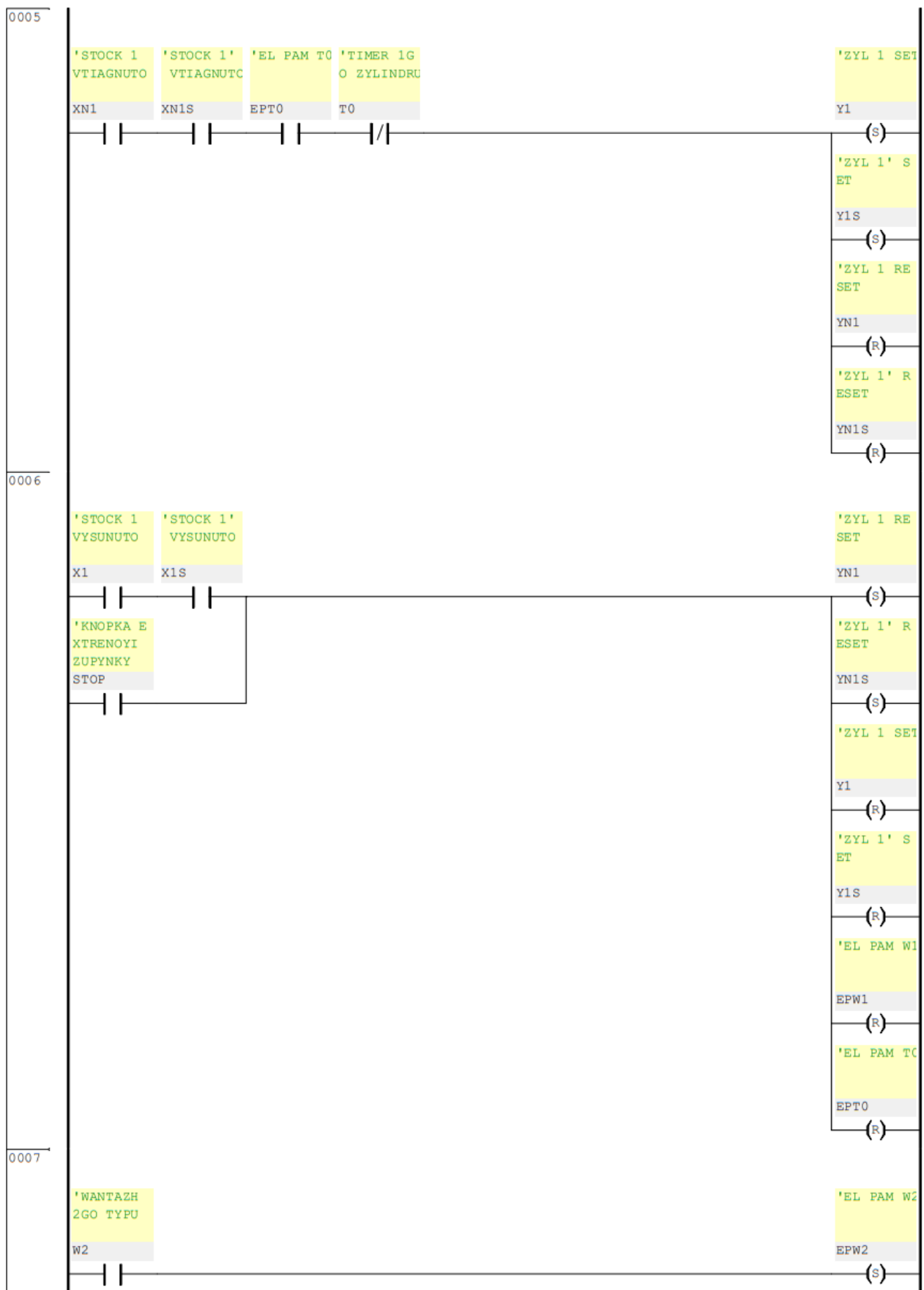
Краматорськ : ДДМА, 2012. – 151 с. – Бібліогр.: с. 125. – ISBN 978-966-379-549-2

37. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення [Текст] : навч. Посіб. Для студентів ВНЗ напрямів підгот. 050502- «Інженерна механіка» та 050503 – «Машинобудування» / Ю. М. Кузнецов [та ін.]. – Київ ; Кременчук ; Севастополь : Точка, 2014. – 499 с. : рис., табл. – Бібліогр.: с. 487-492. – ISBN 978-617-669-149-5
38. Верховна Рада України. Офіційний вебпортал парламенту України [Електронний ресурс]. Київ, Україна. 2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/> (дата звернення: 10.06.2025).
39. ТОВ «БУДСТАНДАРТ». Будстандарт Онлайн [Електронний ресурс]. Київ, Україна. 2025. URL: <https://online.budstandart.com/ua/> (дата звернення: 10.06.2025).

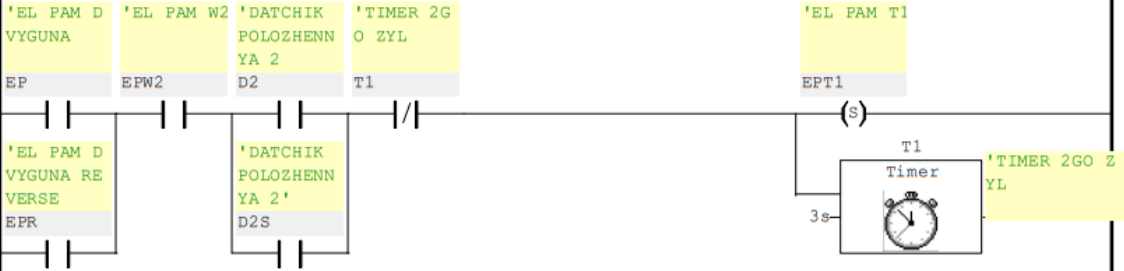
		Борисенко			ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмний код для автоматизованої пневмосистеми мовою LD

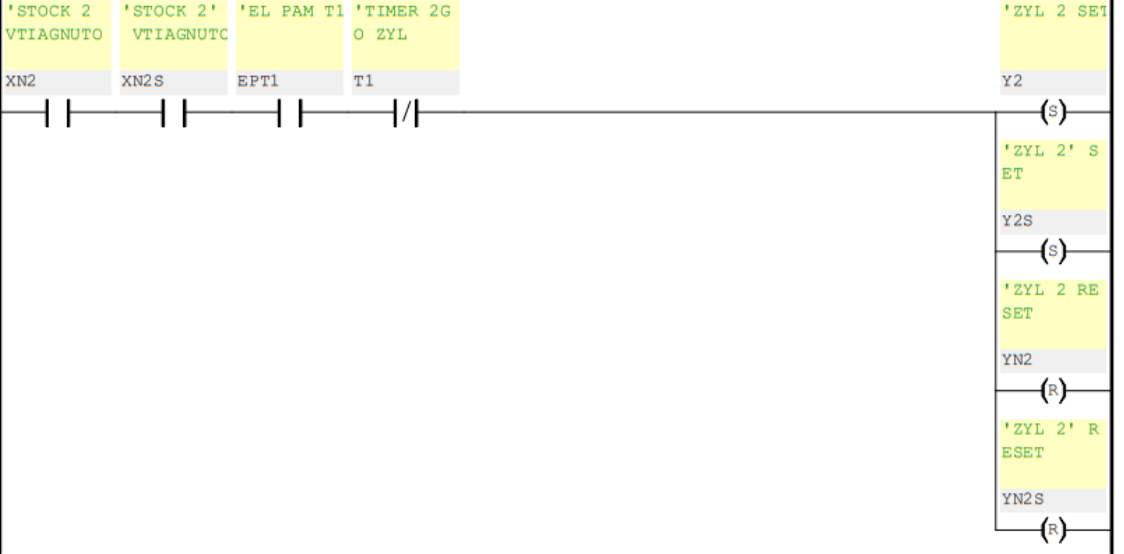




0008

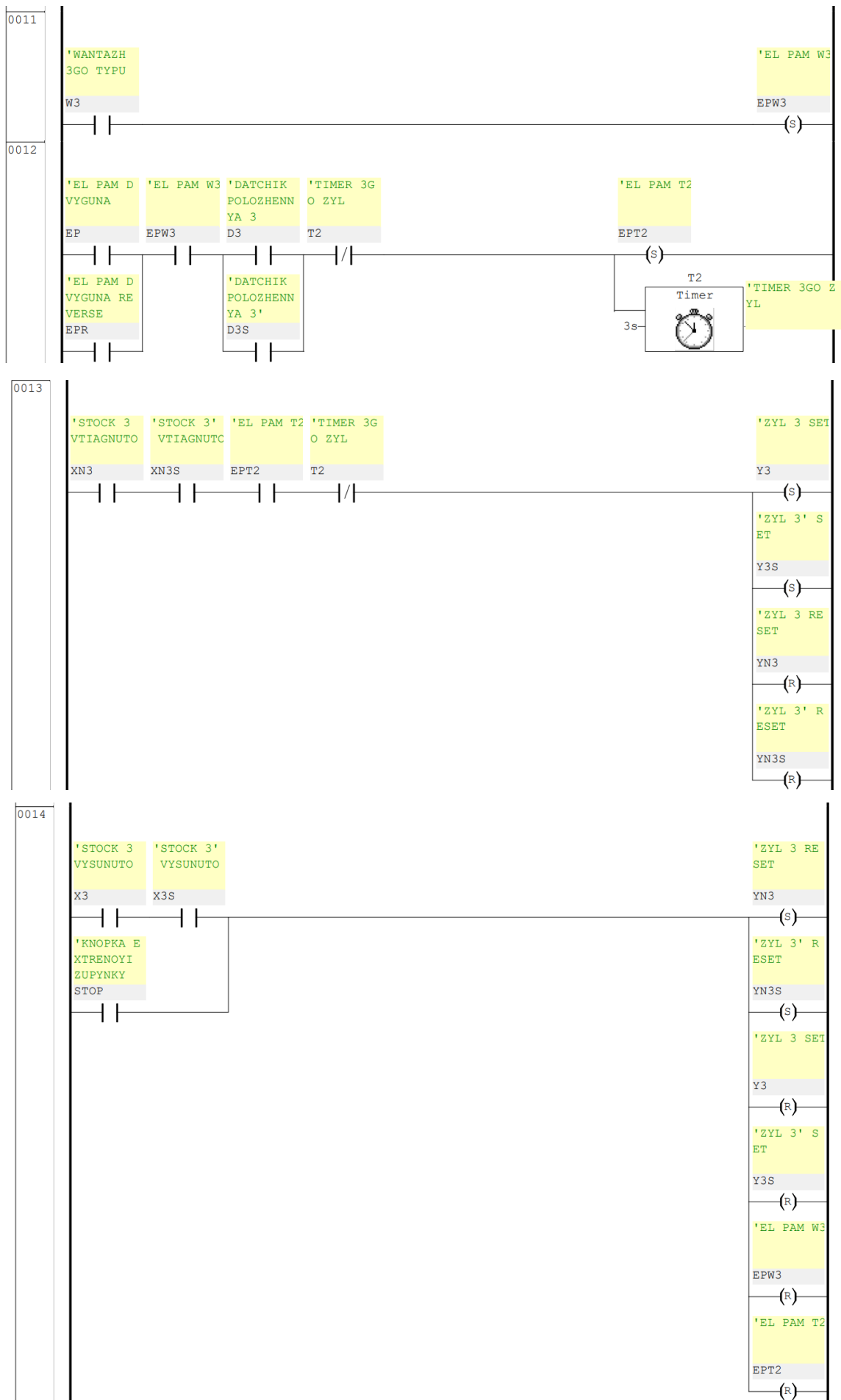


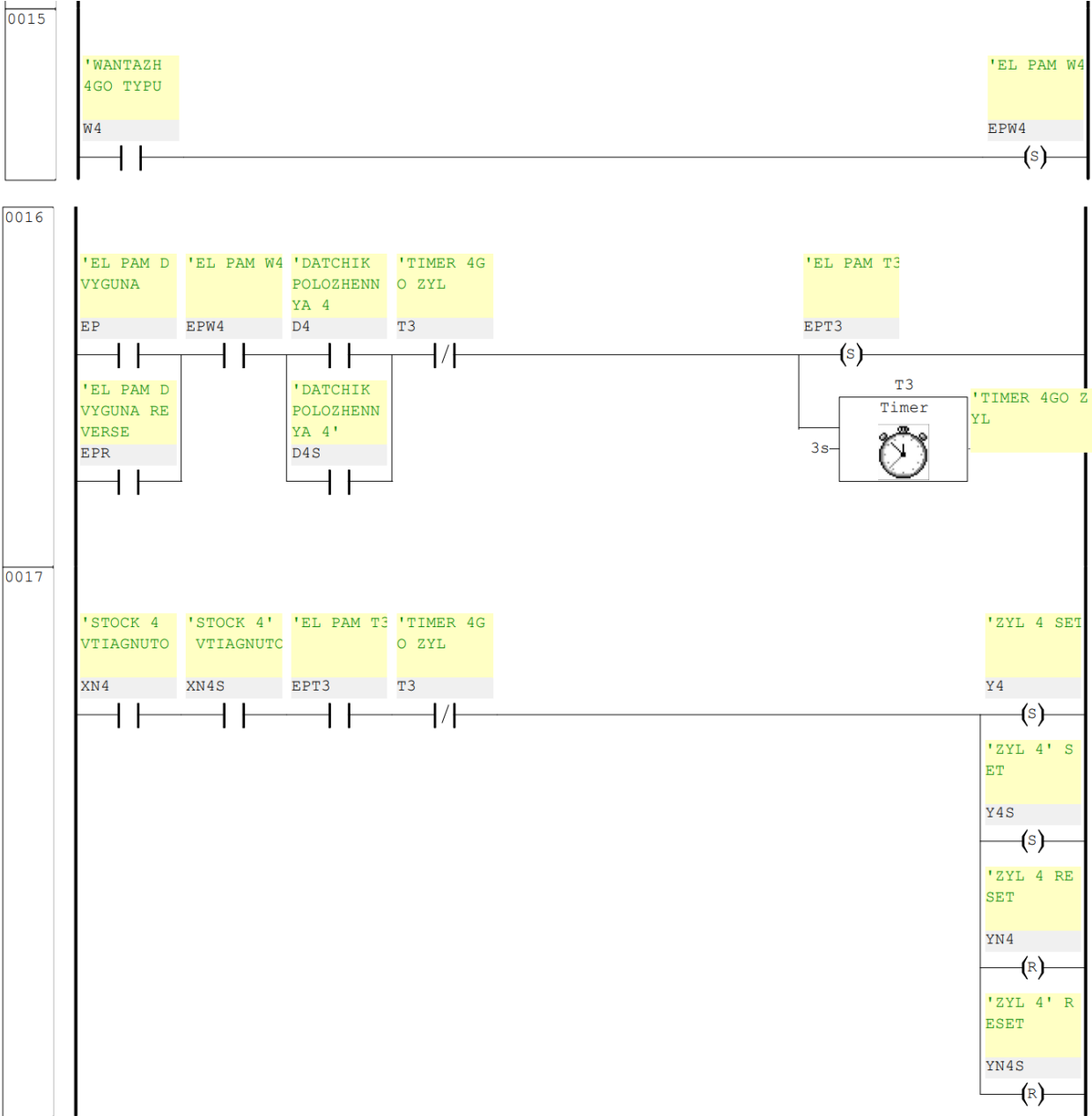
0009



0010







Програмний код для автоматизованої пневмосистеми мовою STL

```

IF          N      STOP          "--ZAPUSK/ZUPYNKA SYSTEMY--"
      AND      (   START1        'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
      OR      START2      )      'START AVTO
      AND      N      START3        'START RUCHNYI
      AND      N      START4        'START AVTO REVERSE
THEN SET      DV          'START RUCHNYI REVERSE
      SET      EP          'DVGUN KONVEERA
IF          STOP          'EL PAM DVGUNA
      OR      ( N   START1        'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
      AND      N      START2      )      'START AVTO
      OR      START3        'START RUCHNYI
      OR      START4        'START AVTO REVERSE
      OR      START4        'START RUCHNYI REVERSE
THEN RESET   DV          'DVGUN KONVEERA
      RESET   EP          'EL PAM DVGUNA

IF          N      STOP          'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
      AND      (   START3        'START AVTO REVERSE
      OR      START4      )      'START RUCHNYI REVERSE
      AND      N      START1        'START AVTO
      AND      N      START2        'START RUCHNYI
THEN SET      DVR          'DVGUN KONVEERA REVERSE
      SET      EPR          'EL PAM DVGUNA REVERSE
IF          STOP          'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
      OR      ( N   START3        'START AVTO REVERSE
      AND      N      START4      )      'START RUCHNYI REVERSE
      OR      START1        'START AVTO
      OR      START2        'START RUCHNYI
THEN RESET   DVR          'DVGUN KONVEERA REVERSE
      RESET   EPR          'EL PAM DVGUNA REVERSE

IF          W1          "DLIA 1GO TYPU WANTAZHU"
THEN SET      EPW1        'WANTAZH 1GO TYPU
IF          (   EP          'EL PAM W1
      OR      EPR      )      'EL PAM DVGUNA
      AND      EPW1        'EL PAM DVGUNA REVERSE
      AND      (   D1          'EL PAM W1
      OR      D1S      )      'DATCHIK POLOZHENNYA 1
      AND      N      T0          'DATCHIK POLOZHENNYA 1'
THEN SET      EPT0        'TIMER 1GO ZYLINDRU
      SET      TIMER1      'EL PAM T0
      WITH      3s          'TIMER 1GO ZYLINDRU
IF          XN1          'STOCK 1 VTIAGNUTO
      AND      XN1S        'STOCK 1' VTIAGNUTO
      AND      EPT0        'EL PAM T0
      AND      N      T0          'TIMER 1GO ZYLINDRU
THEN SET      Y1          'ZYL 1 SET
      SET      Y1S          'ZYL 1' SET
      RESET   YN1          'ZYL 1 RESET
      RESET   YN1S        'ZYL 1' RESET
IF          (   X1          'STOCK 1 VYSUNUTO
      AND      X1S      )      'STOCK 1' VYSUNUTO
      OR      STOP          'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
THEN SET      YN1          'ZYL 1 RESET
      SET      YN1S        'ZYL 1' RESET
      RESET   Y1          'ZYL 1 SET
      RESET   Y1S          'ZYL 1' SET

```

Борисенко

ДП.МА13.1304.00.00.000.ПЗ

Арк.

108

	RESET		EPW1	'EL PAM W1
	RESET		EPT0	'EL PAM T0
IF			W2	"DLIA 2GO TYPY WANTAZHU"
THEN	SET		EPW2	'WANTAZH 2GO TYPY
IF		(	EP	'EL PAM W2
	OR		EPR	'EL PAM DVGUNA
	AND		EPW2	'EL PAM DVGUNA REVERSE
	AND	(	D2	'EL PAM W2
	OR		D2S	'DATCHIK POLOZHENNYA 2
	AND	N	T1	'DATCHIK POLOZHENNYA 2'
THEN	SET		EPT1	'TIMER 2GO ZYL
	SET		TIMER2	'EL PAM T1
	WITH		3s	'TIMER 2GO ZYL
IF			XN2	'STOCK 2 VTIAGNUTO
	AND		XN2S	'STOCK 2' VTIAGNUTO
	AND		EPT1	'EL PAM T1
	AND	N	T1	'TIMER 2GO ZYL
THEN	SET		Y2	'ZYL 2 SET
	SET		Y2S	'ZYL 2' SET
	RESET		YN2	'ZYL 2 RESET
	RESET		YN2S	'ZYL 2' RESET
IF		(	X2	'STOCK 2 VYSUNUTO
	AND		X2S	'STOCK 2' VYSUNUTO
	OR		STOP	'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
THEN	SET		YN2	'ZYL 2 RESET
	SET		YN2S	'ZYL 2' RESET
	RESET		Y2	'ZYL 2 SET
	RESET		Y2S	'ZYL 2' SET
	RESET		EPW2	'EL PAM W2
	RESET		EPT1	'EL PAM T1
IF			W3	"DLIA 3GO TYPY WANTAZHU"
THEN	SET		EPW3	'WANTAZH 3GO TYPY
IF		(	EP	'EL PAM W3
	OR		EPR	'EL PAM DVGUNA
	AND		EPW3	'EL PAM DVGUNA REVERSE
	AND	(	D3	'EL PAM W3
	OR		D3S	'DATCHIK POLOZHENNYA 3
	AND	N	T2	'DATCHIK POLOZHENNYA 3'
THEN	SET		EPT2	'TIMER 3GO ZYL
	SET		TIMER3	'EL PAM T2
	WITH		3s	'TIMER 3GO ZYL
IF			XN3	'STOCK 3 VTIAGNUTO
	AND		XN3S	'STOCK 3' VTIAGNUTO
	AND		EPT2	'EL PAM T2
	AND	N	T2	'TIMER 3GO ZYL
THEN	SET		Y3	'ZYL 3 SET
	SET		Y3S	'ZYL 3' SET
	RESET		YN3	'ZYL 3 RESET
	RESET		YN3S	'ZYL 3' RESET
IF		(	X3	'STOCK 3 VYSUNUTO
	AND		X3S	'STOCK 3' VYSUNUTO
	OR		STOP	'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
THEN	SET		YN3	'ZYL 3 RESET
	SET		YN3S	'ZYL 3' RESET
	RESET		Y3	'ZYL 3 SET
	RESET		Y3S	'ZYL 3' SET
	RESET		EPW3	'EL PAM W3
	RESET		EPT2	'EL PAM T2

IF		W4	"DLIA 4GO TYPU WANTAZHU"
THEN	SET	EPW4	'WANTAZH 4GO TYPU
IF		EP	'EL PAM W4
	OR	EPR	'EL PAM DVGUNA
	AND	EPW4	'EL PAM DVGUNA REVERSE
	AND	D4	'EL PAM W4
	OR	D4S	'DATCHIK POLOZHENNYA 4
	AND	T3	'DATCHIK POLOZHENNYA 4'
THEN	SET	EPT3	'TIMER 4GO ZYL
	SET	TIMER4	'EL PAM T3
	WITH	3s	'TIMER 4GO ZYL
IF		XN4	'STOCK 4 VTIAGNUTO
	AND	XN4S	'STOCK 4' VTIAGNUTO
	AND	EPT3	'EL PAM T3
	AND	T3	'TIMER 4GO ZYL
THEN	SET	Y4	'ZYL 4 SET
	SET	Y4S	'ZYL 4' SET
	RESET	YN4	'ZYL 4 RESET
	RESET	YN4S	'ZYL 4' RESET
IF		X4	'STOCK 4 VYSUNUTO
	AND	X4S	'STOCK 4' VYSUNUTO
	OR	STOP	'KNOPKA EXTRENOYI ZUPYNKY
THEN	SET	YN4	'ZYL 4 RESET
	SET	YN4S	'ZYL 4' RESET
	RESET	Y4	'ZYL 4 SET
	RESET	Y4S	'ZYL 4' SET
	RESET	EPW4	'EL PAM W4
	RESET	EPT3	'EL PAM T3