

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ АКТ _____
Кафедра _____ КІТАР _____
Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____
Тип програми _____ освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ «Системна інженерія» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри КІТАР _____
(підпис)

«_____» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Студентові _____ Бурлуцькому Владиславу Олександровичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Розробка автоматизованої конвеєрної системи для сортування та складання. _____

Затверджена наказом університету від 20.05.2024 р. № 478 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 16.06.2024 р

3. Вихідні дані до роботи:

3.1 Конвеєрна лінія; _____

3.2 Середовище проектування AutoCAD _____

3.3 Середовище моделювання SolidWorks _____

3.4 Можливість апаратної реалізації _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі:

4.1 Вступ; _____

4.2 Визначення мети, об'єкту та предмету розробки; _____

4.3 Аналіз предметної області; _____

4.4 Розробка топології та вибір обладнання для конвеєрної лінії; _____

4.5 Розробка програмного забезпечення автоматичної конвеєрної системи на основі мови релейної логіки LAD _____

4.6 Висновки. _____

5. Графічний демонстраційний матеріал в форматі powerpoint(*.ppt) формату А4 –15 сторінок.

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		Підпис	Дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Актуальність роботи, постановка задачі	12.04.24 – 16.04.24	виконано
2	Визначення мети об'єкту і предмету розробки	18.04.24 – 22.04.24	виконано
3	Аналіз предметної області	22.04.24 – 8.05.24	виконано
4	Розробка топології та проектування обладнання для конвеєрної лінії	08.05.24 – 22.05.24	виконано
5	Розробка автоматизованої системи для сортування та складання	22.05.24 – 26.05.24	виконано
6	Подання роботи на перевірку автоматизованою системою щодо дотримання академічної доброчесності	26.05.24 – 04.06.24	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	04.06.24 – 08.06.24	виконано
8	Подання роботи на рецензію	08.06.24 – 12.06.24	виконано
9	Подання роботи на підпис зав. кафедри	12.06.24 – 14.06.24	виконано
11	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	14.06.24 – 16.06.24	виконано

Дата видачі завдання 08.04 2024 р.

Студент _____
(підпис)

Бурлуцький В.О.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Демська Н. П.
(посада, прізвище, ініціали)

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«11» червня 2024 р.

Владислав БУРЛУЦЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 54 с., 16 рис., 1 дод., 17 джерел.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, AUTOCAD, SOLIDWORKS,
КОНВЕЄРНА ЛІНІЯ, ПРОЕКТУВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ.

Об'єкт розробки – процес автоматизації конвеєрної лінії.

Предмет розробки – програмне забезпечення та технічна документація для автоматизованої системи проектування та моделювання конвеєрної лінії.

Мета роботи – створення ефективної та надійної автоматизованої системи для проектування та моделювання конвеєрної лінії з використанням програмного забезпечення AutoCAD та SolidWorks, що дозволить оптимізувати виробничі процеси та зменшити витрати на експлуатацію обладнання.

В роботі проведено аналіз існуючих аналогів та технологічних рішень у сфері автоматизації конвеєрних систем, а також досліджено особливості проектування та моделювання за допомогою AutoCAD та SolidWorks. Розроблено структурну схему автоматизованої системи та створено технічну документацію. Після цього було проведено тестування та оптимізацію розробленої системи.

Розроблене програмне забезпечення забезпечує коректну роботу конвеєрної системи, підвищуючи ефективність виробничих процесів та знижуючи витрати на експлуатацію обладнання.

ABSTRACT

Explanatory Note: 54 pages, 16 figures, 1 appendix, 17 references.

AUTOMATED SYSTEM, AUTOCAD, SOLIDWORKS, CONVEYOR LINE, DESIGN, MODELING.

Object of Development – the process of automating a conveyor line.

Subject of Development – software and technical documentation for an automated system for designing and modeling a conveyor line.

Purpose of the Study – to create an efficient and reliable automated system for designing and modeling a conveyor line using AutoCAD and SolidWorks software, which will optimize production processes and reduce equipment operating costs.

The qualification work includes an analysis of existing analogs and technological solutions in the field of conveyor system automation, as well as an investigation into the design and modeling features using AutoCAD and SolidWorks. A structural scheme of the automated system was developed, and technical documentation was created. Subsequently, the developed system was tested and optimized.

During the work, an effective automated design system for the conveyor line was created. The developed software ensures the correct operation of the conveyor system, enhancing the efficiency of production processes and reducing equipment operating costs.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	9
Вступ.....	10
1 Аналіз предметної області.....	12
1.1 Компоненти автоматичних логістичних систем	12
1.2 Переваги автоматичних логістичних систем	13
1.3 Процес сортування в логістичних системах.....	14
2 Методи та технологічні рішення	16
2.1 Методи проектування автоматичних логістичних систем	16
2.2 Використання сучасних технологій	17
2.3 Практичні приклади впровадження автоматичних логістичних систем	18
2.4 Принципи, прийняті для реалізації робочої функції	19
2.5 Налаштування апаратної моделі.....	20
2.6 Системи технічного зору при сортування	21
3 Проектування конвеєрної системи	21
3.1 Аналіз застосунку AutoCAD	22
3.2 Проектування загальної схеми конвеєрної системи за допомогою AutoCAD.....	32
3.3 Переваги автоматичних конвеєрних систем від звичайних класичних систем	32
4 3 D-модельовання конвеєрних секцій.....	33
4.1 3 D-модельовання конвеєрних секцій.....	33
4.2 Огляд SolidWorks	35
4.3 Приклади розробки конвеєрної системи у SolidWorks	37
4.3.1 Проект автоматизації складу компанії “Аркан”	37
4.3.2 Впровадження нової конвеєрної системи на складі “Епіцентр” ..	38
4.4 Практичні аспекти впровадження 3D модельовання	38
4.5 Проектування 90 градусного ролегану	39

4.5.1 Вибір компонентів	40
4.5.2 Розрахунок параметрів	43
4.5.3 Конструкція	43
5 Розрахунок ефективності, навантаження та надійності системи.....	45
5.1 Розрахунок ефективності ролегану	45
5.2 Розрахунок навантаження на компоненти	46
5.3 Розрахунок надійності системи	47
6 Охорона праці.....	49
6.1 Охорона праці при автоматизації конвеєрних ліній.....	49
6.2 Аналіз небезпек і шкідливих факторів	49
6.3 Заходи з охорони праці	50
6.4 Пожежна безпека	50
6.5 Висновки	50
Висновки	52
Перелік джерел посилання.....	53
Додаток А Демонстраційний матеріал.....	55

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

AMR – Autonomous Mobile Robot;

AS/RS – Automated Storage and Retrieval System;

AutoCAD – автоматизована система проектування;

CAD – Computer–Aided Design;

IoT – інтернет речей (Internet of Things);

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition;

SolidWorks – програмне забезпечення для 3D моделювання;

WMS –Warehouse Management System.

ВСТУП

Проектування систем конвеєрного виробництва є дуже важливим у сучасному виробництві та логістиці. Успішна реалізація таких систем дозволяє значно підвищити ефективність виробничих процесів, скоротити витрати та оптимізувати використання ресурсів. Важливим етапом при розробці таких систем є вивчення сучасних технологій та підходів, що використовуються в автоматизації логістичних і виробничих процесів.

Сучасні технології, такі як робототехніка, штучний інтелект та інтернет речей (IoT), дозволяють створювати інтелектуальні та гнучкі автоматизовані системи. Одним з основних завдань проектування є створення ефективної конвеєрної системи, яка може бути інтегрована в існуючу інфраструктуру підприємства. Завдяки застосуванню цих технологій, можна досягти високого рівня автоматизації, що дозволить забезпечити безперервність виробничих процесів і мінімізувати втрати.

Об'єкт розробки – процес автоматизації конвеєрної лінії.

Предмет розробки – програмне забезпечення та технічна документація для автоматизованої системи проектування та моделювання конвеєрної лінії.

Мета роботи – створення ефективної та надійної автоматизованої системи для проектування та моделювання конвеєрної лінії з використанням програмного забезпечення AutoCAD та SolidWorks, що дозволить оптимізувати виробничі процеси та зменшити витрати на експлуатацію обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз існуючих роботизованих платформ для дослідження робочого простору;
- розробка фізиної моделі платформи для дослідження робочого простору;

– розробка моделі платформи для дослідження характеристик об'єктів робочого простору.

Робота виконана згідно [1-3].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Логістика є важливою складовою сучасного бізнесу та економіки, відповідальною за ефективне управління ланцюгами постачання, оптимізацію процесів транспортування, зберігання та дистрибуції товарів. Завдяки розвитку технологій, автоматичні логістичні системи (АЛС) стали ключовим елементом у підвищенні ефективності та продуктивності логістичних процесів. У цьому аналізі розглядаються ключові аспекти предметної області автоматичних логістичних систем, включно з їх компонентами, перевагами, викликами, інноваціями та прикладами застосування [4].

Сучасні автоматичні логістичні системи використовують передові технології, такі як робототехніка, штучний інтелект (ШІ), інтернет речей (ІоТ) для автоматизації та оптимізації різних логістичних процесів. Їх можна знайти на складах, центрах дистрибуції, транспортних мережах та логістичних ланцюгах великих компаній. Наприклад, великі корпорації, такі як Amazon і Alibaba, активно впроваджують автоматичні системи для підвищення ефективності своїх логістичних процесів [4].

1.1 Компоненти автоматичних логістичних систем

АЛС включають різні компоненти, що забезпечують автоматизацію логістичних процесів [5]:

– автоматизовані системи зберігання та підбору товарів (AS/RS), які використовують робототехніку для зберігання та вилучення товарів з високою точністю та ефективністю. Ці системи забезпечують оптимальне використання складських площ та знижують час, необхідний для обробки замовлень;

- конвеєрні системи для транспортування товарів по складу або виробничому майданчику. Вони забезпечують безперервний рух товарів, мінімізуючи час простою та покращуючи загальну продуктивність;
- роботи-маніпулятори, які використовуються для обробки, переміщення товарів та пакування. Завдяки використанню маніпуляторів можна досягти високої точності та швидкості виконання операцій;
- системи управління складом (WMS), що керують усіма аспектами роботи складу, включно з розташуванням товарів, інвентаризацією та плануванням операцій. Ці системи забезпечують точний облік товарів та оптимізацію процесів зберігання та видачі продукції;
- транспортні роботи та автономні транспортні засоби (AGV/AMR), що забезпечують автоматизоване транспортування товарів по великих складах або логістичних центрах. Вони можуть працювати без втручання людини, забезпечуючи високу ефективність та безпеку логістичних операцій [5].

1.2 Переваги автоматичних логістичних систем

Автоматичні логістичні системи мають багато переваг, які роблять їх привабливими для бізнесу [6]:

- підвищення ефективності: автоматизація процесів дозволяє скоротити час виконання завдань і зменшити кількість помилок. Наприклад, завдяки використанню роботизованих систем можна знизити час обробки замовлень до декількох хвилин;
- зменшення витрат: завдяки зниженню потреби у фізичній праці, підприємства можуть зменшити витрати на персонал та операції. Крім того, автоматизація дозволяє оптимізувати використання ресурсів, зменшуючи витрати на енергію та матеріали;
- покращення якості: автоматизація забезпечує високу точність та стабільність операцій. Це дозволяє знизити кількість дефектів та підвищити якість продукції;

– гнучкість: сучасні системи легко масштабуються або адаптуються під змінні потреби бізнесу. Наприклад, можна швидко переналаштувати систему для обробки нових типів товарів або змінити конфігурацію складу;

– зменшення ризиків: автоматизація допомагає зменшити ризики, пов'язані з людськими помилками та інцидентами на виробництві. Крім того, автоматичні системи можуть працювати в умовах, небезпечних для людей, що підвищує загальний рівень безпеки [6].

1.3 Процес сортування в логістичних системах

У давні часи можна було використовувати ручну працю для сортування предметів. Але в сучасному світі технологій, де є швидкісні галузі, швидкість виробництва надзвичайно зростає. У таких випадках галузі не можуть визнати людські помилки під час сортування цих продуктів, що також пов'язано з високими витратами на оплату праці та трудомісткими процедурами. Це породжує необхідність зменшити кількість ручних зусиль, а також людських помилок шляхом заміни звичайних методів сортування в областях, що включають неспокійне сортування, на недорогі зручні автоматизовані системи [7].

НМІ для автоматичної конвеєрної системи вважається основним способом керування кожною операцією у зручний спосіб. Автоматизація кожного сектора промисловості є важливим кроком до підвищення ефективності, зниження витрат і уникнення людських помилок. Автоматизовані машини можуть виконувати повторювані рухи послідовно, не залучаючи перспективи травм або нещасних випадків, таким чином уникаючи вищих витрат [8].

Поряд із забезпеченням вищих показників пропускної здатності, економія досягається завдяки скороченню заробітної плати та негайному поверненню ефективності, що призводить до швидшого повернення інвестицій у цю інвестицію.

Сортування є одним із таких процесів, який є свідком переходу людської некваліфікованої праці до автоматизованих машин у виробничих галузях завдяки багатьом перевагам [7].

Ці системи сортування є сполучною ланкою між системою виробництва та пакувальним обладнанням, яке використовується переважно у промисловості та логістиці, де продукти розрізняються та відокремлюються на основі певних параметрів, таких як розмір, висота та колір. У статті розроблено автоматичну сортувальну конвеєрну стрічку, яка може автоматично обробляти об'єкти, що рухаються по конвеєрній стрічці, і далі сортувати їх, розрізняючи на основі висоти. Встановлюється точне значення параметра висоти, яке використовується як умова для того, щоб дозволити об'єктам пройти до наступного кроку на конвеєрі або бути викинутими в інший простір для збору чи доставки в інше місце призначення [8].

Управління, вибране для досягнення цієї функціональності, здійснюється через програмований логічний контролер PLC S7-200, який містить логіку для підключених компонентів для виконання необхідних операцій. Переміщення об'єктів на конвеєрній стрічці здійснюється за допомогою двигуна, і об'єкти потрапляють до сенсорної частини, де фотоелектричний датчик відчуває висоту об'єкта та передає свій сигнал ПЛК, який приймає рішення на основі цього та далі керує приводом для відхилення об'єкта поштовхом поршня або дозволяє йому піти далі.

Автоматична сортувальна конвеєрна машина є дуже практичним прикладом автоматизації у виробничій та переробній промисловості. Крім того, оснащення його HMI та SCADA розширить його можливості та надійність, зробивши його більш зручним для користувача [7].

2 МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ

2.1 Методи проектування автоматичних логістичних систем

Проектування автоматичних логістичних систем вимагає застосування системного підходу та використання сучасних методів та інструментів. Основні етапи проектування включають [9]:

- аналіз вимог: визначення потреб та вимог бізнесу, оцінка існуючих процесів та виявлення можливостей для автоматизації;
- розробка концепції: створення концептуального проекту системи, що включає опис основних компонентів та їх взаємодію;
- моделювання та симуляція: використання програмного забезпечення для моделювання та симуляції логістичних процесів з метою оцінки ефективності та виявлення можливих проблем;
- розробка технічної документації: створення технічної документації, що включає специфікації обладнання, програмного забезпечення та інтерфейсів;
- впровадження та тестування: встановлення обладнання, налаштування програмного забезпечення та проведення тестування для перевірки працездатності системи.
- навчання персоналу: проведення тренінгів для працівників, що будуть експлуатувати та обслуговувати систему.
- моніторинг та оптимізація: регулярний моніторинг роботи системи та її оптимізація для підвищення ефективності та надійності [9].

2.2 Використання сучасних технологій

Використання сучасних технологій є ключовим фактором у розробці автоматичних логістичних систем. Основні технології включають [10]:

- штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання (МН): використання інтелектуальних алгоритмів для прогнозування попиту, оптимізації маршрутів та автоматизації прийняття рішень;
- інтернет речей (IoT): під'єднання різних пристроїв до мережі для забезпечення обміну даними в режимі реального часу та підвищення рівня автоматизації;
- робототехніка: використання роботів для автоматизації процесів зберігання, підбору та транспортування товарів.
- автономні транспортні засоби (AGV/AMR): застосування автономних транспортних засобів для автоматизованого транспортування товарів на складах та в логістичних центрах.
- блокчейн-технології: використання блокчейн для забезпечення прозорості та безпеки логістичних процесів, зокрема відстеження переміщення товарів та управління ланцюгами постачання [10].

2.3 Практичні приклади впровадження автоматичних логістичних систем

Впровадження автоматичних логістичних систем вже знайшло широке застосування у різних галузях. Ось кілька прикладів [11]:

- Amazon: компанія активно використовує роботів Kiva для автоматизації процесів зберігання та підбору товарів на своїх складах. Це дозволило значно підвищити ефективність та швидкість обробки замовлень;
- Alibaba: китайський гігант електронної комерції впровадив інтелектуальні системи управління складом, що включають роботів, автоматичні конвеєри та системи управління запасами. Це допомогло оптимізувати логістичні процеси та знизити витрати;
- DHL: логістична компанія використовує автономні транспортні засоби для автоматизованого транспортування вантажів на своїх складах. Це сприяє підвищенню ефективності та безпеки операцій [11].

2.4 Принципи, прийняті для реалізації робочої функції

Після виробничого процесу робочі деталі різних розмірів рухаються по одній конвеєрній стрічці, які потрібно сортувати для пакування або відправлення. Як тільки буде натиснуто зелену кнопку запуску, конвеєрна стрічка повинна почати рухатися вперед (визначаючи відповідний двигун для цього застосування), переносючи робочі деталі, які встановлюються на неї вручну, до фотоелектричного датчика, який подає сигнал, якщо об'єкт не має відповідної висоти [12].

Вихід обробляється в програмі ПЛК, яка керує приводом, щоб або дозволити об'єкту пройти через нього, або відкинути його за допомогою штовхання поршня. Цей процес має виконуватися в циклі, що повторюється, доки не буде натиснуто червону кнопку зупинки, щоб зупинити конвеєрну стрічку.

Методологія, прийнята для реалізації цієї робочої функції, викладена, як показано на рис. 2.1 [12].

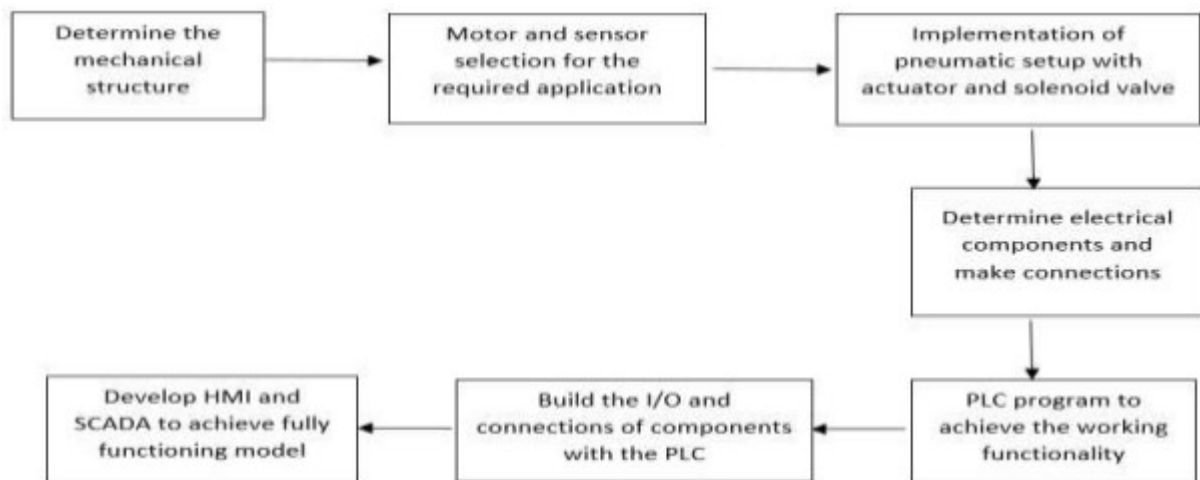


Рисунок 2.1 – Блок-схема автоматичної сортувальної конвеєрної системи на основі ПЛК [12]

2.5 Налаштування апаратної моделі

Налаштування апаратної моделі з усіма необхідними електричними, електронними, пневматичними та механічними компонентами досягнуто, що було першою метою для виконання цього проекту автоматичної сортувальної конвеєрної машини. Відповідно до робочого потоку двигун вибирається за напрямком руху за допомогою реле [12].

Управління здійснюється за допомогою кнопок, а робота контролюється програмою, завантаженою в ПЛК, яка зчитує сигнал фотоелектричного датчика та видає вихід через привод, який є циліндром односторонньої дії з пружинним перевантаженням.

МСВ і блок живлення живлять схему для його роботи. Усі ці компоненти з їхніми специфікаціями наведено в таблиці 2.1 [13].

Таблиця 2.1 – Список компонентів

№	Назва компонента	Тип	Специфікація
1	Конвеєрна стрічка	ПВХ	192 см
2	Двигуна постійного струму	Східний двигун BLH	серії BLDC 15 Вт
3	МСВ	Schneider	6A DP
4	SMPS	Siemens	24VDC/5A
5	Фотодатчик	Дифузно-відбиваючий	10В-30В
6	Ходовий електромагнітний клапан	5/2 односторонньої дії	1/4 дюйма
7	Циліндр односторонньої дії	C85	з ходом 50 мм
8	ПЛК	Siemens S7-200	224XPDC/DC/DC

2.6 Системи технічного зору для сортування

Системи технічного зору (СТЗ) швидко розвиваються в багатьох галузях промисловості. Зокрема, комбінована СТЗ з приводами в системі стеження за об'єктами швидко розвивалася і досягла багатьох результатів, підвищила рівень інтелекту, гнучкість автоматичної виробничої системи [11].

Таким чином, систему моніторингу та збору даних об'єктів на основі СТЗ, можна об'єднати з приводами, щоб створити систему з високою гнучкістю застосувань у пакуванні чи сортуванні.

Важливою функцією цієї системи є її здатність ідентифікувати властивості та визначати координати об'єкта для сортування. З даними, зібраними з камер, розміщених у верхній частині конвеєрної стрічки, програмне забезпечення виконає алгоритми для ідентифікації та аналізу об'єктів на конвеєрній стрічці.

Обчислені дані можна об'єднати з роботом або іншими приводами для виконання процесу відбору та розміщення в упаковці або сортування [13].

3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНВЕЄРНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Аналіз застосунку AutoCAD

Проектування конвеєрних систем з використанням AutoCAD є невід'ємною частиною сучасного промислового процесу. Автоматизовані системи транспортування матеріалів відіграють важливу роль у виробничих лініях та заводах різних галузей, від автомобільної до харчової промисловості. Під час створення конвеєрних систем з використанням AutoCAD переваги і недоліки визначаються рядом факторів, таких як точність проектування, швидкість розробки, зручність у використанні та інтеграція з іншими програмами [14].

Важливість проектування конвеєрних систем з використанням AutoCAD полягає у кількох ключових аспектах. По-перше, AutoCAD дозволяє створювати докладні та точні моделі конвеєрів, враховуючи всі необхідні параметри та вимоги проекту. Це дозволяє забезпечити оптимальну функціональність системи та уникнути потенційних проблем у майбутньому. Крім того, завдяки широкому спектру інструментів та бібліотекам символів, розробка проекту конвеєрної системи з використанням AutoCAD займає значно менше часу порівняно з ручним кресленням. Це дозволяє прискорити виробничий процес та збільшити продуктивність.

Також важливою перевагою є можливість візуалізації. AutoCAD дозволяє створювати тривимірні моделі конвеєрів, що допомагає зрозуміти структуру системи та виявити можливі проблеми ще до їх виникнення на практиці. Це сприяє більш ефективному процесу проектування та дозволяє вносити корективи на ранніх етапах. Крім того, завдяки параметричним можливостям програми, внесення змін у проект конвеєрної системи в AutoCAD відбувається швидко та безпомилково, що дозволяє легко адаптувати систему до змінних вимог та умов [15].

Незважаючи на всі переваги, AutoCAD має також деякі обмеження та недоліки. Наприклад, він може бути складним у використанні для користувачів з обмеженим досвідом у роботі з програмним забезпеченням CAD. Крім того, великі обсяги даних можуть сповільнити роботу програми на слабших комп'ютерах. Однак, на ринку існують альтернативи AutoCAD для проектування конвеєрних систем. Наприклад, SolidWorks та CATIA пропонують широкий набір інструментів для тривимірного моделювання та проектування. Fusion 360 від Autodesk є іншим варіантом, який поєднує в собі можливості CAD, CAM та CAE у одній програмі [14].

При проектуванні конвеєрних систем важливо враховувати ряд основних принципів, таких як аналіз потреб, оптимізація процесу, безпека, ефективність та супровід та підтримка. Аналіз потреб допомагає визначити вимоги до системи та забезпечити її відповідність. Оптимізація процесу полягає у пошуку оптимального рішення, що забезпечить максимальну продуктивність та ефективність системи. Безпека та ефективність є ключовими факторами успіху конвеєрних систем, тому важливо враховувати їх на всіх етапах проектування. Нарешті, забезпечення адекватного супроводу та підтримки після введення в експлуатацію допомагає забезпечити безперебійне функціонування системи та мінімізує ризики виникнення проблем.

3.2 Проектування загальної схеми конвеєрної системи за допомогою AutoCAD

У процесі проектування конвеєрних систем важливим етапом є отримання реальних розмірів виробництва від замовника. Ці дані є ключовими для визначення оптимального розташування конвеєрних ліній та їх ефективної роботи. Після отримання цих даних з'являється можливість використовувати програмне забезпечення, таке як AutoCAD, для детального проектування системи. Використання AutoCAD дозволяє створювати точні та

докладні моделі, враховуючи всі параметри та вимоги проекту. Завдяки широкому набору інструментів та бібліотекам символів, розробка проекту стає більш ефективною та швидкою. Інженери також можуть врахувати ергономічні аспекти та нормативні вимоги безпеки під час проектування.

Результатом цього процесу є оптимальний дизайн конвеєрної системи, який відповідає потребам замовника та вимогам безпеки й ефективності. Таким чином, отримання реальних даних від замовника є першочерговим етапом у процесі проектування конвеєрних систем і визначає подальші кроки в процесі створення оптимального рішення.

На рисунку 3.1 можна побачити зону сортування першого рівня системи.

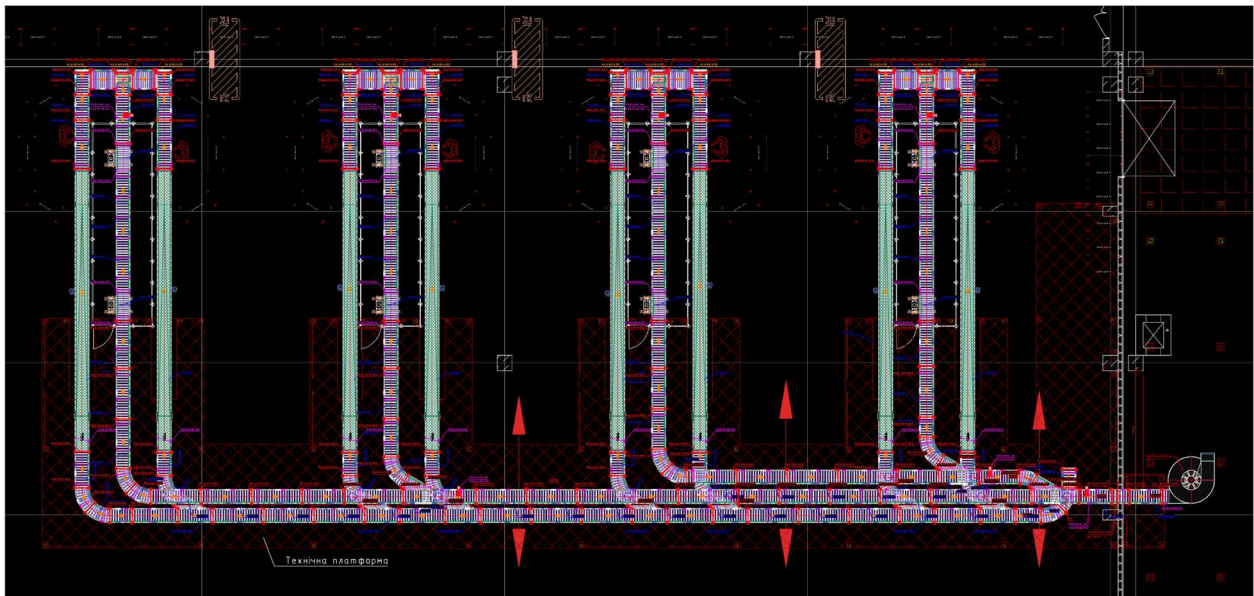


Рисунок 3.1 – Зона сортування першого рівню конвеєрної системи

Зона сортування в конвеєрній системі відіграє ключову роль у виробничому процесі. Її призначення полягає в розділенні та розподілі матеріалів або виробів залежно від їх характеристик та призначення. Принцип роботи зони сортування базується на використанні різних механізмів і пристроїв, що дозволяють розподіляти потік матеріалів по різних напрямках або категоріях.

Зона сортування виконує кілька важливих функцій. По–перше, вона розділяє продукцію на різні категорії або групи відповідно до їхніх параметрів, таких як розмір, форма, вага або тип. Це дозволяє ефективно організувати процес подальшої обробки та транспортування. Крім того, зона сортування направляє потік матеріалів у відповідному напрямку, що сприяє оптимізації робочого процесу.

Однією з важливих функцій зони сортування є відсіювання бракованих або пошкоджених елементів. Це дозволяє запобігти подальшому використанню неякісних матеріалів або виробів, що може призвести до втрати часу та ресурсів. Крім того, зона сортування сприяє ефективному маркуванню або пакуванню продукції перед подальшим використанням або відправленням.

Загалом, зона сортування в конвеєрній системі відіграє важливу роль у підвищенні ефективності та продуктивності виробничого процесу. Вона дозволяє раціонально організувати потік матеріалів або виробів, зменшуючи час та зусилля, необхідні для подальшої обробки чи транспортування. Таким чином, зона сортування відіграє важливу роль у впорядкуванні та оптимізації виробничого процесу на підприємстві.

Для побудування конвеєрної лінії використовувалося 232 конвеєрні секції, 8 стрічкових конвеєрів, 286 датчиків, загальна довжина системи 348 м. Більш детальні зображення зони сортування зображені на рис. 3.2.

Штрафна зона для нерозпізнаного товару є важливою складовою конвеєрної системи, призначеною для виявлення та обробки нерозпізнаних або бракованих товарів. Ця зона має на меті зменшити втрати та оптимізувати виробничий процес шляхом відсіювання непридатних до використання товарів або виробів.

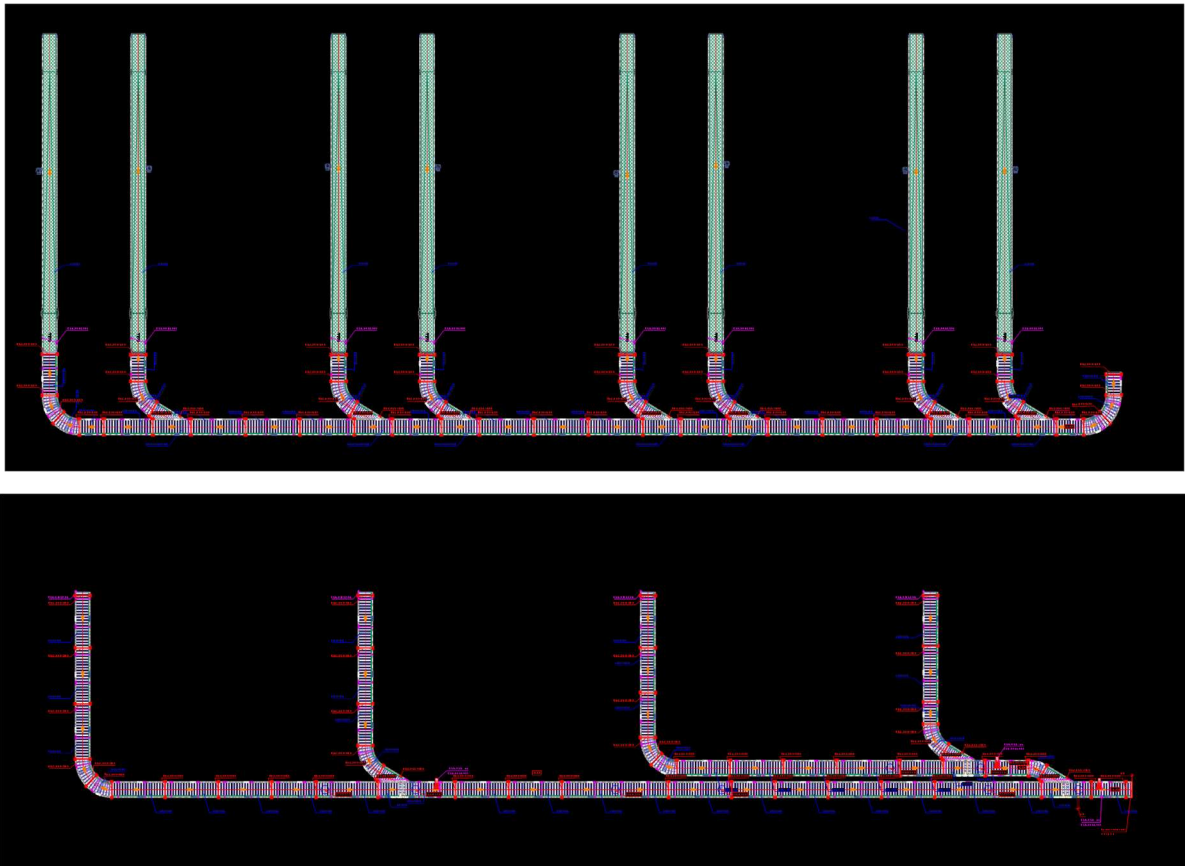


Рисунок 3.2 – Детальні зображення зони сортування технічна платформа, перший та другий рівні

Основна функція штрафної зони полягає у виявленні та відсіюванні товарів, які не відповідають встановленим стандартам якості або специфікаціям замовника. Це може стосуватися товарів з дефектами, пошкоджених виробів або неправильно позначених товарів. Після виявлення нерозпізнаного товару він направляється до штрафної зони для подальшої обробки.

У штрафній зоні застосовуються різноманітні методи обробки нерозпізнаних товарів. Це може включати видалення браку або дефектів, ремонт або відновлення товару, або видалення з потоку виробництва для подальшого рециклінгу або знищення. Важливою функцією штрафної зони є також виконання аудиту та документування нерозпізнаних товарів для подальшого аналізу та вдосконалення виробничого процесу.

Штрафна зона може бути обладнана різноманітними технологіями та пристроями для виявлення та обробки нерозпізаного товару. Наприклад, вона може включати системи візуального або механічного сортування, детектори металу або рентгеновські пристрої для виявлення пошкоджень або сторонніх предметів у товарах.

Впровадження штрафної зони для нерозпізаного товару має ряд переваг для виробничого підприємства. Воно допомагає зменшити втрати через видалення непридатних до продажу товарів з виробничого потоку, підвищує якість продукції та покращує репутацію підприємства. Крім того, вона сприяє ефективному використанню ресурсів та оптимізує виробничий процес, що веде до зниження витрат та підвищення конкурентоспроможності компанії.

На рисунку 3.3 можна побачити зображення штрафної зони, яка складається з 186 секцій приблизною довжиною 279 м [15].

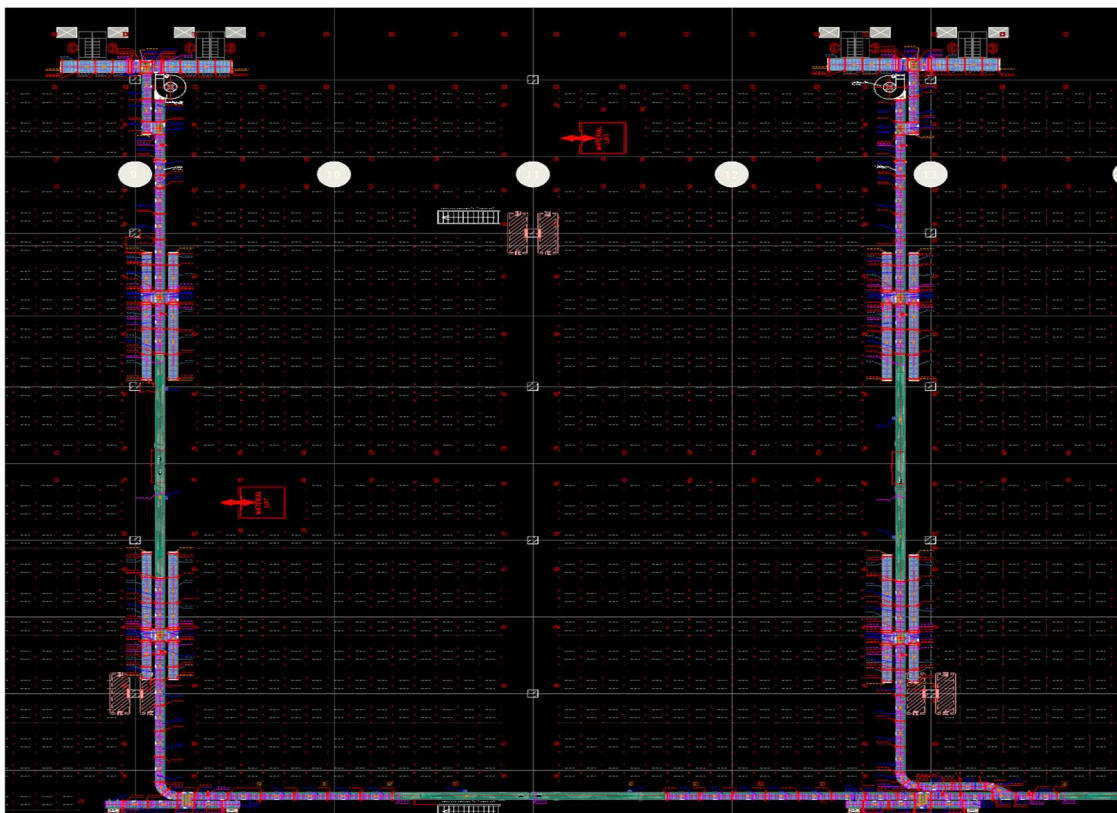


Рисунок 3.3 – Штрафна зона першого рівня для нерозпізаного товару

Конвеєрна зона розвантаження товару – це ключовий етап в логістичному процесі, де товари, які прибули або вироблені, розгружаються з транспортних засобів та подаються на подальшу обробку або зберігання. Ця зона має важливе значення для ефективного функціонування складсько-логістичного комплексу.

Першим кроком в процесі розвантаження є прибуття транспортного засобу з вантажем до призначеної зони. Водії або персонал, відповідальний за розвантаження, припиняють рух транспорту та встановлюють його в потрібному місці для ефективного доступу до товарів. Потім відбувається процес розгортання документації, такої як товарні накладні та інші необхідні документи. Основний етап – це саме розвантаження. Персонал використовує різноманітні механізми, такі як кранівна техніка, підйомники або ручні пристрої, для вивантаження товарів з транспортного засобу. Під час цього процесу важливо дотримуватися правил безпеки та уникати пошкоджень товарів або транспортних засобів [15].

Після розвантаження товари переміщуються на наступний етап обробки або зберігання (рис. 3.4). Це може включати сортування, перевірку на відповідність замовленню, маркування, упаковку та інші операції в залежності від потреб клієнта або внутрішніх вимог компанії. Не менш важливою частиною конвеєрної зони розвантаження є підтримка порядку та чистоти.

Після завершення процесу розвантаження необхідно прибрати залишки упаковки або інші відходи, щоб забезпечити безпечну та організовану робочу зону для подальшої діяльності.

Загалом, конвеєрна зона розвантаження товару є важливим ланцюгом у логістичному процесі, де дотримання правил безпеки, ефективного використання ресурсів та організації робочих процесів грають ключову роль у забезпеченні успішності операцій.

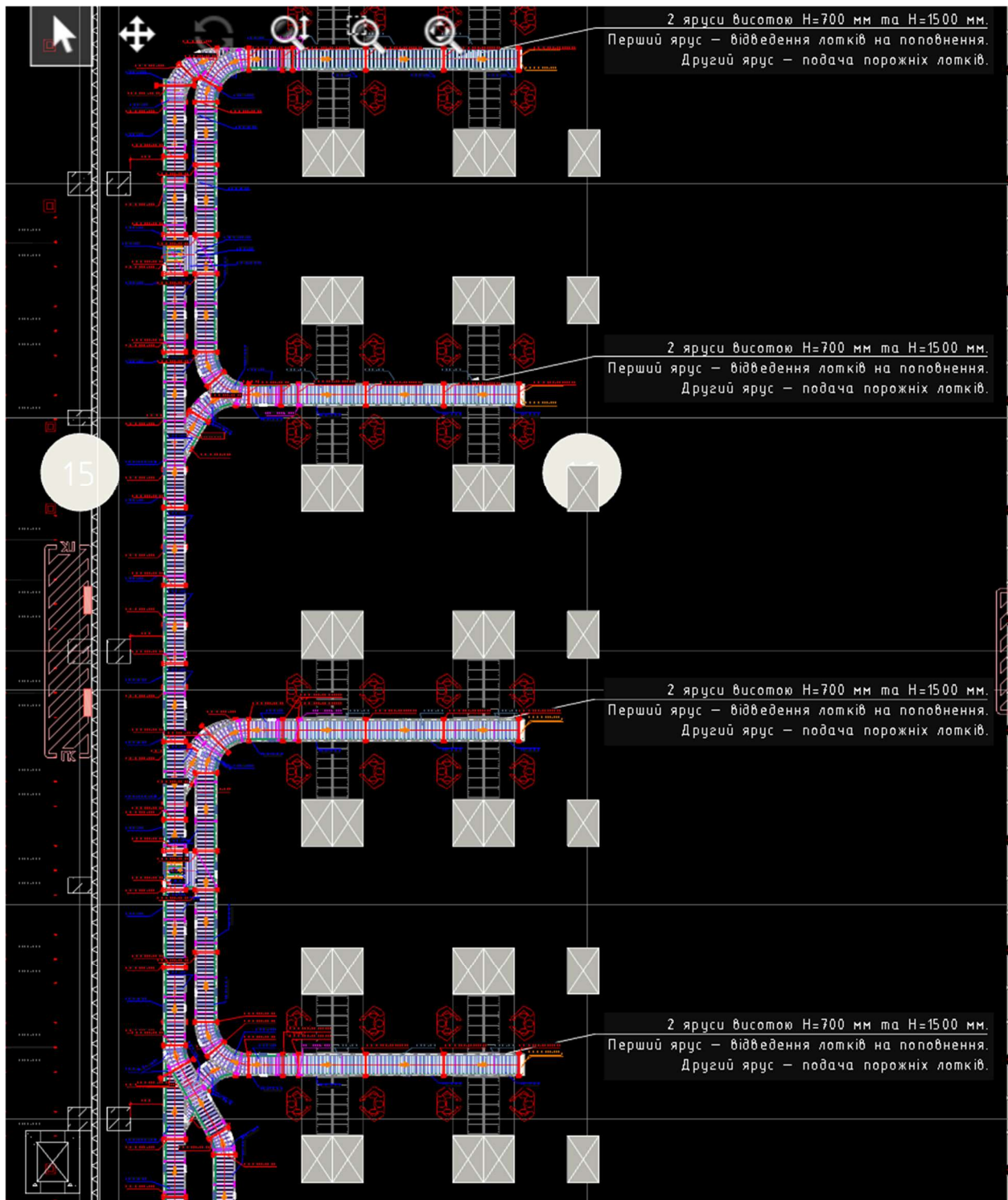


Рисунок 3.4 – Зона сортування першого етапу.

Зона збирання пустих лотків, що функціонує у режимі автоматизації, є відмінним прикладом використання сучасних технологій у логістичній сфері. Завдяки автоматизованій системі збирання, цей процес стає ще більш ефективним та продуктивним.

Початковий етап включає в себе автоматичний прийом пустих лотків у зону збирання. Система розпізнає прибуття порожніх контейнерів та автоматично класифікує їх за типом і розміром, використовуючи різноманітні технології, такі як сенсори, штучний інтелект та машинне навчання.

Далі система автоматично організовує лотки у відповідності до їх характеристик та вимог складу або виробничого процесу. Це включає в себе оптимізацію розташування контейнерів у складському просторі для максимальної використаності площі та забезпечення легкого доступу під час подальшого використання.

Після організації лотків система може автоматично виконувати додаткові операції, такі як очищення, ремонт або маркування. Це дозволяє забезпечити, що контейнери завжди знаходяться у належному стані та готові до використання [16].

Остаточним етапом є автоматичне зберігання пустих лотків у відповідності до системи управління складом та їх подальша автоматична відправка на необхідні пункти призначення або виробничі лінії згідно з попередньо складеним розкладом. Завдяки автоматизованій системі збирання пустих лотків досягається значний приріст продуктивності, ефективності та точності у порівнянні з традиційними методами роботи.

Автоматизація дозволяє зменшити втрати часу та ресурсів, знижує ризики помилок та підвищує загальний рівень ефективності управління складом. На рисунку 3.5 можна побачити зону збирання пустих лотків.

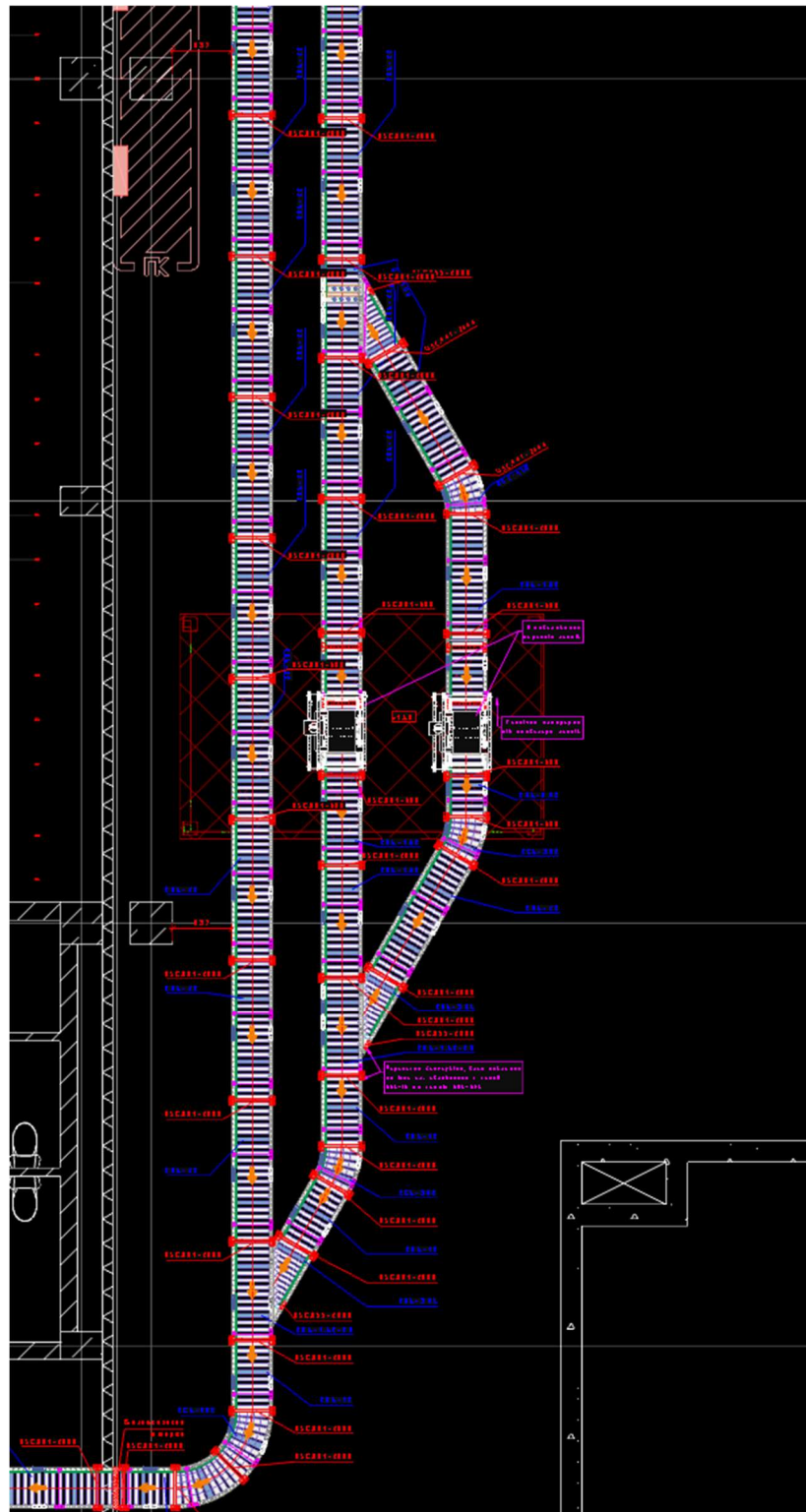


Рисунок 3.5 – Зона збирання пустих лотків першого етапу

У сучасному світі, де конкуренція на ринку постійно зростає, ефективність та продуктивність стають ключовими факторами для бізнесу. Автоматизовані конвеєрні системи у зоні збору товарів дозволяють

підприємствам оптимізувати процеси, забезпечуючи швидкість, точність та гнучкість.

Переваги автоматизованих конвеєрних систем очевидні. Вони дозволяють підвищити продуктивність, збільшуючи швидкість збору товарів. Заміна ручного працівника автоматизованою системою дозволяє економити витрати на оплату праці і уникнути помилок, що часто виникають під час ручного збору.

Особливо важливою є точність і надійність автоматизованих систем. Вони здатні виконувати завдання збору товарів з високою точністю, уникати помилок та знижувати кількість відходів через пошкодження або неправильну обробку товарів.

Гнучкість конвеєрних систем дозволяє швидко адаптуватися до різних типів товарів і виробляти налаштування з мінімальними зусиллями. Це особливо важливо в умовах постійних змін на ринку [17].

Деякі автоматизовані системи обладнані функціями моніторингу та аналітики, що дозволяють вести статистику продуктивності, ідентифікувати проблемні зони та оптимізувати процес збору товарів. Це дозволяє підприємствам не лише підтримувати ефективність, а й постійно удосконалювати свою діяльність. Інтеграція автоматизованих конвеєрних систем стає ключовим елементом в удосконаленні логістичних процесів підприємства. Забезпечуючи швидкість, точність і ефективність, вони дозволяють бізнесу збільшити конкурентоспроможність та задовольнити зростаючі вимоги споживачів. Вигляд зони складання товару можна побачити на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Зона збирання пустих лотків першого етапу.

3.3 Переваги автоматичних конвеєрних систем від звичайних класичних систем

Автоматизовані конвеєрні системи мають кілька переваг порівняно зі звичайними складськими системами. По-перше, вони забезпечують підвищену продуктивність. Автоматизовані конвеєрні системи дозволяють швидко та ефективно переміщати товари без необхідності ручного втручання. Це призводить до збільшення продуктивності та зниження часу, потрібного для виконання операцій. Друга перевага полягає в мінімізації помилок. Автоматизовані системи зменшують ризик помилок, пов'язаних з людським фактором, такі як втрати товарів, пошкодження чи неправильне розміщення. Це допомагає підтримувати високу точність та надійність процесів управління складом.

Крім того, автоматизовані конвеєрні системи можуть зменшити витрати на робочу силу. Хоча вони потребують початкових інвестицій, в довгостроковій перспективі вони можуть зекономити кошти, які зазвичай витрачаються на зарплату працівників, які виконують фізичну роботу на складі. Крім того, автоматизовані системи можуть підвищити рівень безпеки на робочому місці. Зменшення вмісту людини в просторі складу може знизити ризик травматичних подій та нещасних випадків.

Нарешті, автоматизовані конвеєрні системи можуть підвищити ефективність використання простору складу. Вони дозволяють оптимізувати розміщення товарів та мінімізувати простір, потрібний для зберігання, що може призвести до збільшення обсягу товарів, які можна зберігати на складі.

У підсумку, автоматизовані конвеєрні системи пропонують численні переваги, такі як підвищена продуктивність, мінімізація помилок, економія витрат та підвищення рівня безпеки, що робить їх привабливим вибором для компаній, які оптим [17].

4 3 D-МОДЕЛЮВАННЯ КОНВЕЄРНИХ СЕКЦІЙ

4.1 3 D-моделювання конвеєрних секцій

3D моделювання стало невід'ємною частиною процесу проектування в багатьох галузях, включаючи логістику та автоматизацію. Це сучасна технологія, яка дозволяє створювати точні та реалістичні тривимірні моделі, що надає змогу проектувальникам і інженерам ефективно розробляти та оптимізувати складні системи. У цій частині дипломної роботи буде розглянуто процес 3D моделювання конвеєрних секцій, його переваги, інструменти, які використовуються, та практичні аспекти впровадження. 3D моделювання має численні переваги, які роблять його невід'ємною частиною сучасного інженерного проектування. Серед основних переваг можна виділити:

– візуалізація. Однією з найважливіших переваг 3D моделювання є можливість створення реалістичних візуалізацій кінцевого продукту ще до його виготовлення. Це дає змогу інженерам, дизайнерам та замовникам побачити, як виглядатиме готовий виріб, і оцінити його з усіх боків. Візуалізація дозволяє виявити потенційні проблеми на ранніх етапах розробки, що допомагає уникнути серйозних помилок у виробництві. Крім того, візуалізація значно полегшує процес презентації проектів замовникам, дозволяючи їм краще зрозуміти та оцінити запропоновані рішення;

– точність. 3D моделювання дозволяє створювати високоточні моделі, які відображають всі деталі та аспекти майбутнього продукту. Це знижує ризик помилок під час виробництва та забезпечує відповідність готового виробу всім технічним вимогам. Використовуючи 3D моделі, інженери можуть точно визначати розміри, геометрію та взаємодію компонентів, що особливо важливо для складних механічних систем. Така точність забезпечує високу якість продукції та знижує ймовірність виникнення дефектів;

– економія часу. Процес 3D моделювання дозволяє значно скоротити час на проектування та розробку нових продуктів. Завдяки можливості швидко вносити зміни в модель і оцінювати їх вплив, інженери можуть оперативно реагувати на зміни в вимогах або виявлені проблеми. Це забезпечує більш ефективне управління проектами та прискорює процес виходу нових продуктів на ринок. Крім того, 3D моделювання спрощує процес створення технічної документації, оскільки двовимірні креслення можуть автоматично генеруватися з тривимірних моделей;

– оптимізація ресурсів. Завдяки 3D моделюванню можна оптимізувати використання матеріалів та знизити витрати на їх виготовлення. Інженери можуть моделювати різні варіанти конструкцій і обирати найбільш економічно вигідні. Це дозволяє знижувати витрати на сировину та виробництво, а також зменшувати обсяг відходів. Крім того, 3D моделювання дає можливість проводити симуляції та аналіз міцності, теплових навантажень та інших параметрів, що дозволяє оптимізувати конструкцію і підвищити її надійність;

– спільна робота. 3D моделювання полегшує спільну роботу між різними відділами та фахівцями. Завдяки цифровим моделям інженери, дизайнери, виробничий персонал та менеджери можуть легко обмінюватися інформацією, вносити зміни та коментувати проекти в режимі реального часу. Це забезпечує кращу координацію роботи, знижує ризик непорозумінь і підвищує ефективність команди;

– інновації та креативність. 3D моделювання відкриває нові можливості для інновацій та креативності. Використовуючи сучасні інструменти моделювання, дизайнери можуть експериментувати з новими формами, матеріалами та технологіями, створюючи унікальні та інноваційні продукти. Це дозволяє компаніям виділятися на ринку та пропонувати своїм клієнтам оригінальні рішення;

– прототипування та тестування. 3D моделювання спрощує процес створення прототипів та їх тестування. Замість того, щоб виготовляти фізичні

прототипи, які можуть бути дорогими та часозатратними, інженери можуть створювати цифрові прототипи та проводити їх віртуальне тестування. Це дозволяє швидко виявляти недоліки та вносити необхідні зміни до конструкції, що значно прискорює процес розробки [15].

Висновок, 3D моделювання є надзвичайно ефективним інструментом, який має численні переваги. Воно дозволяє підвищити точність проектування, скоротити час на розробку, оптимізувати використання ресурсів та покращити спільну роботу. Всі ці переваги роблять 3D моделювання незамінним в сучасних умовах розвитку промисловості та логістики, сприяючи створенню високоякісних та інноваційних продуктів.

Для створення 3D моделей конвеєрних секцій використовуються різноманітні програмні забезпечення. Найпопулярнішими є SolidWorks, CATIA, AutoCAD та Fusion 360.

SolidWorks є одним із найбільш розвинутих інструментів для створення тривимірних моделей, широко використовується в інженерії та промисловості. Це програмне забезпечення розроблене компанією Dassault Systèmes і включає в себе безліч інструментів для проектування, симуляції та аналізу.

4.2 Огляд SolidWorks

SolidWorks є одним із найбільш потужних інструментів для створення тривимірних моделей, який широко використовується в інженерії та промисловості. Це програмне забезпечення, розроблене компанією Dassault Systèmes, включає в себе безліч інструментів для проектування, симуляції та аналізу. Від його запуску в 1995 році SolidWorks швидко здобув популярність завдяки своїй зручності у використанні, різноманітному функціоналу та здатності інтегруватися з іншими інженерними програмами.

SolidWorks дозволяє створювати тривимірні моделі деталей і збірок, використовуючи інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та широкий набір

інструментів. Процес моделювання включає створення ескізів, які можуть бути легко перетворені на 3D об'єкти за допомогою різних операцій, таких як екструзія, обертання, витягування по траєкторії та інші. Це забезпечує високу точність та деталізацію моделей, що особливо важливо для складних інженерних проектів [16].

SolidWorks Simulation надає різноманітні інструменти для проведення аналізу міцності, теплових випробувань, динаміки рідин та інших видів симуляцій. Це дозволяє інженерам перевіряти характеристики моделей під різними умовами, виявляти слабкі місця та оптимізувати конструкції ще до початку виробництва. Симуляції можуть бути налаштовані для проведення статичних, динамічних, теплових та інших типів аналізів.

SolidWorks автоматично створює двовимірні креслення з 3D моделей, що значно спрощує процес документування та передачі технічної інформації на виробництво. Креслення можуть включати всі необхідні види, розрізи, розміри та примітки, що відповідають міжнародним стандартам креслення.

SolidWorks має інструменти для обміну проектами та спільної роботи над ними. Це включає в себе функції контролю версій, доступу до проектів в режимі реального часу, а також інструменти для коментування та обговорення змін. Спільна робота забезпечується через платформи SolidWorks PDM (Product Data Management) та 3DEXPERIENCE.

SolidWorks надає доступ до великої бібліотеки стандартних компонентів, таких як гвинти, гайки, підшипники та інші деталі. Це значно прискорює процес проектування, оскільки дозволяє використовувати готові компоненти замість створення їх з нуля. Крім того, користувачі можуть створювати власні бібліотеки та шаблони для повторного використання.

Користувачі можуть створювати нові деталі, збірки або креслення, вибираючи відповідний тип документа при створенні нового проекту. SolidWorks пропонує широкий набір шаблонів та параметрів для налаштування проекту відповідно до специфічних вимог.

Початковий етап включає створення двовимірних ескізів, які слугують основою для 3D моделювання. Ескізи можуть бути створені на будь-якій площині та включати різноманітні геометричні фігури, лінії, дуги, сплайни та інші елементи.

Ескізи перетворюються на тривимірні об'єкти за допомогою операцій екструзії, обертання, витягування по траєкторії, бобишок, витягування з нахилом та інших. SolidWorks дозволяє комбінувати різні операції для створення складних геометричних форм.

Окремі деталі об'єднуються в збірки, де можна налаштовувати взаємодію між ними. SolidWorks забезпечує високу точність розташування деталей, дозволяючи використовувати різні типи з'єднань, такі як підшипники, гвинти, заклепки та інші. Можна проводити аналіз взаємодії деталей у збірці, виявляти можливі колізії та перевіряти рухливість.

Проведення різних видів аналізу для перевірки характеристик та властивостей моделі. Це включає міцність матеріалів, теплові характеристики, аеродинамічні властивості та багато іншого. SolidWorks Simulation дозволяє проводити статичні, динамічні, теплові та інші види аналізів для оптимізації конструкцій.

Автоматичне генерування двовимірних креслень для виробництва. SolidWorks автоматично створює креслення з усіма необхідними видами, розрізами, розмірами та примітками. Це значно спрощує процес передачі технічної інформації на виробництво та забезпечує високу точність виготовлення деталей.

4.3 Приклади розробки конвеєрної системи у SolidWorks

4.3.1 Проект автоматизації складу компанії “Аркан”

Компанія “Аркан” використовувала SolidWorks для створення детальних 3D моделей автоматичної конвеєрної системи для свого складу. Завдяки цьому вдалося знизити витрати на виготовлення та збільшити

продуктивність на 20%. Кожен елемент системи був ретельно промодельований і протестований на відповідність вимогам.

4.3.2 Впровадження нової конвеєрної системи на складі “Епіцентр”

На складі “Епіцентр” за допомогою SolidWorks була розроблена нова конвеєрна система для транспортування матеріалів. Використання потужних інструментів моделювання та симуляції дозволило оптимізувати процес виробництва та знизити час виконання замовлень на 15%.

4.4 Практичні аспекти впровадження 3D моделювання

Впровадження 3D моделювання в процес проектування має свої особливості та виклики. Перш за все, це вибір відповідного програмного забезпечення, яке відповідає вимогам конкретного проекту. Сучасний ринок пропонує широкий спектр програм для 3D моделювання, таких як AutoCAD, SolidWorks, Blender, 3ds Max та інші. Кожне з них має свої переваги та недоліки, тому перед остаточним вибором необхідно провести ретельний аналіз функціональних можливостей та сумісності з існуючими системами [14].

Також важливо враховувати необхідність навчання персоналу для ефективного використання нових інструментів. Впровадження 3D моделювання може вимагати значних інвестицій у навчальні програми та тренінги. Професійна підготовка користувачів дозволить уникнути багатьох помилок на етапі освоєння програмного забезпечення та забезпечить більш швидке досягнення бажаних результатів. Компаніям слід розглядати можливість запрошення зовнішніх консультантів або інструкторів, які мають досвід роботи з обраним програмним забезпеченням.

Успішне впровадження 3D моделювання також потребує належного планування та координації між різними відділами компанії. Інженери, дизайнери, виробничий персонал та менеджери повинні працювати спільно

для досягнення найкращих результатів. Важливо створити чітку структуру комунікацій, де кожен відділ розумітиме свої обов'язки та внесок у загальний процес. Регулярні наради та обговорення проміжних результатів допомагають виявити можливі проблеми та швидко реагувати на них. Це також сприяє обміну ідеями та кращому розумінню між відділами.

Крім того, необхідно забезпечити надійну інфраструктуру для зберігання та обробки великої кількості даних, які генеруються в процесі 3D моделювання. Сучасні проекти часто потребують високої обчислювальної потужності та великих обсягів пам'яті. Використання хмарних рішень або локальних серверів може бути ефективним способом вирішення цих задач. Важливо також подбати про безпеку даних, оскільки втрати чи витоки інформації можуть мати серйозні наслідки для компанії.

На завершення, впровадження 3D моделювання вимагає постійного моніторингу та оцінки ефективності. Необхідно регулярно аналізувати досягнуті результати, виявляти сильні та слабкі сторони процесу, та вносити необхідні корективи. Такий підхід дозволить постійно покращувати процеси та досягати високої якості кінцевих продуктів.

4.5 Проектування 90 градусного ролегану

Проектування 90-градусного ролегану є складним і відповідальним процесом, який вимагає точності та врахування багатьох технічних аспектів. Ролеган, або рольганг, є конвеєрною системою, яка використовується для транспортування матеріалів або готової продукції на виробництві. У випадку з 90-градусним ролеганом, мова йде про пристрій, який змінює напрямок руху матеріалів на 90 градусів. Це часто використовується для зміни напрямку виробничої лінії або для оптимізації простору в цеху.

4.5.1 Вибір компонентів

Першим етапом проектування є вибір компонентів. Основні елементи, які необхідно враховувати, включають ролики, раму, двигуни, ланцюгові передачі або ремені, а також систему управління. Вибір відповідних матеріалів є критично важливим для забезпечення надійності та довговічності ролегану.

– корпус: для корпусу вибирається сталь 3, яка забезпечує необхідну міцність та стійкість до механічних пошкоджень, його вигляд можна побачити на рисунку 4.1;

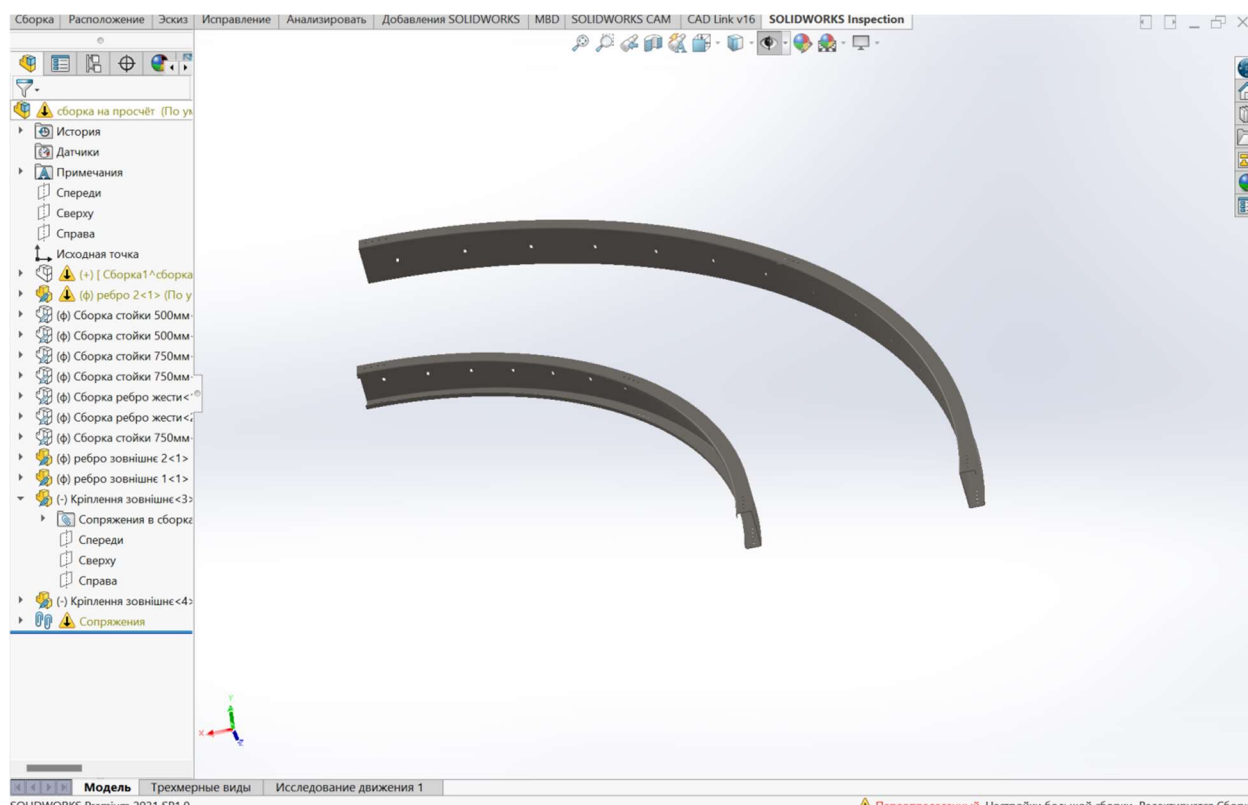


Рисунок 4.1 – Корпус для кріплення роликів, та стійок

– ролики: ролики виготовляються з ролямідум, що забезпечує гарну зносостійкість і низький коефіцієнт тертя. Обичайка трубки має розміри 35x4 мм, що гарантує достатню міцність і стійкість до деформацій. Вісь ролика становить 20 мм на рис. 4.2 - рис. 4.3 можна побачити ролик з зовні та в розрізі;

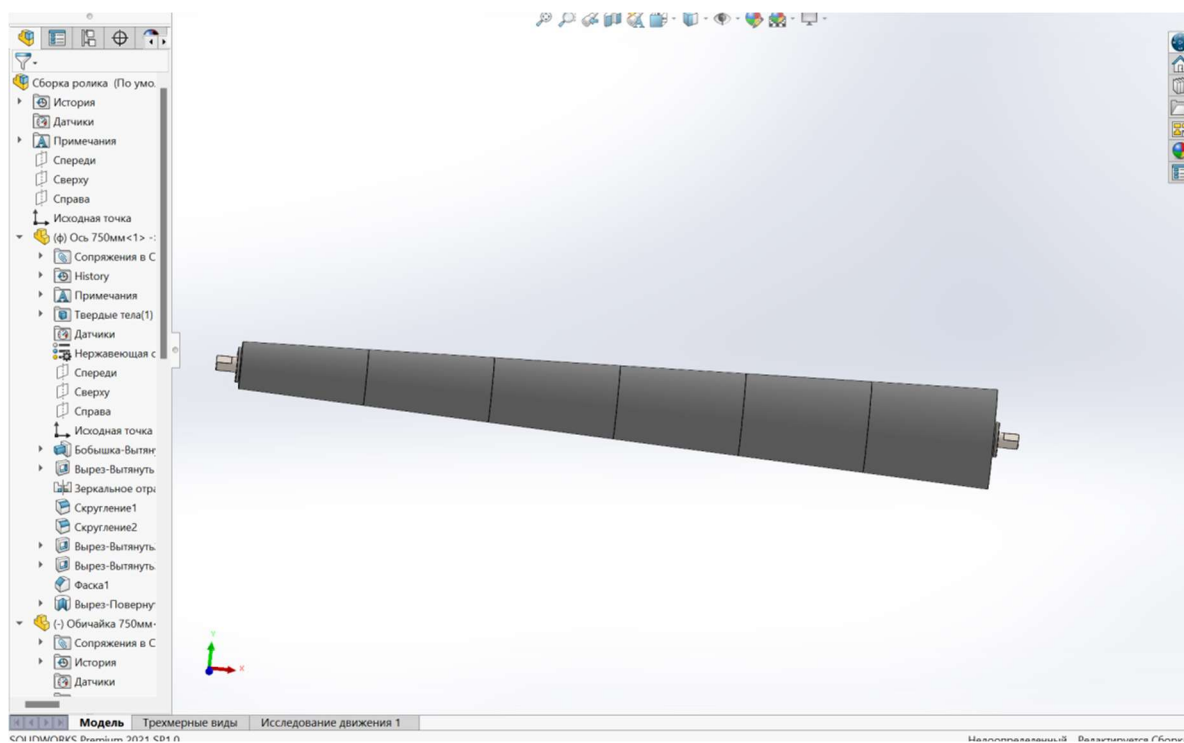


Рисунок 4.2 – Видяд ролику

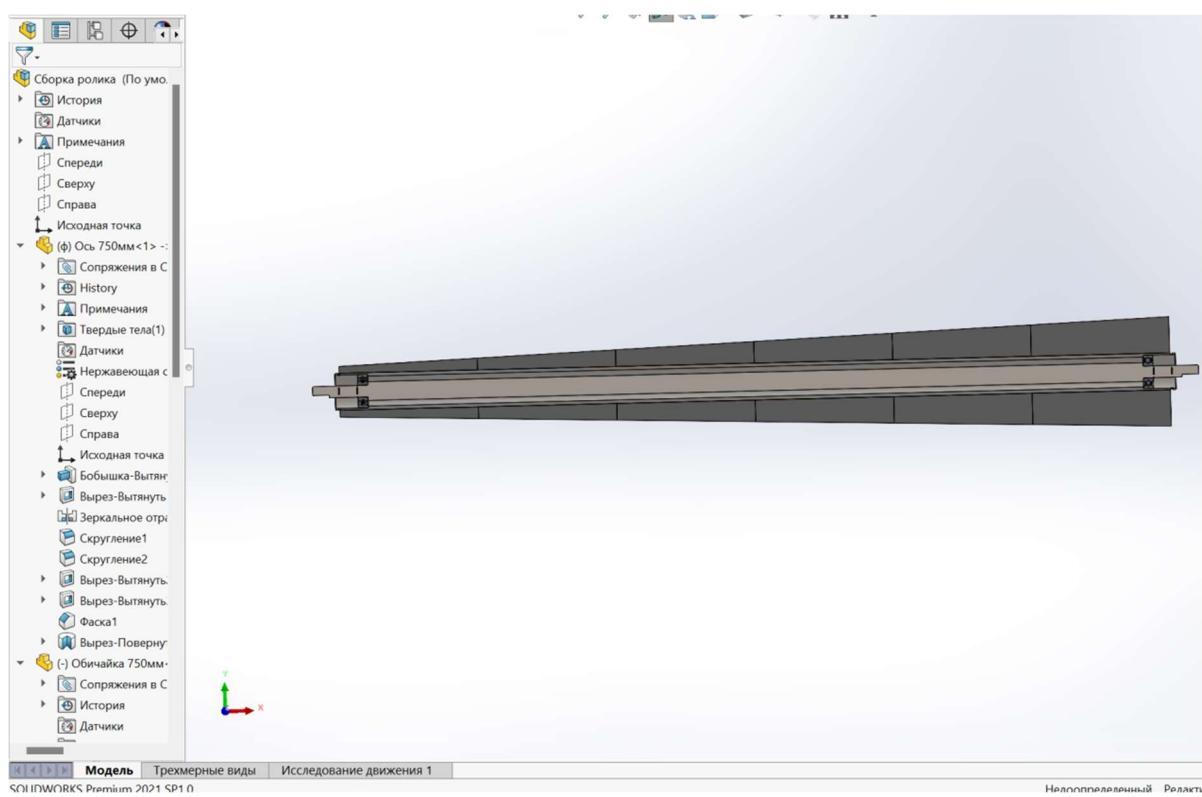


Рисунок 4.3 – Ролик в розрізі

– підшипники: для забезпечення плавного обертання роликів використовуються підшипники типу 6204, які здатні витримувати значні навантаження і забезпечують довгий термін служби на рисунку 4.4 можна побачити зпроектований підшипник, з урахуванням всіх норм та ДСТУ 6402–70.

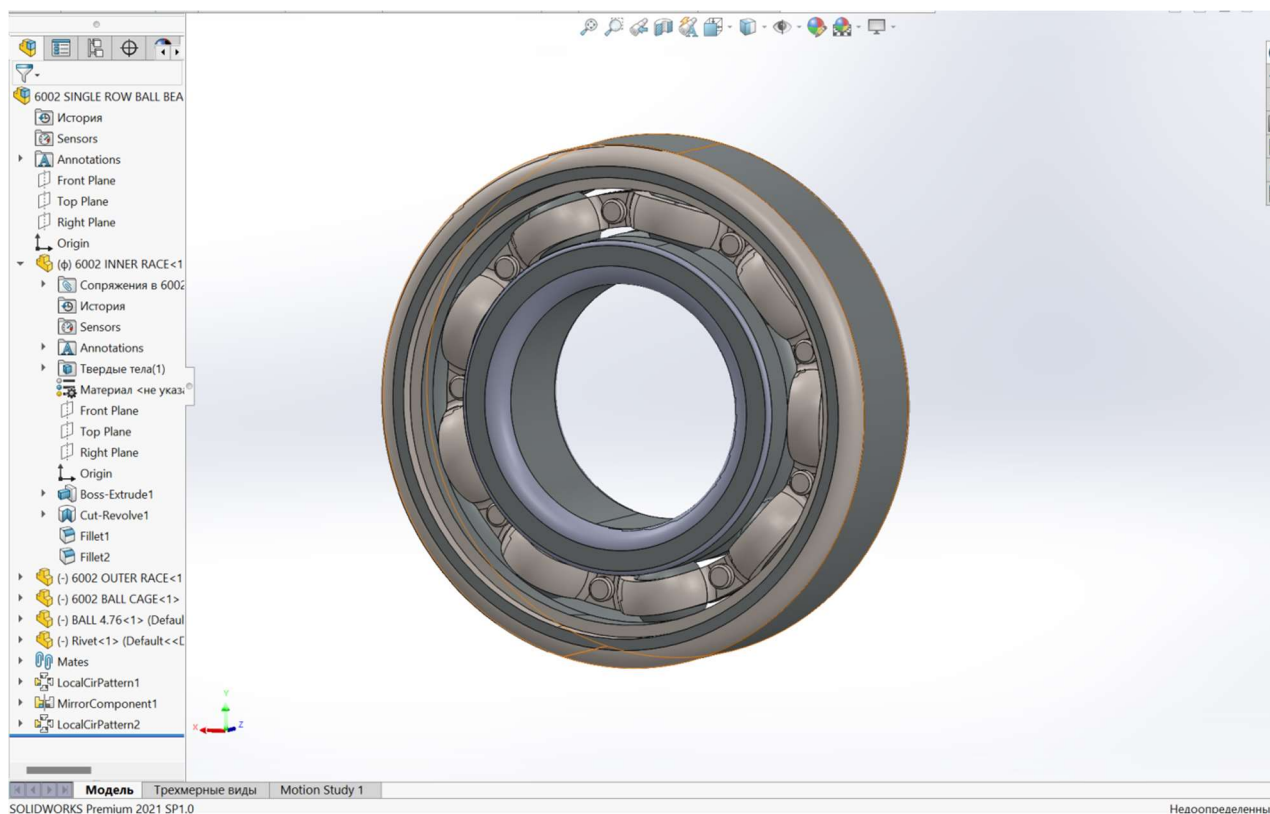


Рисунок 4.4 – Підшипник 6204

– стопорні кільця: для утримання підшипників у корпусі використовуються стопорні кільця DIN 471, які забезпечують надійне кріплення і запобігають випадковому зміщенню підшипників продемонстровані на рисунку 4.5. Стопорні кільця були виконані з урахуванням ДСТУ 13942–86.

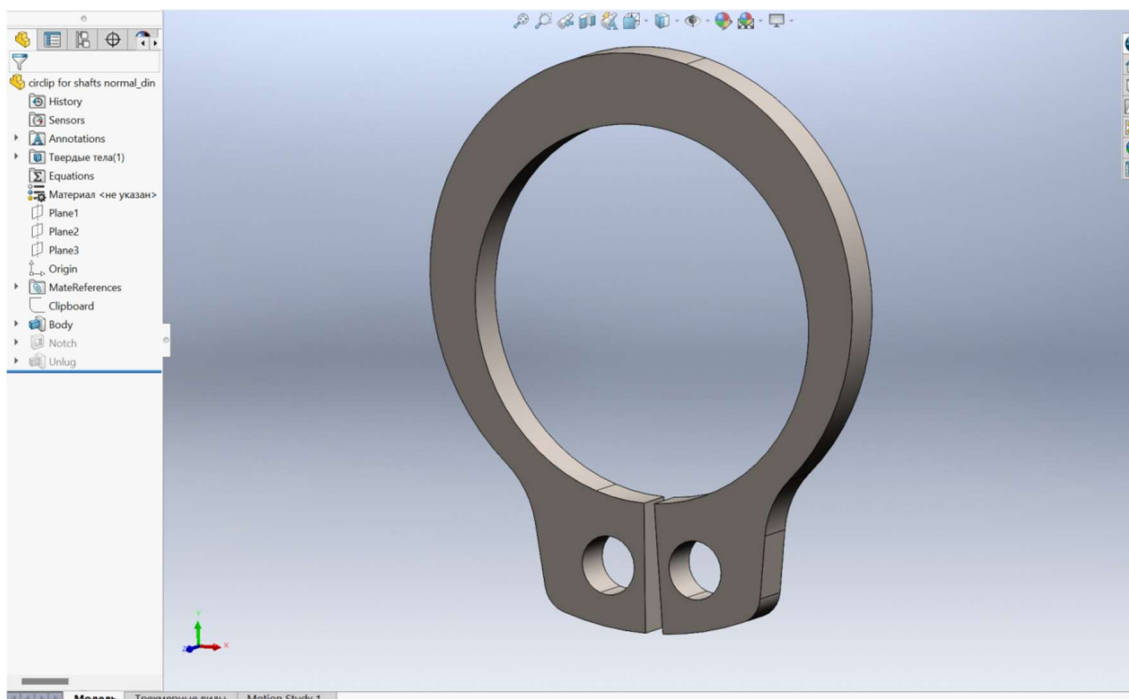


Рисунок 4.5 – Стопорне кільце DIN 741

4.5.2 Розрахунок параметрів

Наступним кроком є розрахунок основних параметрів системи. До них належать швидкість транспортування, діаметр та відстань між роликками, кут нахилу та інші важливі характеристики.

- швидкість транспортування: визначається на основі вимог до виробничого процесу і може варіюватися в залежності від типу вантажу і його ваги;

- діаметр роликків: вибір діаметра роликків (35x4 мм для обичайки і 20 мм для осі) залежить від розмірів і ваги вантажу, що транспортується;

- відстань між роликками: визначається так, щоб забезпечити стабільне транспортування вантажу без перекосів і перевертань;

- кут нахилу: для 90-градусного ролегану важливо правильно розрахувати кут нахилу, щоб забезпечити плавний і безпечний перехід вантажу на новий напрямок.

4.5.3 Конструкція

Основні компоненти конструкції 90-градусного ролегану включають:

– рама: забезпечує підтримку і фіксацію всіх елементів ролегану. Виробляється зі сталі 3 для забезпечення необхідної міцності на рис. 4.6 можна побачити раму в збірці з роликами;

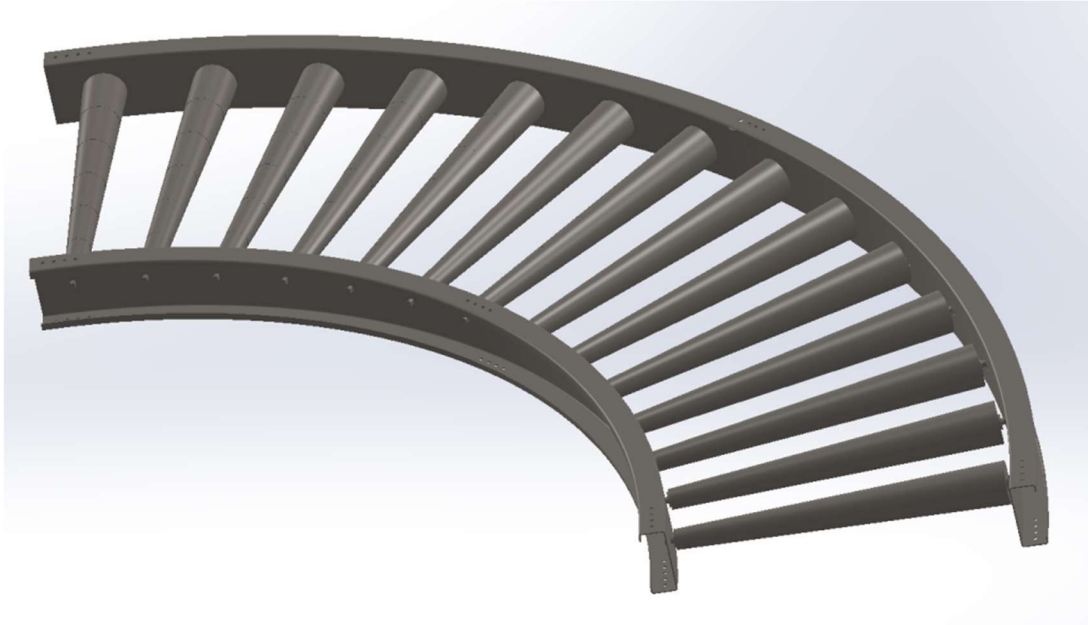


Рисунок 4.6 – Рама в збірці з роликами

– стійки: використовуються для підтримки рами і роликів. стійки також виготовляються зі сталі 3mm (рис. 4.7);

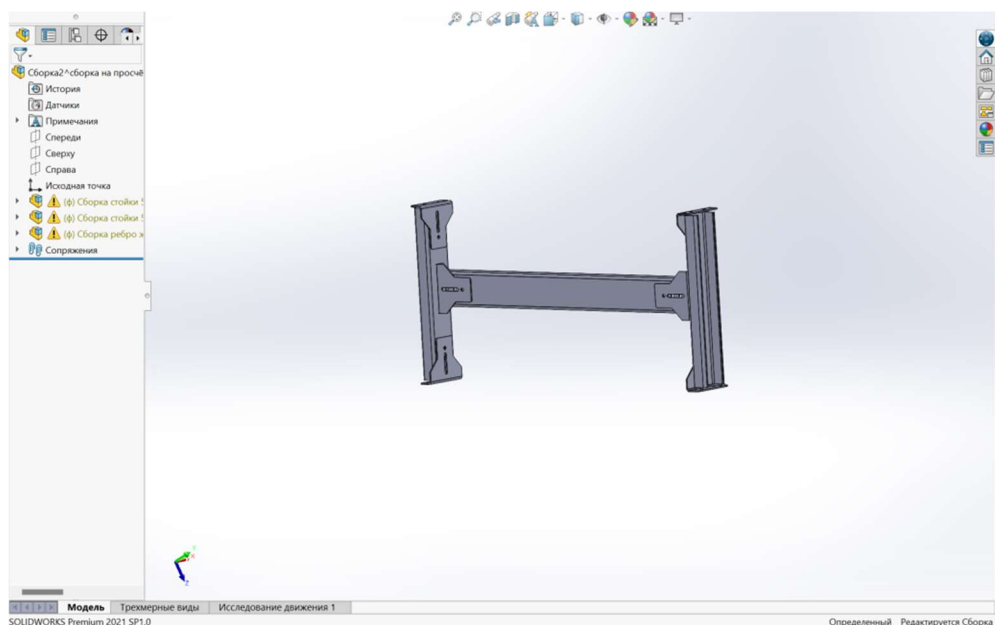


Рисунок 4.7 – Збірка стійки

5 РОЗРАХУНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ, НАВАНТАЖЕННЯ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ

5.1 Розрахунок ефективності

Для розрахунку ефективності ролегану необхідно врахувати об'єм та вагу вантажу, який буде транспортуватися, а також характеристики робочої поверхні.

- об'єм вантажу: 16 тонн/год;
- діаметр робочої поверхні: 750 мм.

Розрахунок кількості роликів:

Для забезпечення рівномірного розподілу навантаження на ролеги, необхідно визначити кількість роликів, які будуть підтримувати вантаж.

Площа поверхні контакту вантажу з ролеганом визначається за формулою:

$$S = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 3,14 * \left(\frac{750}{2}\right)^2 \approx 441787,6 \text{ m}^2$$

Згідно із заданими параметрами, на ролегані встановлюються 14 роликів. Розрахуємо навантаження на один ролик:

$$\text{Навантаження на ролик} = \frac{\text{Об'єм вантажу}}{\text{Кількість роликів}} = \frac{16000}{14} \approx 1143 \text{ кг/ролик}$$

Розрахунок відстані між роликами:

Відстань між роликами можна визначити, враховуючи довжину робочої поверхні і кількість роликів:

Довжина робочої поверхні = 750 мм;

$$\text{Відстань між роликами} = \frac{\text{Довжина робочої поверхні}}{\text{Кількість роликів} - 1} = \frac{750}{14 - 1} \approx 57,7 \text{ мм}$$

Таким чином, для ефективного транспортування вантажу необхідно розмістити 14 роликів на відстані приблизно 57,7 мм один від одного.

Ці розрахунки допоможуть забезпечити стабільну роботу 90-градусного ролегану, гарантуючи надійне транспортування вантажу без перевантаження роликів і системи в цілому.

Для розрахунку надійності системи ролегану необхідно врахувати кілька ключових аспектів, таких як навантаження на компоненти, ймовірність відмови, середній наробіток до відмови (МТТФ), а також фактори безпеки і запаси міцності. Розглянемо кожен з цих аспектів для системи ролегану.

5.2 Розрахунок навантаження на компоненти

Для розрахунку середнього наробітку до відмови (МТТФ) системи потрібно зібрати дані про середній час безвідмовної роботи компонентів системи та їх відмови:

- збір даних: отримати дані про час безвідмовної роботи кожного компонента системи та час відмови. Ці дані можуть бути зібрані з історії експлуатації або результатів тестування.

- розрахунок МТТФ для кожного компонента: для кожного компоненту, використовуючи формулу:

$$MTTF = \frac{\text{Сума часу безвідмовної роботи}}{\text{Кількість відмов}}$$

Наприклад, якщо для підшипника отримані наступні дані:

- сума часу безвідмовної роботи = 5000 годин;
- кількість відмов = 5.

Тоді МТТФ для цього підшипника буде:

$$MTTF = \frac{5000}{5} = 1000 \text{ годин}$$

Це означає, що в середньому підшипник працює 1000 годин до відмови.

5.3 Розрахунок надійності системи

Надійність $R(t)$ системи визначається за формулою:

$$R(t) = e^{-\gamma t},$$

де $\gamma = \frac{1}{MTTF}$;

Надійність системи за час t :

$$R_{system}(t) = e^{-0,0002521t};$$

Наприклад, для часу $t = 1000$ годин:

$$R_{system}(1000) = e^{-0,2521} \approx 0,693.$$

Розрахунок МТТФ системи: для розрахунку МТТФ всієї системи необхідно врахувати всі компоненти, які входять в неї. Можна скористатися середніми значеннями МТТФ для кожного компонента, які вже розраховані, або обчислити загальний МТТФ системи, якщо є дані про час безвідмовної роботи та відмови всіх компонентів.

Використання результатів: МТТФ системи допомагає оцінити загальну надійність системи і забезпечити планування профілактичного

обслуговування, заміну компонентів і виробничий процес, що працює без збоїв.

Цей підхід дозволяє оцінити загальну надійність системи і визначити потрібність в обслуговуванні та заміні компонентів для забезпечення безперебійної роботи.

Розрахунок надійності системи ролегану є складним і включає в себе оцінку навантаження на компоненти, ймовірність відмови, середній наробіток до відмови та врахування факторів безпеки.

Ці дані допомагають забезпечити стабільну та безперебійну роботу системи виробництва.

На рисунку 5.1 можна побачити спроектований вузол конвеєрної системи, який буде встановлений на виробництві ТОВ «КаргоПас» (м. Київ).

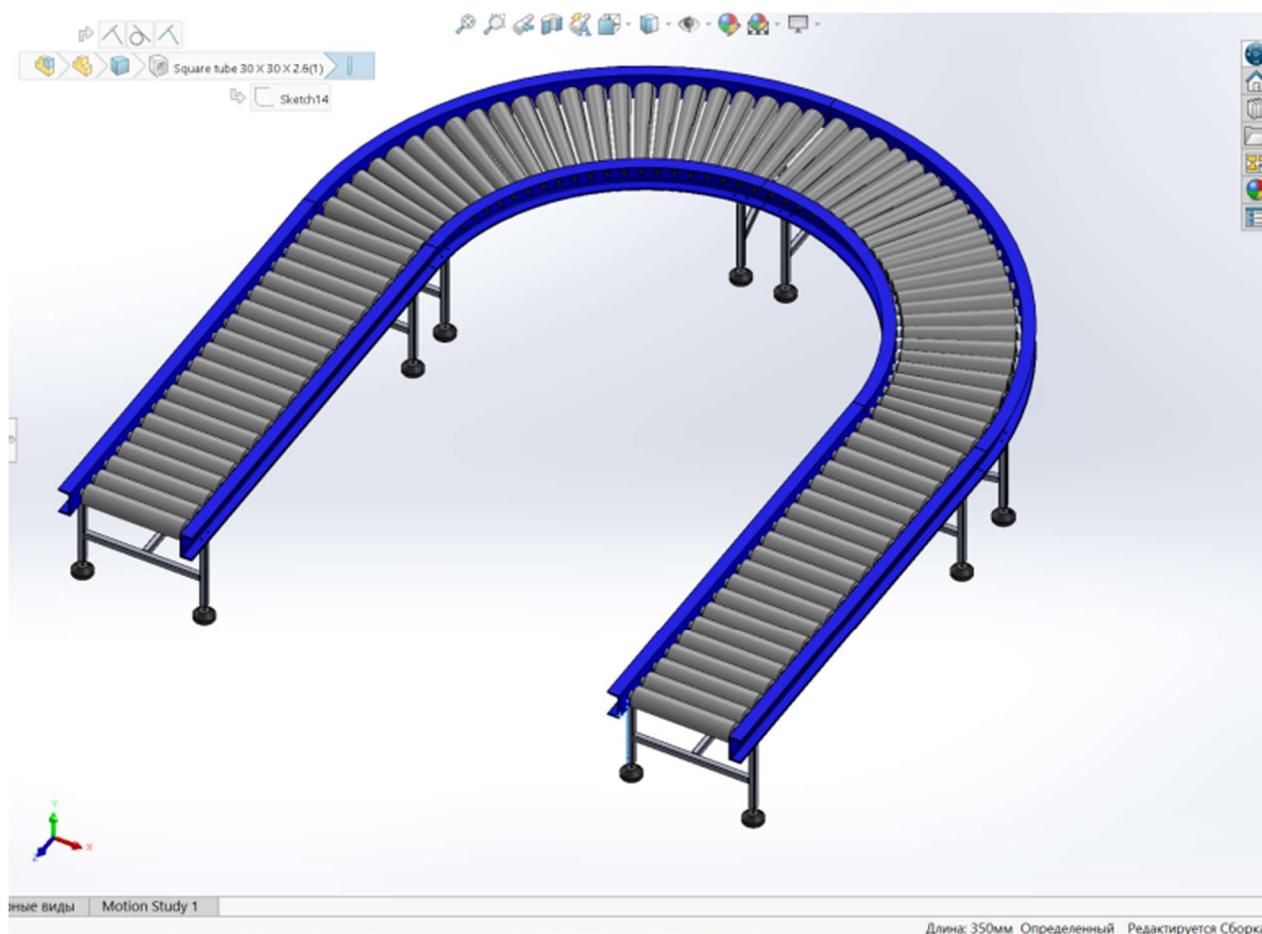


Рисунок 5.1 – Вузол збірки

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Охорона праці при автоматизації конвеєрних ліній

Охорона праці є важливим аспектом будь-якої виробничої діяльності, спрямованої на забезпечення безпечних умов праці, захисту здоров'я та життя працівників, а також на запобігання травматизму та професійним захворюванням. При розробці програмного забезпечення для систем автоматизації конвеєрної лінії необхідно враховувати всі аспекти охорони праці, щоб забезпечити безпечну та ефективну експлуатацію обладнання.

6.2 Аналіз небезпек і шкідливих факторів

Робота з автоматизованими конвеєрними лініями пов'язана з низкою потенційних небезпек та шкідливих факторів, серед яких механічні небезпеки, електричні небезпеки та шкідливі фактори.

Механічні небезпеки включають рухомі частини конвеєра, які можуть призвести до травм працівників у разі недотримання правил безпеки, зокрема затягування одягу чи кінцівок у приводні механізми. Швидкість руху конвеєра може досягати 1 м/с, що підвищує ризик травмування. Електричні небезпеки виникають під час роботи з обладнанням, що працює під напругою до 380 В.

Відсутність належного заземлення може призвести до пробоїв і пожеж. Шкідливі фактори включають шум на робочих місцях (до 85 дБА), вібрацію від обладнання (понад 2 м/с²) та випромінювання від електронного обладнання (до 3 В/м).

6.3 Заходи з охорони праці

Для забезпечення безпечних умов праці під час роботи з конвеєрними системами та програмним забезпеченням необхідно дотримуватися інженерно-технічних, організаційних заходів та використовувати індивідуальні засоби захисту.

Інженерно-технічні заходи включають встановлення захисних огорож навколо рухомих частин конвеєра, використання аварійних вимикачів для швидкого зупинення конвеєра у разі небезпеки та забезпечення належного заземлення електрообладнання.

Організаційні заходи передбачають регулярне проведення інструктажів з охорони праці та навчання персоналу безпечним методам роботи, розробку та впровадження інструкцій з охорони праці, а також проведення регулярних перевірок стану обладнання та засобів захисту.

Індивідуальні засоби захисту включають використання працівниками захисних окулярів, рукавичок, касок, засобів захисту слуху та спеціального робочого одягу.

6.4 Пожежна безпека

У зв'язку з можливістю виникнення пожеж у місцях встановлення електричного та електронного обладнання, необхідно встановити системи автоматичного пожежогасіння та сигналізації, забезпечити наявність вогнегасників у безпосередній близькості до обладнання та проводити регулярні навчання персоналу діям у разі виникнення пожежі.

6.5 Висновки

Дотримання вимог охорони праці під час розробки та експлуатації автоматизованих конвеєрних систем є необхідною умовою для забезпечення

безпечних умов праці та зниження ризиків виникнення травматизму і професійних захворювань. Розроблене програмне забезпечення повинно враховувати ці вимоги, забезпечуючи надійне керування системою та можливість швидкого реагування у разі виникнення небезпеки.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи на кафедрі комп'ютерно–інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки Харківського національного університету радіоелектроніки було здійснено дослідження, метою якого було вдосконалення процесів сортування та транспортування матеріалів на складі підприємства. Основний акцент було зроблено на створення нової конвеєрної системи, що враховує сучасні вимоги до продуктивності та надійності.

На основі аналізу потреб та вимог замовника було розроблено проект конвеєрної системи з використанням програмного забезпечення AutoCAD та SolidWorks. Ці інструменти дозволили створити точні тривимірні моделі, провести симуляції та аналіз міцності конструкції, що забезпечило високу точність та відповідність проекту технічним умовам.

В результаті проведених робіт було створено ефективну конвеєрну систему, яка відповідає вимогам сучасного виробництва. Система дозволяє оптимізувати процеси транспортування та сортування матеріалів, що сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат. Надійність та точність роботи системи підтверджують її відповідність високим стандартам безпеки та ефективності.

Таким чином, розроблене рішення демонструє високий потенціал для впровадження на інших підприємствах, що прагнуть підвищити ефективність своїх виробничих процесів за допомогою автоматизованих систем транспортування та сортування матеріалів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008–15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. Введ. 2015–06–22. К. Держстандарт України, 2017. 29 с.
2. Навчальний посібник з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів вищої освіти денної і заочної форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно–інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно–інтегровані технології» Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, В.А. Андрусевич, О. В. Токарева, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2022. 151 с.
3. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно–інтегровані технології освітньої програми «Системна інженерія» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, О.М. Цимбал, О.В. Токарева, А.І. Бронніков. Харків: ХНУРЕ, 2022. 66 с.
4. Хан Р., Громов С. Проектування в SolidWorks: Основи та приклади. Київ: Наукова думка, 2021. 350 с.
5. Петров В. І., Сидоренко М. В. Автоматизація конструкторських робіт у SolidWorks. Харків: ХНУРЕ, 2020. 240 с.
6. Іваненко О. А. Комп'ютерне моделювання у SolidWorks. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 320 с.
7. Thike, A., San, Z. M., & Oo, Z. M. (2019). Design and development of an automatic color sorting machine on belt conveyor. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 8(07), 176-179.
8. Kamboj, D. S., & Diwan, A. (2019). Development of Automatic Sorting Conveyor Belt Using PLC. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(8).

9. Сміт Дж., Джонсон П. *Advanced SolidWorks Techniques*. London: TechPress, 2020. 420 p.
10. Nevliudov , I., Yevsieiev, . V., Klymenko, . O., Demska, . N., & Vzhesnievskyi , M. (2022). Evolutions of group management development of mobile robotic platforms in warehousing 4.0. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, (4 (18), 57–64.
11. Nevludov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Klymenko, O., & Vzhesnievskyi, M. Analysis of Software Products for Simulation Modeling of the Operation of the System of Shuttles for Warehousing. *Manufacturing & Mechatronic Systems 202: roceedings st International 2 P of VI 21 22 22 is Ed chief version 22 13*, 24.
12. Seredkin, A. V., Tokarev, M. P., Plohih, I. A., Gobyzov, O. A., & Markovich, D. M. (2019, November). Development of a method of detection and classification of waste objects on a conveyor for a robotic sorting system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1359, No. 1, p. 012127). IOP Publishing.
13. Huang, M., Wu, J., Tang, Y., & Shi, L. (2020, October). Optimal Design of a Conveyor-Based Automatic Sorting System. In *2020 IEEE 16th International Conference on Control & Automation (ICCA)* (pp. 1124-1129). IEEE.
14. Грін М., Браун Л. *SolidWorks Simulation: A Step-by-Step Guide*. New York: Engineering Books, 2019. 380 p.
15. Ковальчук І. С., Романенко Т. Г. *Основи 3D-моделювання в SolidWorks*. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 270 с.
16. Пономаренко С. М., Литвиненко В. В. *Проектування деталей та збірок у SolidWorks*. Київ: КНУБА, 2019. 300 с.
17. Гарнер Р., Лі Е. *SolidWorks 2020: Професійні рішення*. Chicago: ProEngineering Press, 2020. 450 p.