

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ мехатроніки та пакувальної техніки \_\_\_\_\_

«До захисту в ЕК»

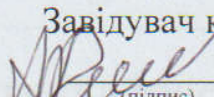
Директор інституту(декан факультету)

 \_\_\_\_\_  
(підпис) Сергій Блаженко \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

« 14 » \_\_\_\_\_ 06 2022р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

 \_\_\_\_\_  
(підпис) Людмила Кривопляс-Володіна \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

« 14 » \_\_\_\_\_ 06 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 131 Прикладна механіка \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ Прикладна механіка \_\_\_\_\_

на тему: \_\_\_\_\_ Модернізація лінії для пакування зефіру в пачки продуктивністю  
30 уп./хв \_\_\_\_\_

Виконав: здобувач \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_ ПМ-4-1 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Клементьєв Владислав Костянтинович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

 \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ професор Якимчук Микола Володимирович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

 \_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

 \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_

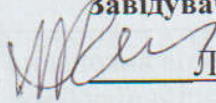
 \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2022р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра \_\_\_\_\_ мехатроніки та пакувальної техніки  
Освітній ступінь \_\_\_\_\_ бакалавр  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 131 Прикладна механіка  
(код і назва)  
Освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_ Прикладна механіка  
(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ МПТ  
 Людмила Кривопляс-Володіна  
« 31 » \_\_\_\_\_ 03 \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Клементьєв Владислав Костянтинівич

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація лінії для пакування зефіру в пачки продуктивністю 30 уп./хв

керівник роботи Якимчук Микола Володимирович професор, доктор технічних наук  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 31 » 03 20 22 року №167-кс

2. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_ 27.05.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи пакування зефіру в пачки, продуктивністю 30 уп./хв

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_  
Вивчення стану питання і постановка задачі проектування; Техніко-економічне обґрунтування; Опис пропозиції. Принцип роботи і конструкція; Розробка кінематичної схеми машини; Розрахунки машини, окремих її механізмів і елементів; Кінематичний і динамічний аналіз руху робочих органів виконавчих механізмів; Технологія машинобудування; Монтаж, експлуатація, обслуговування, діагностика та ремонт машини; Опис блоку управління машиною; Охорона праці;

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1 - Загальний вигляд машини

Лист 2 - Трипод

Лист 3 - Вихідна ланка трипода. Привод із зубчатим ременем

Лист 4 - Збірне зубчасте колесо

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 31.03.2022

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

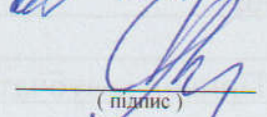
№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація; Вступ;	01.04.2022	
2; 3	Вивчення стану питання і постановка задачі проектування	05.04.2022	
3; 4	Техніко-економічне обґрунтування; Опис пропозиції;	11.04.2022	
5; 6	Принцип роботи і конструкція; Розробка кінематичної схеми машини;	13.04.2022	
	Розрахунки машини, окремих її механізмів і елементів; Кінематичний і динамічний аналіз руху робочих органів виконавчих механізмів;	26.04.2022	
	Лист – 1; Лист -2;	30.04.2022	
7; 8	Лист – 3; Лист - 4;	07.05.2022	
9;	Технологія машинобудування; Монтаж, експлуатація, обслуговування, діагностика та ремонт машини;	17.05.2022	
10;	Опис блоку управління машиною;	20.05.2022	
	Охорона праці;	25.05.2022	
	Висновок; Список використаної літератури;	30.05.2022	

Здобувач

  
(підпис)

Владислав Клементьєв  
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

  
(підпис)

Миколай Якимчук  
(ім'я та прізвище)

### Анотація

Об'єктом модернізації роботи – триподи в лінії для пакування зефіру продуктивністю 30 уп/хв. Заміна пневматичного лінійного привода електричним із зубчатим ременем та сервоприводом. Були проаналізовані усі приводи, які можливо використовувати в даній конструкції трипода та подальше встановлення цих роботів в лінію для пакування. Дипломний проект містить 70 сторінок текстового документа, 6 використаних джерела.

Графічна частина містить:

1. Загальний вигляд пакувальної лінії А1.
2. Трипод А1.
3. Вихідна ланка трипода. Привод із зубчастим ременем А1.
4. Технологічний маршрут виготовлення деталі "Збірне зубчасте колесо" А1 .

**Ключові слова:** конвеєрна лінія, трипод, маніпулятор, робот, інерції двигуна, системи керування, заданим параметрам, робота, автоматизація виробництва, проаналізовані, технологічне обладнання, дельта-роботи, конфігурація,

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			Анотація	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	1
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

## Вступ

Автоматизація технологічних процесів є одним з головних напрямків технічного прогресу, вона є вирішальним фактором підвищення продуктивності і поліпшення умов праці.

Пакувальна індустрія кожної країни не тільки відображає стан її економіки, промислового розвитку, сільського господарства та сфери послуг, але й відображає різноманітні соціальні, суспільні та інші явища. Ці фактори значною мірою визначають тенденцію розвитку виробництва пакувальних матеріалів та обладнання. Україна має великий потенціал у сфері упаковки.

На сьогоднішній день є актуальним питання підвищення продуктивності промислових харчових підприємств і збільшення випуску продукції без збільшення меж виробничих площ і при значному скороченні чисельності робітників. Це вимагає докорінного технічного переоснащення підприємств з істотним зменшенням частки ручної праці. Воно досягається шляхом комплексної автоматизації технологічних процесів з широким застосуванням обчислювальної техніки і робототехніки поряд з іншими традиційними засобами автоматизації. Одним з найважливіших рішень даних проблем на сьогоднішній день, є впровадження у виробництво різних типів роботів. До таких типів належать роботи, що виконують такі функції: зварювальні роботи, переміщення вантажів, маркування, розподіл пакувальних одиниць, переорієнтування та укладання штучних вантажів і багато інших.

На сьогодні дельта-роботи здатні виконувати різні складальні операції. Висока точність позиціонування, малий час робочого циклу за рахунок високої швидкості і прискорення, це забезпечує попит і постійне збільшення частки ринку роботизованих складальних комплексів.

Метою дипломного проекту є удосконалення робота-трипода для підвищення продуктивності підприємства.

Використання лінійних приводів та серводвигунів в конструкції трипода дозволяє досягти мети даного дипломного проекту.

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вступ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Клементьев В.К.					1	1
Перевір.		Якимчук М.В.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		

## ЗМІСТ

Анотація.....	6
Вступ.....	7
1. Вивчення стану питання і постановка задачі проектування.....	9
2. Техніко-економічне обґрунтування.....	14
3. Опис пропозиції. Принцип роботи і конструкція.....	15
4. Розробка кінематичної схеми машини.....	20
5. Розрахунки машини, окремих її механізмів і елементів.....	21
6. Кінематичний і динамічний аналіз руху робочих органів виконавчих механізмів.....	36
7. Технологія машинобудування.....	45
8. Монтаж, експлуатація, обслуговування, діагностика та ремонт машини.....	51
9. Опис блоку управління машиною.....	54
10. Охорона праці.....	57
Висновки.....	71
Список використаної літератури.....	72
Додатки.....	73

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>ЗМІСТ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.				1	1	1
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

## 1. Вивчення стану питання і постановка задачі проектування

На сучасних технологічних пакувальних лініях багато складних технологічних операцій. Для їх виконання почали активно використовувати роботи різного типу конструкцій. Кожен маніпулятор, робот або система складається окремих елементів. Типовими елементами для виконання операцій пакування є поворотні елементи (а), елементи лінійного руху (б) і складні елементи (в), які можуть одночасно підніматися та переміщатися рис. 1.1.

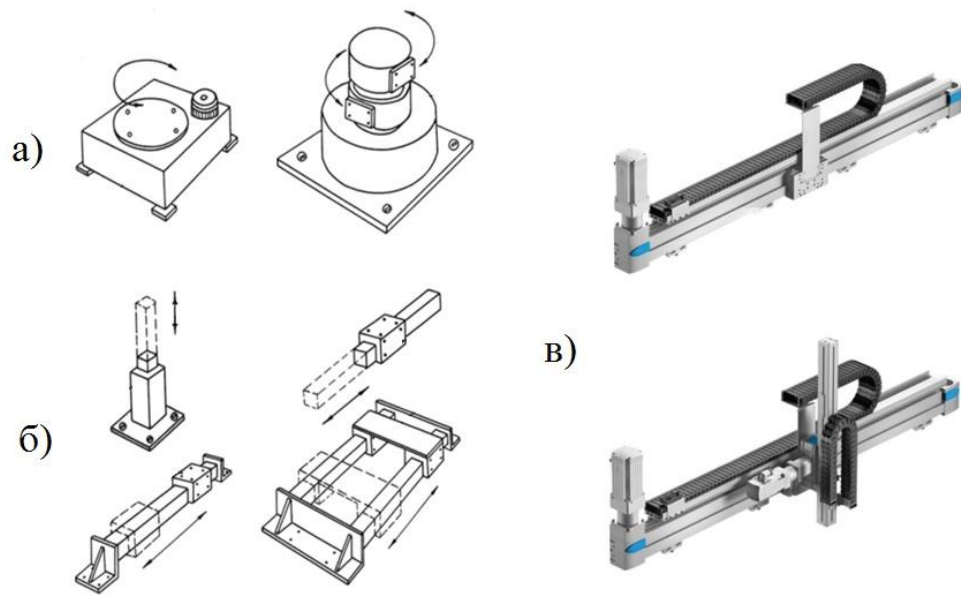


Рис.1.1. Основні базові модулі промислових роботів для виконання операцій пакування.

Взаємне складання в різних конфігураціях таких елементів дає можливість отримати багатоструктурні схеми різноманітних роботів, які виконуватимуть певні технологічні операції. На рис. 1.2. показано конфігурацію промислових роботів модульного типу.

					ДП.58 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вивчення стану питання і постановка задачі проектування</b>					
Розроб.		Клементьев В.К.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.							1	5
Реценз.								НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.										
Затверд.										

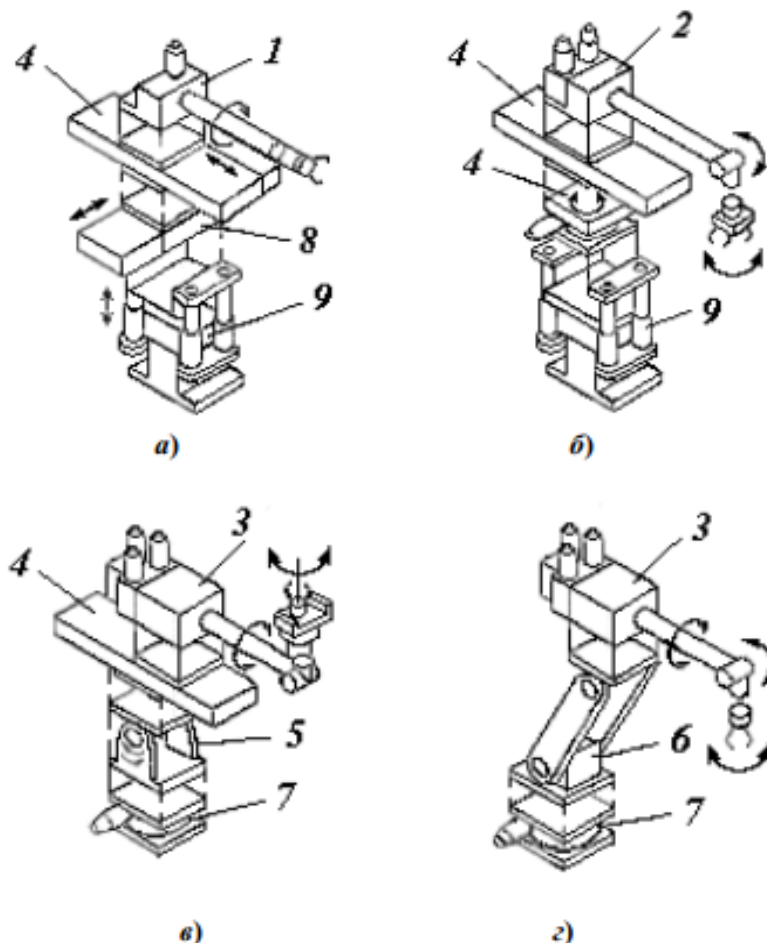


Рис.1.2. Приклади базових компоновок промислового робота модульного типу:

а - в прямокутній системі координат; б - в циліндричній системі координат; в - в сферичній системі координат; г - в ангулярної сферичній системі координат; 1 - рука з одним ступенем рухливості; 2 - рука з двома ступенями рухливості; 3 - рука з трьома ступенями рухливості; 4 - модуль радіального ходу; 5 - модуль гойдання; 6 - модуль подвійного гойдання; 7 - модуль повороту; 8 - модуль зсуву; 9 - модуль підйому.

Такі конструкції активно використовуються на виробництві. Особливо така структура передбачена на сучасних заводах KUKA, FANUC. Їх особливість щодо використання в пакувальних системах - вони багатofункціональні. Однак це не завжди необхідно на виробництві. Використання їх для упаковки дрібних предметів використовуватиме лише близько 10% можливостей, які мають маніпулятори такого типу.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.3. Промислові роботи маніпулятори: а – роботи KUKA;  
б, в, г – роботи FANUC/

Враховуючи таку тенденцію, пакувальна промисловість поки що почала використовувати більше порталних роботів, конструкція яких показано на рис.1.4. Вони простіші і мають менше технологічних операцій.

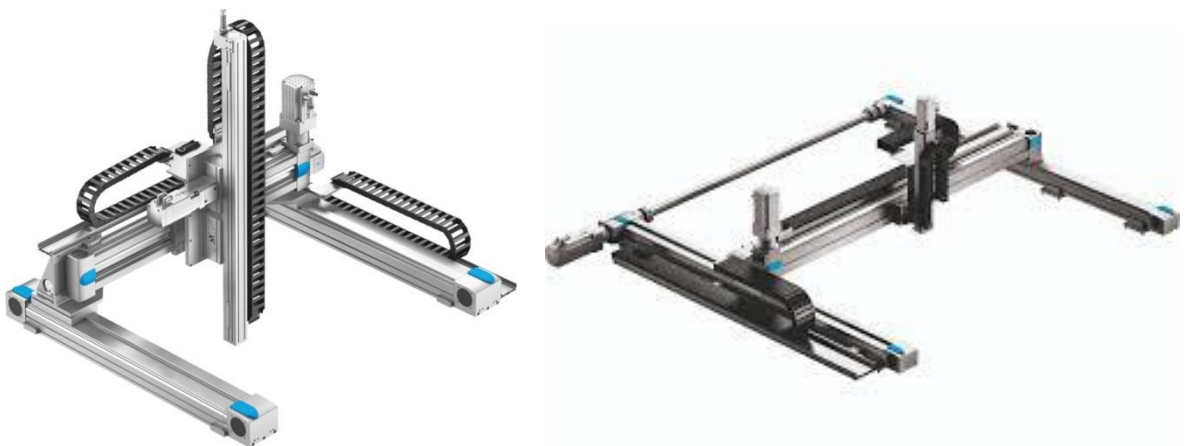


Рис.1.4. Портальні маніпулятори.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На сьогодні особливої уваги заслуговує тенденція до впровадження роботів нового покоління технологічного обладнання на основі механізмів паралельних структур (МПС). Конструктивні та функціональні особливості технологічного обладнання з МЕС пропонується класифікувати залежно від кількості провідних ланок на рис. 1.5.



Рис.1.5. Класифікація технологічного обладнання на основі МПС.

Загалом, МПС містить нерухому базу та рухому платформу, з'єднану з нерухомим базисом низкою паралельних кінематичних ланцюгів.

Трипоіди належать до групи механізмів з паралельною структурою, яка дозволяє переміщувати вихідний елемент у трьох незалежних координатах.

Найвідоміший робот з трьома поступальними ступенями свободи – це Delta робот (рис. 1.6), розроблений Раймоном Клавелем і Політехнічною школою Лозанни. З маніпулятори з приводом карданних приводів кріпляться до накладної основи, розташованої вгорі у вигляді підвісної конструкції; Маніпулятори, що сходяться вниз, з'єднані невеликою трикутною платформою, яка під час роботи зміщується по осі X, Y або Z, а центральний четвертий важіль дає додатковий ступінь свободи – тобто поворот.

Маніпулятори, які допускають лише три оберти навколо центру, є альтернативою, часто використовуються в послідовних роботах зап'ястя, що складаються з трьох обертових шарнірів, осі яких сходяться в одній точці.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

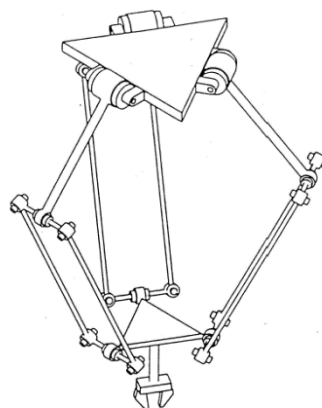


FIG. 1 CLAVEL'S "DELTA" ROBOT

Рис.1.6. Робот Delta розроблений Реймондом Клавелем

Основна ідея полягала в тому, щоб керувати легкими об'єктами, але на великій швидкості, чого тоді потребувала промисловість.

На рис.1.7. представлені конструкції триподів сучасних виробників.

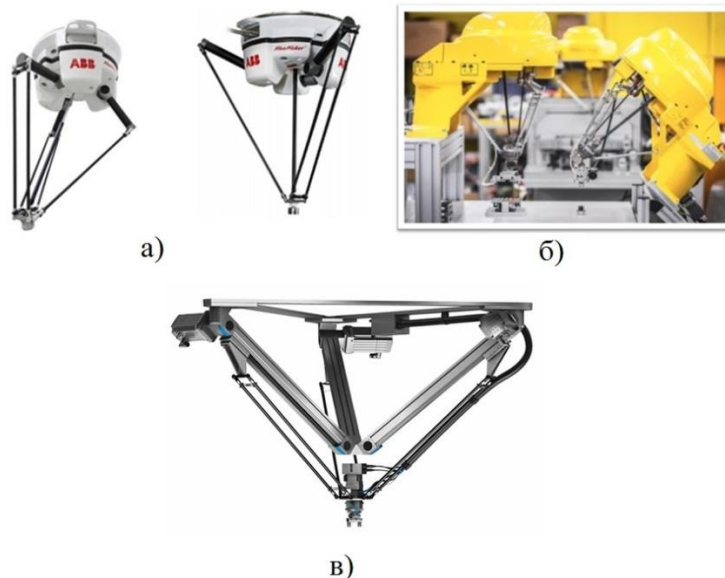


Рис.1.7. Роботи триподи фірми: а – АBB (Швеція); б – FANUC (Японія);  
в – Трипод компанії FESTO (Німеччина).

Роботи-триподи стають все більш популярними в харчовій промисловості. Вони використовуються для переміщення та розташування елемента в просторі. На сьогоднішній день така робота займає перше місце за швидкістю і чітким розподілом промислового обладнання по виробничій лінії. Пакування, сортування, укладання – цей дельта-робот може робити все це на максимальній швидкості. Висока продуктивність штативів пояснюється їх унікальним дизайном.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Техніко-економічне обґрунтування

Для виготовлення триподів використовуються різні приводи. При проектуванні були проаналізовані всі приводи, які використовуються для цих пристроїв, і результат аналізу представлений у вигляді діаграм на рис. 2.1.

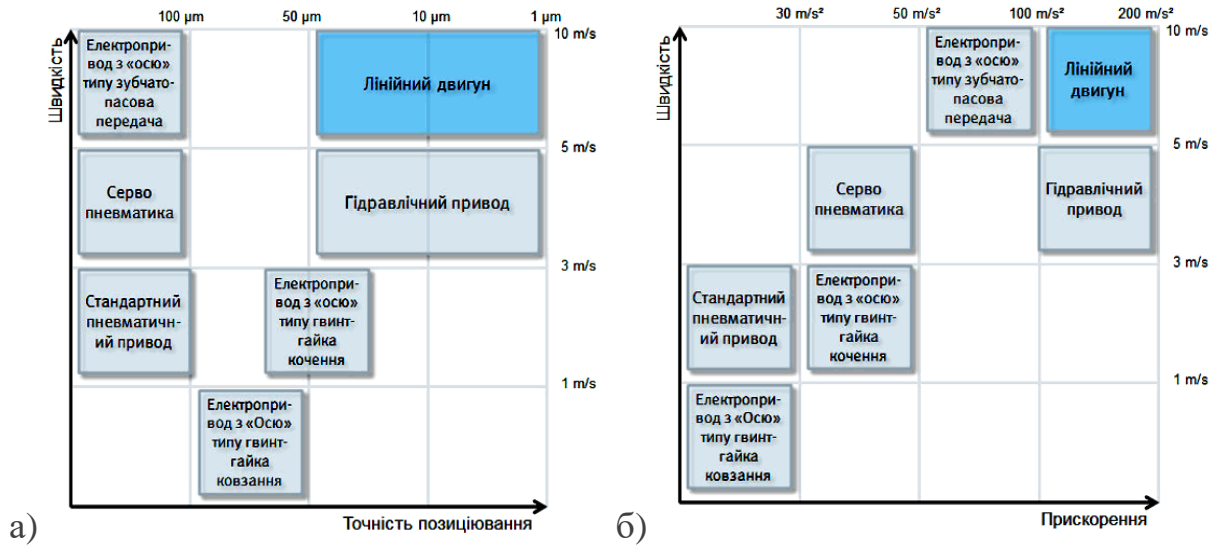


Рис.2.1. Порівняльна характеристика приводів, які забезпечуть можливість позиціонування платформи робота: а) по координаті; б) по прискоренню

Оскільки трипод є високотехнологічним пристроєм, здатним виконувати технологічні операції за мілісекунди, швидкість переміщення важелів досить висока. І виявилось, що використання лінійних і серводвигунів є найбільш технологічним.

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>Техніко-економічне обґрунтування</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	1
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								

### 3. Опис пропозиції. Принцип роботи і конструкція

Конструкція трипода представлена на рис.3.1.

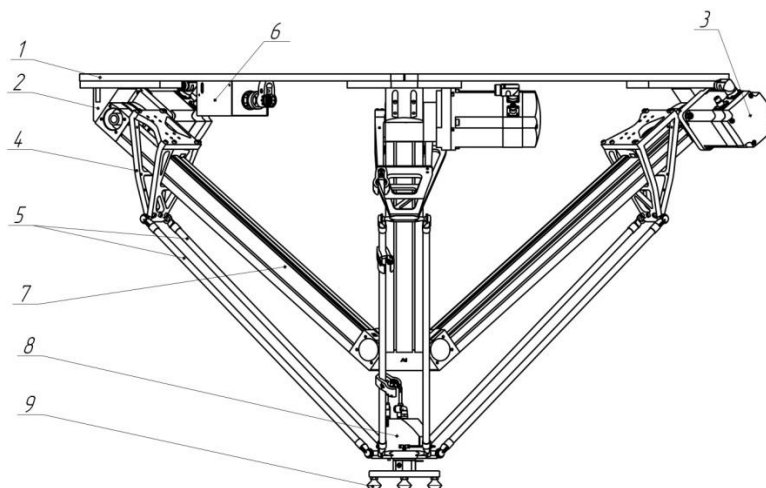


Рис. 3.1. Конструкція робота-трипода: 1-каркас; 2-монтажні кронштейни; 3-серводвигун; 4-монтажний блок; 5-пара тяг; 6-корпус інтерфейса; 7-привод із зубчастим ременем; 8-монтажна плита для кріплення захвату; 9-вакуумна присоска.

Принцип роботи трипода такий: робот оснащений верхньою нерухомою платформою 1 і нижньою рухомою платформою 8, яка приводиться в дію лінійним приводом із зубчастим ременем 7, який у свою чергу передає пару важелів 5. Важелі шарнірно закріплені на нижній платформі. Каретка лінійного приводу переміщується зміною кута повороту серводвигуна 3. Комбінація заданих кутів повороту серводвигунів дозволяє розташувати нижню платформу до точки, де робот повинен освоїти технологічну роботу.

На рис.3.2. представлено загальну схему процесу пакування харчових продуктів у споживчу упаковку.

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>Опис пропозиції. Принцип роботи і конструкція</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	4
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

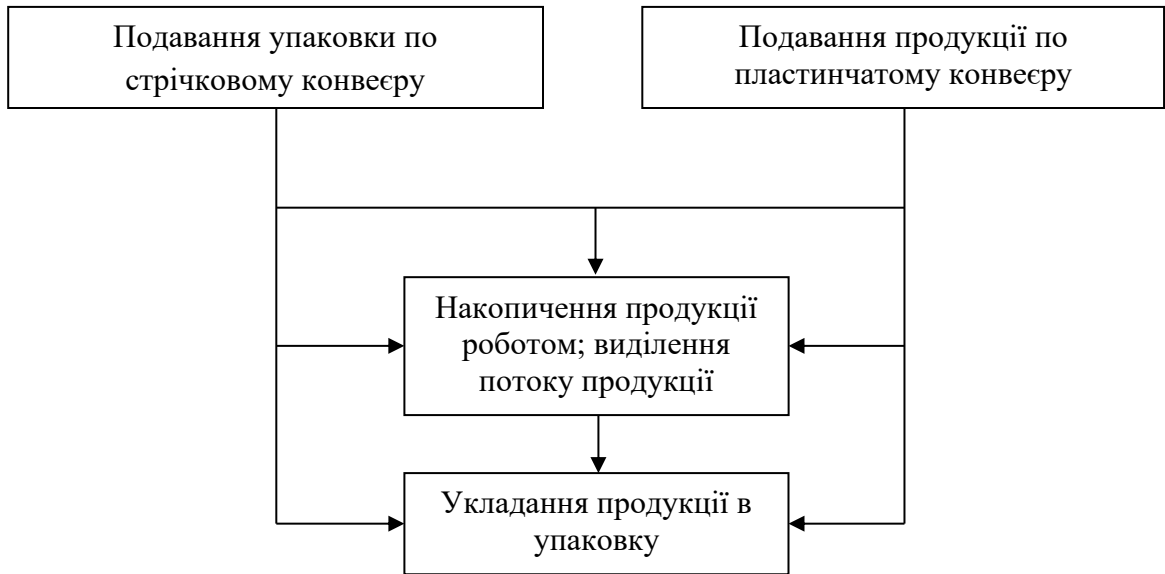


Рис. 3.2. Загальна технологічна схема процесу пакування харчової продукції у споживчу упаковку

Конструктивну схему обладнання також показано на рис. 3.3.

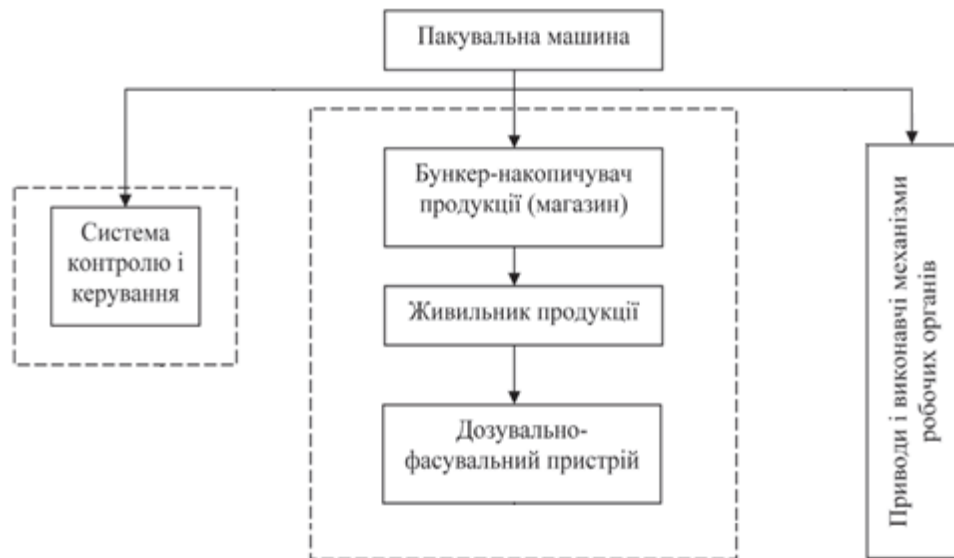


Рис.3.3. Структурна схема обладнання

Для більш чіткого уявлення про процес пакування штучної продукції в споживчу тару розроблено технологічну карту обладнання. Це показано в таблиці нижче.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Технологічна карта обладнання

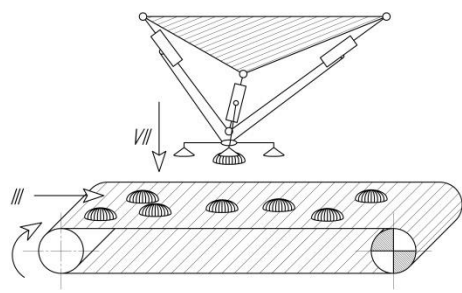
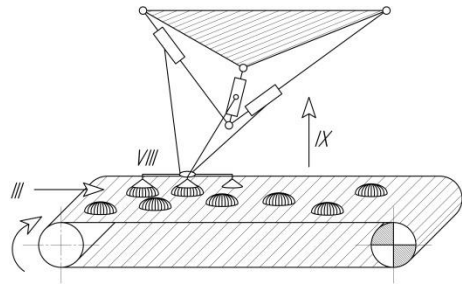
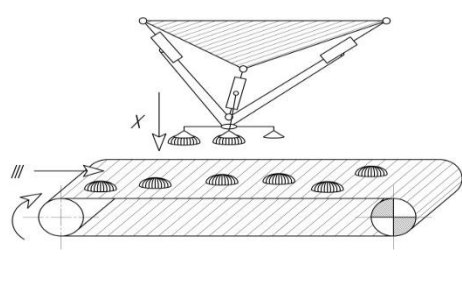
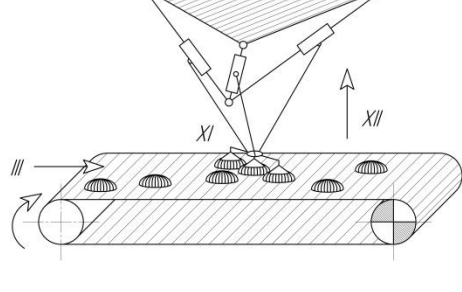
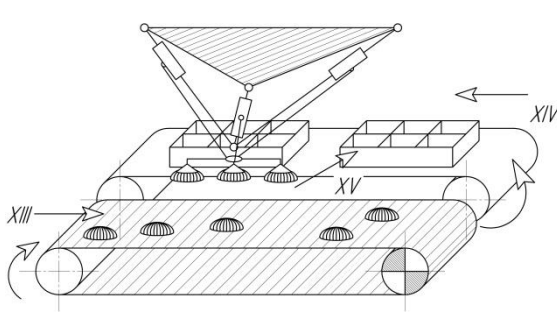
Технологічний процес	Технологічна операція і її елементи	Робочий орган для виконання операції	Номер робочого органу		Номер позиції
			№	схема	
Подача упаковки і продукції	Упаковка типу «лоток» подається по стрічковому конвеєру. Продукція (зефір) подається в хаотичному порядку по пластинчатому конвеєру.	Пластинчатий конвеєр	1		I, II
		Стрічковий конвеєр	2		
		Зефір	3		
		Упаковка (лоток)	4		
Накопичення продукції	Робот – трипод опускає вакуумну присоску і захоплює почергово по 1 шт. зефіру	Робот-трипод	5		III, IV,
		Вакуумна присоска	6		V, VI,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.58 ПЗ

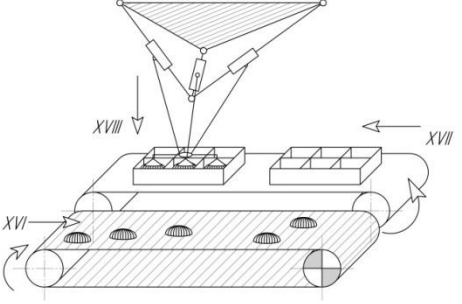
Арк.

3

				<p>VII,</p>
			  	<p>VIII, IX,  X,  XI, XII</p>
<p>Пер еорі ент у- ван ня про дук ції</p>	<p>Робот- трипод переносє 3 шт. зефіру до стрічковог о конвеєра для укладання виробів в упаковку</p>			<p>XIII, XIV, XV</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДП.58 ПЗ

Уклада ння виробів в упаковку	Робот-трипод укладає 3 шт. зефіру чітку в комірки лотка				XVI, XVII, XVIII
---	--	--	--	--	------------------------

					ДП.58 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

#### 4. Розробка кінематичної схеми машини

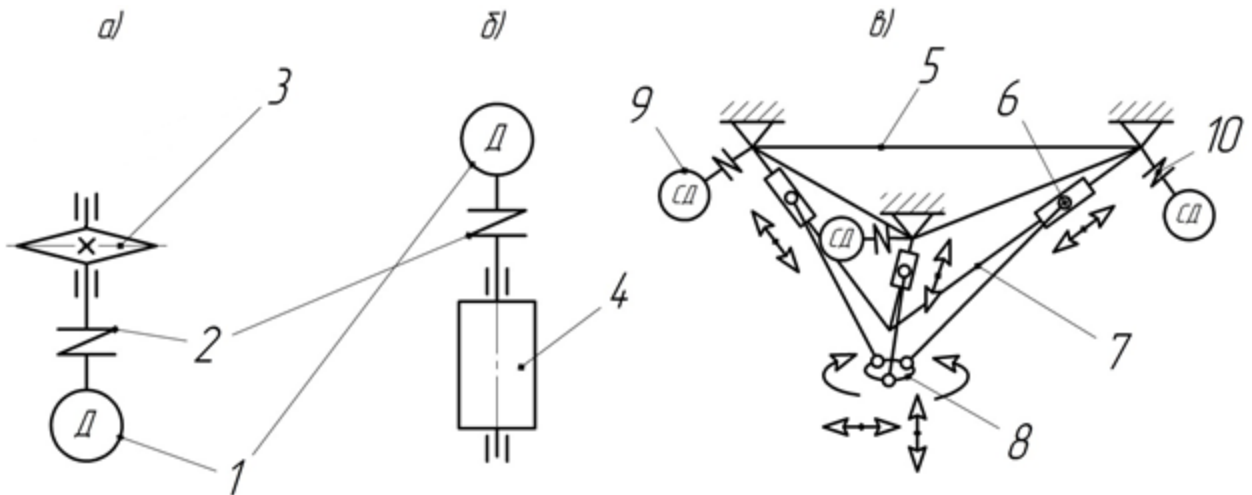


Рис.4.1. а) кінематична схема пластинчатого конвеєра; б) кінематична схема стрічкового конвеєра; в) кінематична схема робота-трипода

- 1 – двигун;
- 2 – муфта;
- 3 – приводні зірочки;
- 4 – приводний барабан;
- 5 – каркас трипода;
- 6 – каретка;
- 7 – привод із зубчастим ременем;
- 8 – робочий орган (присоска);
- 9 – серводвигун;
- 10 – безпроміжкова муфта.

					ДП.58 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Розробка кінематичної схеми машини</b>					
Розроб.		Клементьев В.К.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.							1	1
Реценз.								НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.										
Затверд.										

## 5. Розрахунки машини, окремих її механізмів і елементів

За методом І.В.Князєв наступний метод розрахунку робота:

### 5.1. Розрахунок силових навантажень сервоприводів

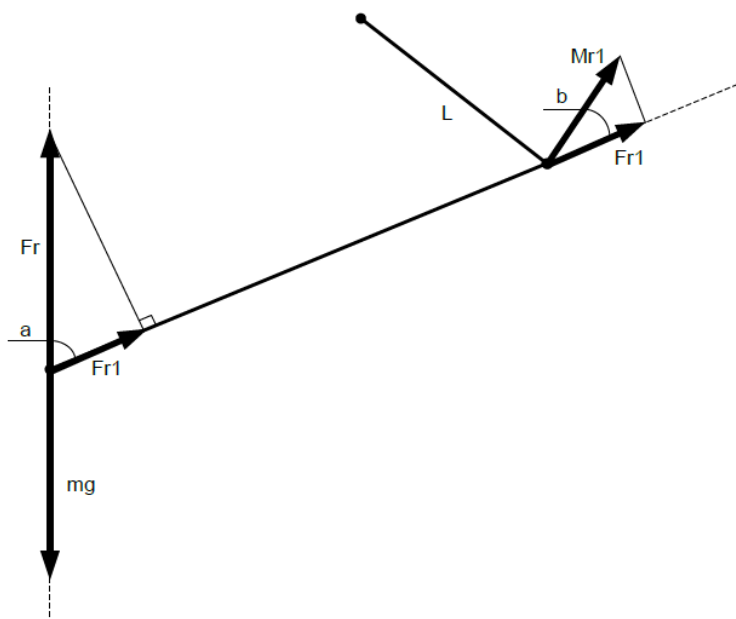


Рис.5.1. Силові навантаження сервоприводів

$$\begin{aligned} \vec{Fr} &= m\vec{g}, \\ \vec{Fr} &= \vec{Fr1} + \vec{Fr2} + \vec{Fr3} \end{aligned} \quad (1)$$

$\vec{Fr}$  - вектор суми реакцій трьох спиць;

$\vec{Fr1} + \vec{Fr2} + \vec{Fr3}$  - вектор реакції спиць.

$$\begin{aligned} Fr1 &\leq mg, \\ Fr1 &= mg \cdot \cos(a), \\ Mr1 &= L \cdot Fr \cdot \cos(b), \\ Mr1 &= L \cdot mg \cdot \cos(a) \cdot \cos(b), \end{aligned} \quad (2)$$

де  $Mr1$  - момент реакції на гойдалці;

$L$  - довжина гойдалки.

Оскільки  $\cos(a) \cos(b) < 1$ , то  $Mr1 < L mg$ . Отже при  $m < 0,1$  кг,  $L = 0,1$ .

$Mr1 < 0,098$  Н·м. З огляду на додаткові перевантаження в динаміці  $10g$ , приймемо

М сервоприводу  $\geq 10$  Н·м.

					ДП.58 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Клементьев В.К.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.				1	15
Реценз.					НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.							
Затверд.							
<b>Розрахунки машини, окремих її механізмів і елементів</b>							

## 5.2. Аналіз швидкості

Оскільки дельта-паралельний робот має замкнутий кінематичний контур, розрахунки кінематики досить складні. Щоб спростити модель і зменшити кількість параметрів, припустимо, що в одній точці можна з'єднати три передпліччя, припускаючи, що відстань від початку координат системи  $\{R\}$  в кілька разів дорівнює одному з двигунів  $R = R_A - R_B$  [3]. Таким чином, передпліччя з'єднуються в точці  $P$ . Спрощена модель робота наведена на рис.5.2.

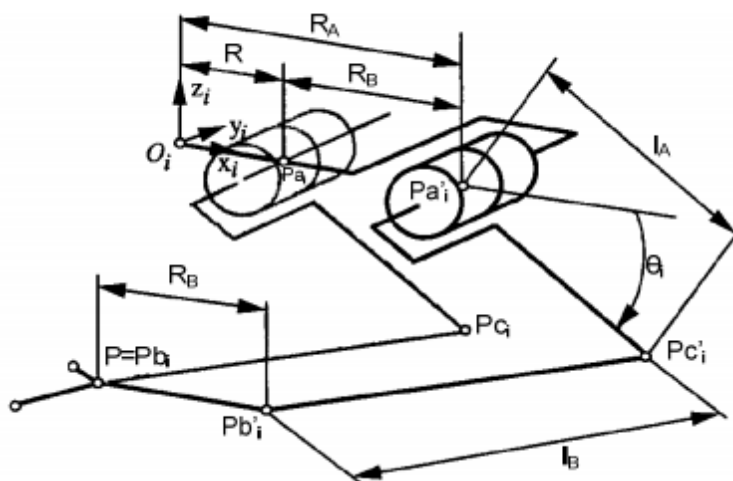


Рис.5.2. Спрощена модель робота

Матриця описує перехід від швидкостей у просторі узагальнених координат до декартового простору. Матриця Якобана визначає лінеаризовану матрицю похідних першого порядку. Щоб обчислити матрицю Якобія дельта-паралельного робота, ми можемо використовувати систему рівнянь зі зв'язками, що зв'язують декартів простір з узагальненими координатами. Такі рівняння можна вибрати за умови постійної довжини передпліч:

$$\|P_{ci} P_{bi}\|^2 - l_B^2 = 0, \quad i = 1, 2, 3 \quad (4)$$

Позначимо вектор  $P_{ci} P_{bi}$ , як  $s_i$ , тоді Евклидова норма може бути записана, як  $s_i^T s_i$ . Розглянувши рис.3.6, вектор  $s_i$  буде записаний наступним чином:

					ДП.58 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

$$s_i = O_i P_{b_i} - (O_i P_{A_i} + P_{A_i} P_{C_i}) = \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{bmatrix} - {}^R R_z \left( \begin{bmatrix} R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_A \cos(\theta_i) \\ 0 \\ l_A \sin(\theta_i) \end{bmatrix} \right), \quad i = 1, 2, 3. \quad (5)$$

Щоб ввести похідну першого порядку в узагальнений координатний простір і декартовий простір, ми можемо взяти похідну рівняння:

$$s_i^T \dot{s}_i - l_B^2 = 0, \quad i = 1, 2, 3. \quad (6)$$

В результаті отримуємо:

$$s_i^T \dot{s}_i + \dot{s}_i^T s_i = 0, \quad i = 1, 2, 3. \quad (7)$$

Використовуючи властивість комутативності множення, вираз (7) може бути записано:

$$s_i^T \dot{s}_i = 0, \quad i = 1, 2, 3. \quad (8)$$

Похідна першого порядку  $s_i$  визначається, як:

$$\dot{s}_i = \begin{bmatrix} \dot{x}_n \\ \dot{y}_n \\ \dot{z}_n \end{bmatrix} - {}^R R_z \begin{bmatrix} -l_A \sin(\theta_i) \\ 0 \\ l_A \cos(\theta_i) \end{bmatrix} \dot{\theta}_i = \dot{X}_n - b_i \dot{\theta}_i, \quad i = 1, 2, 3, \quad (9)$$

Де

$$b_i = {}^R R_z \begin{bmatrix} -l_A \sin(\theta_i) \\ 0 \\ l_A \cos(\theta_i) \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, 3. \quad (10)$$

Для однієї руки робота, рівняння (9) може бути записано, як:

$$s_i^T \begin{bmatrix} \dot{x}_n \\ \dot{y}_n \\ \dot{z}_n \end{bmatrix} - s_i^T b_i \dot{\theta}_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (11)$$

що може бути представлено в матричній формі для всіх трьох рук, як:

$$\begin{bmatrix} s_1^T \\ s_2^T \\ s_3^T \end{bmatrix} \dot{X}_n - \begin{bmatrix} s_1^T b_1 & 0 & 0 \\ 0 & s_2^T b_2 & 0 \\ 0 & 0 & s_3^T b_3 \end{bmatrix} \dot{\theta} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з виразу (12), матриця Якобі отримана при розгляді:

$$\dot{X}_n = J\dot{\theta}, \quad (13)$$

Де

$$J = \begin{bmatrix} s_1^T \\ s_2^T \\ s_3^T \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} s_1^T b_1 & 0 & 0 \\ 0 & s_2^T b_2 & 0 \\ 0 & 0 & s_3^T b_3 \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Матриця Якобі залежить не тільки від  $\theta$ , як це часто буває з промисловими роботами, а й від положення  $X_n$  рухомої платформи, яке можна розрахувати за допомогою прямої задачі робототехніки.

### 5.3. Аналіз прискорення.

Щоб проаналізувати прискорення нашого робота, ми можемо використати результат з попереднього параграфу, знову диференціюючи вираз (12).

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} s_1^T \\ s_2^T \\ s_3^T \end{bmatrix} \ddot{X}_n + \begin{bmatrix} \dot{s}_1^T \\ \dot{s}_2^T \\ \dot{s}_3^T \end{bmatrix} \dot{X}_n - \left( \begin{bmatrix} s_1^T b_1 & 0 & 0 \\ 0 & s_2^T b_2 & 0 \\ 0 & 0 & s_3^T b_3 \end{bmatrix} \ddot{\theta} + \right. \\ & \left. + \begin{bmatrix} \dot{s}_1^T b_1 + s_1^T \dot{b}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \dot{s}_2^T b_2 + s_2^T \dot{b}_2 & 0 \\ 0 & 0 & \dot{s}_3^T b_3 + s_3^T \dot{b}_3 \end{bmatrix} \dot{\theta} \right) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (15)$$

Використовуючи вирази (13) і (14), отримаємо:

$$\ddot{X}_n = \begin{bmatrix} s_1^T \\ s_2^T \\ s_3^T \end{bmatrix}^{-1} \left( - \begin{bmatrix} \dot{s}_1^T \\ \dot{s}_2^T \\ \dot{s}_3^T \end{bmatrix} J + \begin{bmatrix} \dot{s}_1^T b_1 + s_1^T \dot{b}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \dot{s}_2^T b_2 + s_2^T \dot{b}_2 & 0 \\ 0 & 0 & \dot{s}_3^T b_3 + s_3^T \dot{b}_3 \end{bmatrix} \right) \dot{\theta} + J\ddot{\theta} \quad (16)$$

Зрештою, співвідношення між декартовим прискоренням і прискоренням в узагальнених координатах таке:

$$\ddot{X}_n = \dot{J}\dot{\theta} + J\ddot{\theta}. \quad (17)$$

Докладніше про це див. [4].

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.4. Розрахунок конвеєра

продуктивність  $Z = 1800$  шт/год,

довжина конвеєра  $L = 3700$  мм, кут нахилу  $\beta = 0^\circ$ .

### 5.4.1 Вибір швидкості транспортування вантажу

Для перевезення генеральних вантажів рекомендована швидкість ланцюга в межах  $0,1 \dots 0,63$  м/с. Припустимо,  $v = 0,3$  м / с. При такій швидкості можна знехтувати динамічними навантаженнями на натяжний елемент.

### 5.4.2. Вибір тягового елемента

В якості натяжного елемента вибираємо втулковий роликовий пластинчастий ланцюг типу ПВР з фланцями.

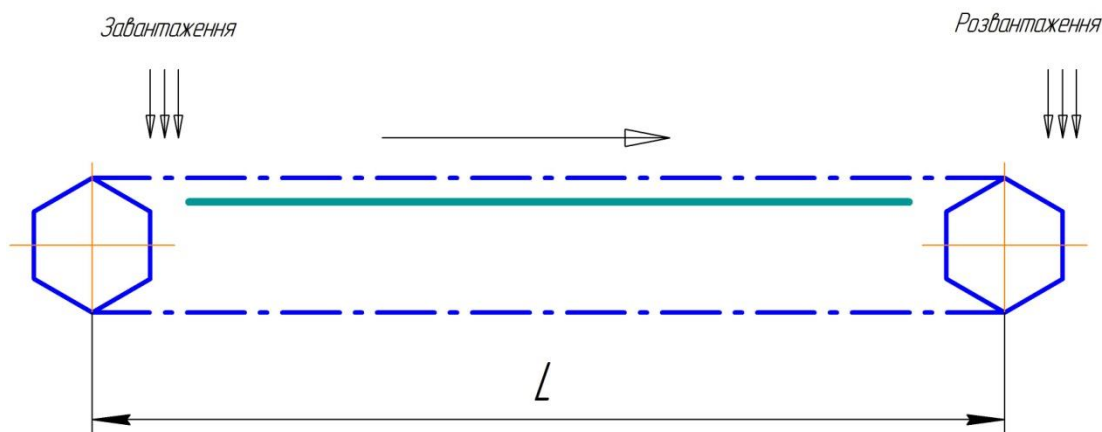


Рис.5.3. Схема пластинчастого конвеєра

### 5.4.3. Вибір настилу

Згідно з табл. 5.1. Вибираємо тип підлогового покриття - плоский відкритий (для штучних товарів) сучасних брендів для харчової промисловості

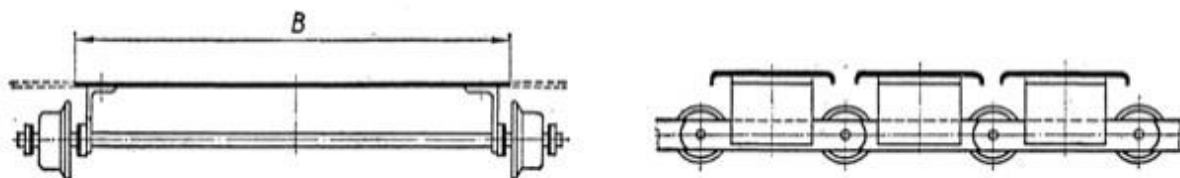


Рис.5.4. Вибір настилу

					ДП.58 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

#### 5.4.4. Визначення ширини настилу

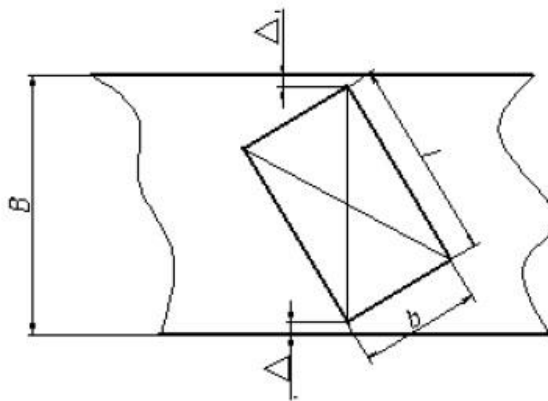


Рис.5.5. Косе розміщення вантажу на поверхні настилу

При переміщенні генеральних вантажів ширина вантажного майданчика залежить від розміру похилого вантажу

Вантаж – ящики. Розміри вантажу:  $l \times b \times h = 220 \times 130 \times 70$

вага  $G_e = 0,35 \text{ кг}$

$$B = \sqrt{l^2 + b^2} + 2\Delta = \sqrt{220^2 + 130^2} + 2 \cdot 20 = 295,539 \text{ мм},$$

Де  $\Delta = 20 \text{ мм}$  – відстань від краю настилу до вантажу.

Згідно стандарту обираємо  $B = 300 \text{ мм}$ .

#### 5.4.5. Погонні навантаження

Відстань між вантажом:

$$a = \frac{3600 \cdot v}{Z_p}$$

Де  $Z_p$  – розрахункова продуктивність конвеєра,  $v$  – швидкість переміщення вантажу,  $v = 0,4 \text{ м/с}$

$$Z_p = Z \cdot \frac{K_H}{K_r} = 1800 \cdot \frac{1,2}{0,8} = 2700 \text{ шт/год}$$

Де  $K_H = (1,1 \dots 1,25)$  – коефіцієнт нерівномірності заповнення;

$K_r = (0,8 \dots 0,95)$  – коефіцієнт нерівномірності використання конвеєра в часі.

Тоді:

$$a = \frac{3600 \cdot 0,4}{2700} = 0,4 \text{ м}$$

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Від штучного вантажу:

$$q_B = \frac{G_B}{a} = \frac{0,35}{0,4} = 0,875 \text{ (кг/м)}$$

Де  $G_B = 0,35 \text{ кг}$  – маса вантажу,

Від настилу з ланцюгами:

$$q^0 = 60B + A = 60 \cdot 0,4 + 40 = 64 \text{ (кг/м)}$$

де  $A = 40$  – емпіричний коефіцієнт, який визначається при легких умовах роботи.

#### 5.4.6. Тяговий розрахунок пластинчастого конвеєра

Конвеєрна лінія поділяється на характерні ділянки, починаючи від точки сходження ланцюгів від провідних зірочок. Розрахунок тяги починається з точки найменшого натягу, яка може бути у т.1 або т.2:

у т. 1 якщо  $\omega' \geq tg \beta$

у т. 2 якщо  $\omega' < tg \beta$

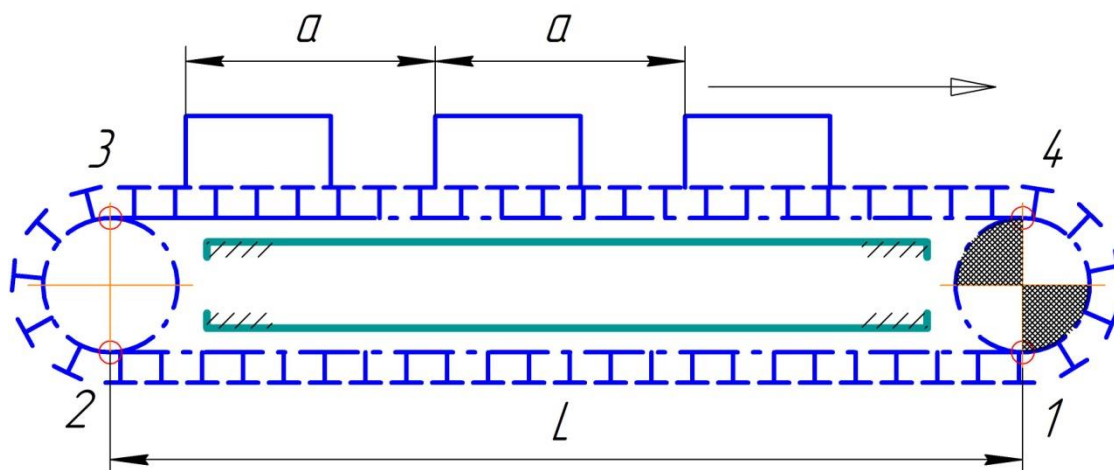


Рис. 5.6. Розрахункова схема пластинчастого конвеєра

тут  $\omega'$  – коефіцієнт опору переміщення настилу по направляючим. По табл. 5.4. при легких умовах роботи  $\omega' = 0,08$  – для втулко-роликів ланцюгів на підшипниках ковзання.

Оскільки  $\omega' = 0,08 > tg \beta = 0$ , то найменший натяг буде в т.1

Приймаємо

$$S_{min} = S_1 = 1000 \dots 3000 = 1000 \text{ (Н)}$$

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методом обходу по контуру траси за ходом руху настилу з ланцюгами находимо натяги в характерних точках:

$$\text{Натяг в т. 1: } S_1 = S_{зб} = S_{min} = 1000 \text{ (Н)}$$

Натяг в т. 2:

$$S_2 = S_1 + q_0 \cdot g \cdot \omega' \cdot L = 1000 + 64 \cdot 9,81 \cdot 0,08 \cdot 3,7 = 1186 \text{ (Н)}$$

Натяг в т. 3:

$$S_3 = S_2 K_{зир} = 1186 \cdot 1,07 = 1269 \text{ (Н)}$$

де  $K_{зир} = 1,04 \dots 1,1$  – коефіцієнт опору переміщення настилу при огинанні ланцюгами зірочок.

Натяг в т. 4:

$$\begin{aligned} S_4 = S_{нб} &= S_3 + (q_B + q_0) \cdot g \cdot \omega' \cdot L = \\ &= 1269 + (0,875 + 64) \cdot 9,81 \cdot 0,08 \cdot 3,7 = 1457 \text{ (Н)} \end{aligned}$$

Тягове зусилля на валу приводних зірочок:

$$\begin{aligned} F_m &= S_{нб} - S_{зб} + (K_{зир} - 1)(S_{нб} + S_{зб}) = 1457 - 1000 + (1,07 - 1) \times \\ &\times (1457 + 1000) = 629 \text{ (Н)} \end{aligned}$$

Діаграма натягу ланцюгів

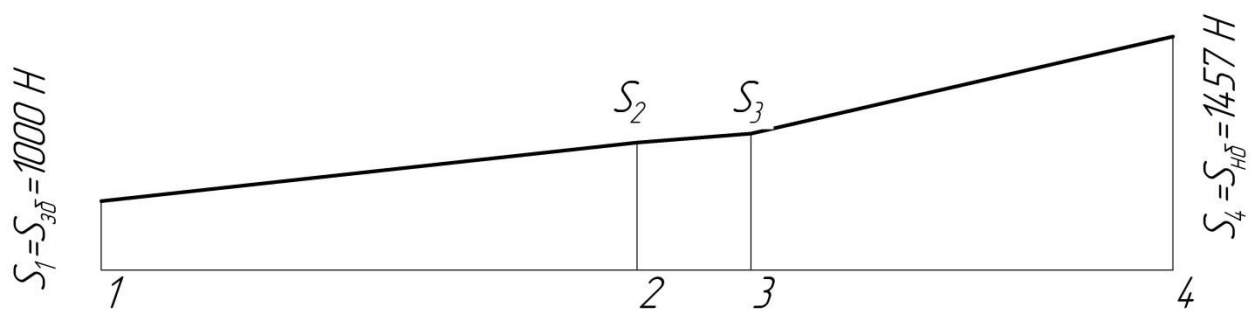


Рис.5.7. Діаграма натягу ланцюгів

#### 5.4.7. Перевірка правильності вибору тягового ланцюга

Остаточно вибираємо ланцюг пластинчастий втулко-роликовий з ребордою з номером М20 типу 4 виконання 2 з кроком  $t_L = 40$  мм, руйнівним навантаженням  $S_p = 20$  кН.

Позначення ланцюга:

Ланцюг М 20 - 4 - 40 - 2 ГОСТ 598 - 71

					ДП.58 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Повне розрахункове зусилля, яке діє на ланцюг:

$$S_p = S_{ст} + S_{дин}$$

де  $S_{ст}$  - максимальний статичний натяг ланцюга (або ланцюгів), одержаний в результаті тягового розрахунку,  $S_{ст} = S_{нб} = 1458$  Н;

$S_{дин}$  - розрахункове зусилля динамічного натягу ланцюга (або ланцюгів) в набігаючій вітці конвеєра, визначається за формулою:

$$\begin{aligned} S_{дин} &= \frac{6 \cdot v^2 \cdot (c_1 \cdot q_0 + c_2 \cdot q_B)}{Z^2 \cdot t} \cdot L_k = \\ &= \frac{6 \cdot 0,3^2 \cdot (1 \cdot 64 + 2 \cdot 0,875)}{15^2 \cdot 0,2} \cdot 3,91 = 3,080 \text{ (Н)} \end{aligned}$$

$c_2$  - коефіцієнт участі маси переміщуваного вантажу в коливальному процесі:  $c_2 = 1,0$  - для пластинчастих конвеєрів, ковшових елеваторів і конвеєрів, що транспортують штучні вантажі;

$c_1$  - коефіцієнт участі маси ходової частини в коливальному процесі:

при  $L_k \leq 25$  м,  $c_1 = 2,0$ ; при  $25 < L_k \leq 60$ ,  $c_1 = 1,5$ ; при  $60 > L_k$  м,  $c_1 = 1,0$ .

$L_k$  - довжина конвеєра, м.

$$L_k = L + \frac{\pi \cdot d_{зир}}{2} = 3,7 + \frac{\pi \cdot 0,134}{2} = 3,9 \text{ м}$$

де  $d_{зир}$  - діаметр ділительного кола приводних зірочок:

$$d_{зир} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z}} = \frac{30}{\sin \frac{180}{15}} = 135 \text{ мм}$$

$$S_p = 1457 + 3,08 = 1460,08 \text{ (Н)}$$

Навантаження на один ланцюг:

$$S_{p1} = 0,6 \cdot S_p = 0,6 \cdot 1460 = 870 \text{ (Н)}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{S_{руйн}}{S_{p1}} = \frac{20000}{876} = 22,732 \geq [n] = 6..10$$

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання зірочок:

$$n_{зир} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v}{\pi \cdot d_{зир}} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 0,3}{\pi \cdot 134} = 42,7682 \text{ об/хв}$$

Вибір приводу конвеєра.

Виберіть привід машини, що складається з мотор-редуктора 1, ланцюгової передачі 2 та провідної шестерні 3.

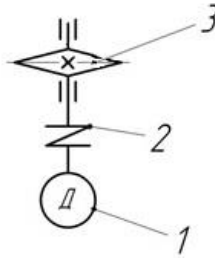


Рис.5.8. Кінематична схема приводу пластинчастого конвеєра

Розрахункова потужність електродвигуна:

$$N_p = K_z \frac{F_T \cdot v}{1000 \cdot \eta_{заг}} = 1,2 \frac{629 \cdot 0,3}{1000 \cdot 0,83} = 0,27 \text{ кВт}$$

де  $K_z$  - коефіцієнт запасу, який враховує зусилля, що витрачається на подолання сил інерції елементів конвеєра і вантажу; приймається = 1,1...1,3;

$F_T$  - тягове зусилля, Н;

$\eta_{заг}$  - загальний ККД приводу конвеєра:

$$\eta_{заг} = \eta_{дв-р} \cdot \eta_{л.п} \cdot \eta_{зир} = 0,92 \cdot 0,9 \cdot 0,98 = 0,83,$$

тут  $\eta_{дв-ред}$  - ККД двигун-редуктора,  $\eta_{дв-ред} = 0,92$ ;

$\eta_{л.п}$  - ККД відкритої ланцюгової передачі,  $\eta_{л.п} = 0,9$ ;

$\eta_{зир}$  - ККД приводнонь зірочки,  $\eta_{зир} = 0,98$ .

Вибираємо двигун-редуктор двохступінчастий соосний типу МЧ:

типорозмір - МЧ-40;

крутний момент на т.в, Н·м - 28

потужність, кВт - 0,55;

частота обертання, об/хв - 112;

Для чіткої та якісної синхронізації було встановлено частотний привод g120 компанії Siemens зворотнім зв'язком та лінійним енкодером для вимірювання швидкості конвеєра.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.5. Розрахунок електромеханічний привода

На основі дослідження властивостей приводів, що забезпечують можливість позиціонування платформи робота, розроблено конструкцію трипода з приводами для перетворення обертальних рухів у лінійні, так званих осей. За основу конструкції осі покладено зубчастий ремінь від FESTO. Перевагою даної конструкції в порівнянні з конструкціями, що використовуються на ринку, є висока швидкість виконання технологічних операцій, простота переналаштування та проектування. На рисунку 5.9 показана структура цього накопичувача.

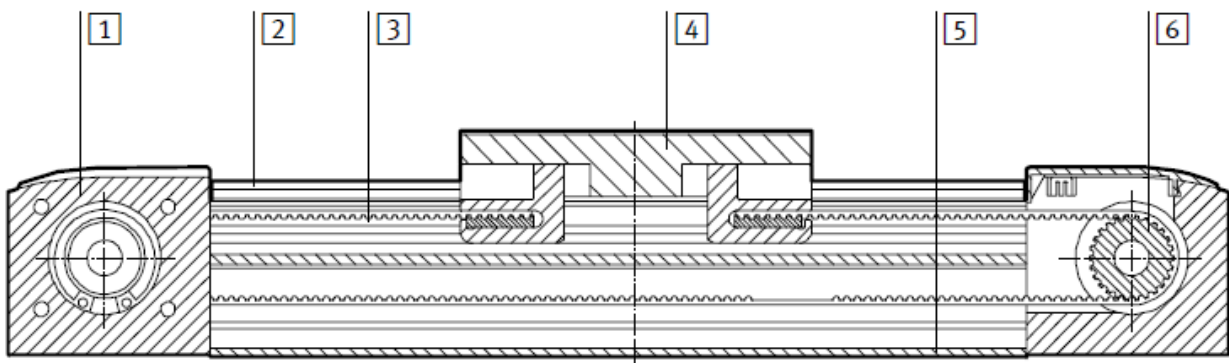


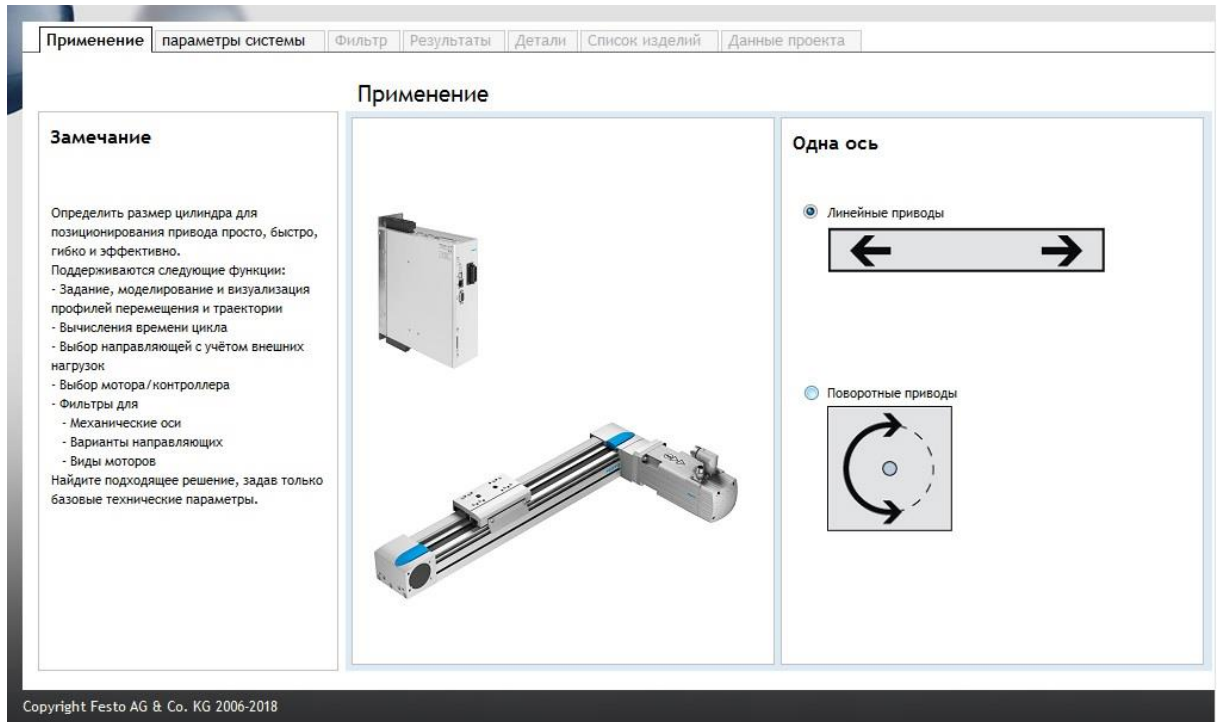
Рис.5.9. Лінійний привод із зубчастим ременем:

1 – кришка приводу; 2 – направляюча; 3 – зубчастий ремінь; 4 – каретка; 5 – профіль; 6 – зубчасте колесо.

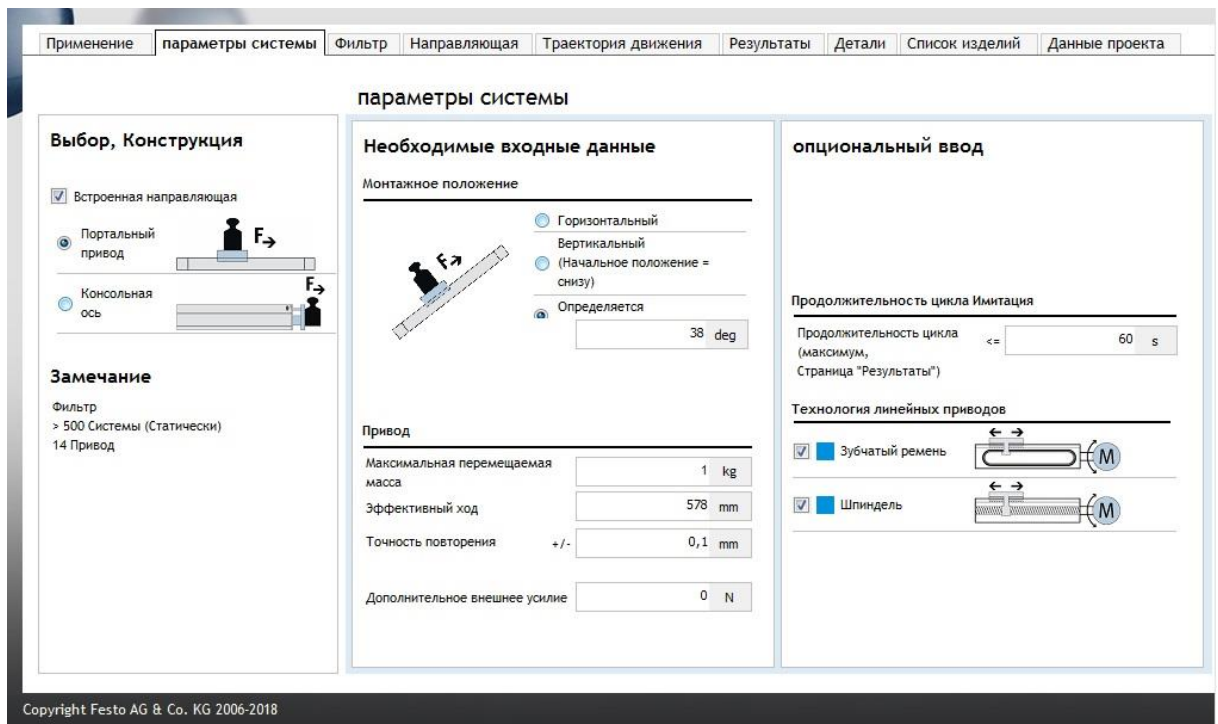
Офіційне програмне забезпечення Festo - Positioning Drives 2.3.19 від FESTO було використано для чіткого вибору приводу. Відбір відбувається в кілька етапів. На перших етапах встановлюються вихідні параметри, які дозволяють виконувати задані функції. В результаті програма рекомендує список пристроїв, які відповідають нашим вимогам. Також є можливість отримати повністю розрахований диск у вигляді графічних файлів.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В розділі «Применение» вибираємо тип осі «Линейные приводы» для подальшого розрахунку.



У розділі «Параметры системы» слід вибрати основні фізичні та геометричні параметри для лінійного приводу.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У розділі «Фільтр» маємо список приводів, які відповідають заданим параметрам. Вибераємо діапазон приводів EGC.

**Фільтр**

Технология линейных приводов | Технология двигателя | Контроллер

**Семейство продуктов**

- DGE
- DMES
- EGC
- EGSK
- EGSP
- ELGA
- ELGC

Выбор: Все

**Специальные характеристики**

- безопасно при работе с пищевыми продуктами (Пищевая)

**Каретка**

- защищенный
- Удлинненный

**Направляющая для порталных приводов**

- Направляющая скольжения
- Роликовая направляющая
- Шариковая направляющая
- Направляющая большой грузоподъемности

**Технология линейных приводов Шпиндель**

- Направляющий винт [Срок службы](#)
- Шариковая винтовая пара

**Положение при сборке Двигатель**

- Осевая установка двигателя
- Параллельная установка двигателя

Copyright Festo AG & Co. KG 2006-2018

У цьому розділі ми встановлюємо час руху візка і натискаємо на вкладку «Результаты».

**Траектория движения**

Начальное положение = 0

№	Режим A, R	Ход s [mm]	Движущаяся масса m [kg]	Усилие F [N]	Время перемеще t [s]	Максимальная скорость			Ускорение		Пауза t [s]
						Скорость v [m/s]	Ход_v s [mm]	Время V t [s]	Ускорение a [m/s <sup>2</sup> ]	Тормоза a [m/s <sup>2</sup> ]	
1	A	578	1	0	<=	2,919					0,2
2	A	0	1	0							0,2

Графики: s [mm], v [m/s], a [m/s<sup>2</sup>] vs t [s]

Кнопки: Новая строка ↓, Вставить строку, Стереть строку

Кнопка: Рассчитать траекторию движения

Copyright Festo AG & Co. KG 2006-2018

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Програма пропонує повний спектр приводів цього типу. З запропонованих варіантів вибираємо лінійний привід, який має велику частку потужності серводвигуна. Диски, позначені жовтим трикутником, можуть не відповідати чітко вимогам щодо якісної роботи.

Применение | параметры системы | Фильтр | Направляющая | Траектория движения | **Результаты** | Детали | Список изделий | Данные проекта

### Результаты


**Результат № 376**

Пожалуйста гарантируйте, что следующие динамические значения, на которых основано определение размеров, не превышают допустимых значений для вашего оборудования.  
 Скорость: 0,487 m/s  
 Ускорение: 8,135 m/s<sup>2</sup>  
 Тормоза: 8,135 m/s<sup>2</sup>

= Добавить (Сравнить продукты)

**Выбранный привод** [Additional Information \(PDF\): Click image](#)


Привод



EGC-80-BS-20P-KF-0H-ML-EMME-AS-60-S-LS-Ax

Осевой: EAMM-A-548-60H-G2


Двигатель



EMME-AS-60-S-LS-Ax

Редуктор: 3:1  
EMGA-60-P-G3-EAS-60

Контроллер



CMMP-AS-C2-3A-Mx

Энергетический отсек: 230 VAC (Однофазный)

**Обзор рабочих характеристик**

	Запрошенный
Эффективный ход	578 mm
Точность повторения	+/- 0,1 mm
Движущаяся масса	1 kg
Дополнительное внешнее усилие	0 N
Время перемещения + Паузы	2,923 s
Паузы	0,4 s

[Сравнить продукты](#) [Фильтр результатов](#)

**461 Результаты (Оптимальные типоразмеры осей)**

Подробная траектория движения: Продолжительность цикла (Время перемещения + Паузы): максимум 60 s

№	Привод	Размер	Направляющая	Двигатель	Разм	Редуктор	Привод	Двигатель	Направляющая	Время перемеще
375	Шариковая винтовая п	80	Шариковый по	Серводвигат	60-S	5:1	2 %	83 %	1 %	7,798
376	Шариковая винтовая п	80	Шариковый по	Серводвигат	60-S	3:1	2 %	92 %	1 %	2,523
377	Шариковая винтовая п	80	Шариковый по	Серводвигат	60-S	5:1	2 %	83 %	1 %	4,001
378	Шариковая винтовая п	80	Шариковый по	Серводвигат	70-S	---	3 %	34 %	2 %	1,311
379	Шариковая винтовая п	80	Шариковый по	Серводвигат	70-S	---	2 %	29 %	1 %	2,400
380	Зубчатый ремень (EGC)	70	Шариковый по	Серводвигат	55-S	3:1	43 %	96 %	3 %	0,616

Copyright Festo AG & Co. KG 2006-2018

Отримуємо діаграму руху:

Применение | параметры системы | Фильтр | Направляющая | Траектория движения | Результаты | **Детали** | Список изделий | Данные проекта

### Детали

Детали Траектория движения

Привод	Код заказа	Размер	Двигатель	Код заказа	Напряжение	Редуктор
Шариковая винтовая п	EGC-80-600-BS-20P-KF-0H-ML-GK	80	двигатель переменн	EMME-AS-60-S-LS-Ax	230 VAC	3:1

Диаграммы | Двигатель | Диаграмма | Динамические данные | Данные о продукции | Привод | Данные о пр

**Диаграммы - Значение**

Выберите варианты диаграммы посредством меню контекста области диаграммы (правая кнопка мыши) Изменить масштаб изображения 100 %: Ляя шелчка мышью л.

Сумма (Траектория движения, Все)

Уровень нагрузки: 86 %

Время перемещения + Паузы: 2,923 s

Время перемещения: 2,523 s

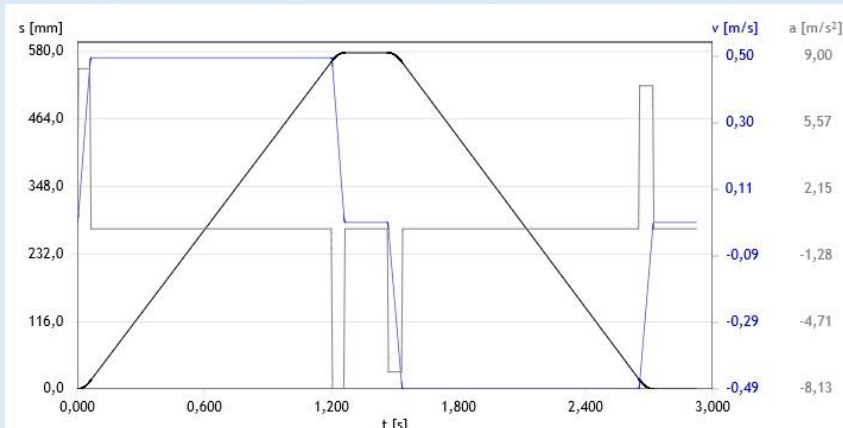
Паузы: 0,4 s

максимум (Траектория движения, Все)

Скорость: 0,487 m/s

Ускорение: 8,135 m/s<sup>2</sup>

Тормоза: 8,135 m/s<sup>2</sup>



Copyright Festo AG & Co. KG 2006-2018

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

За каталогом обираємо лінійний привод із зубчастим ременем  
EGC-80-600-TB-KF-0H-GK.

Конструкція лінійного приводу представлена на рис.5.10.

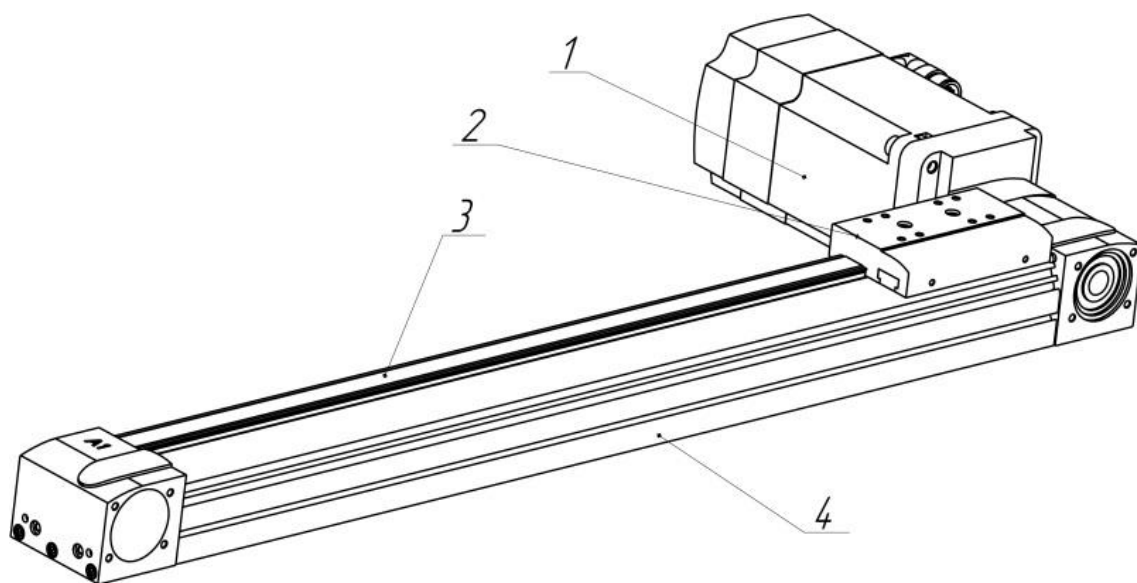


Рис.5.10.Лінійний привод із зубчастим ременем EGC-80-600-TB-KF-0H-GK:

1 – серводвигун; 2 – каретка; 3 – напрямна; 4 – профіль.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.58 ПЗ

Арк.

15

## 6. Кінематичний і динамічний аналіз руху робочих органів виконавчих механізмів.

І.В. Князев описує кінематичний та динамічний аналіз наступним чином:

### 6.1. Кінематичний аналіз

Щоб створити дельта-робота, потрібно вирішити дві задачі. Якщо кінцева точка робочого тіла відома (наприклад, вам потрібно зняти частину, яка знаходиться в координатах XYZ), нам потрібно визначити відповідні кути кожної з трьох рук, щоб розгорнути двигуни (і, отже, робочий орган) той, який ми хочуть позицію для запису. Цей процес визначення кутів називається «зворотною проблемою робототехніки».

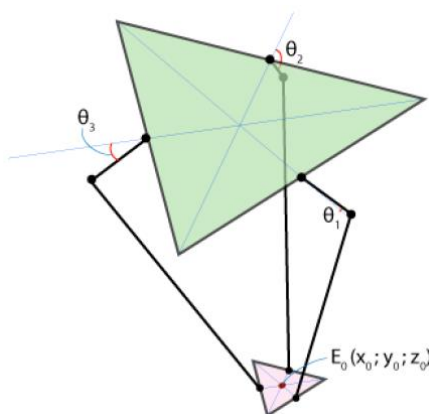


Рис.6.1. Кінематична схема трипода

Якщо ми знаємо кути, на які ми хочемо повернути двигун, і його поточне положення, яке визначається енкодерами, ви можете вирішити «пряму проблему роботизації (кінематики)». Щоб бути більш формальним, потрібно подивитися на кінематичну схему дельта-робота. Наші платформи являють собою два рівносторонніх трикутника: закріплені двигунами - верхній великий, і рухомий з робочим органом - маленькі нижні. Кути в суглобах  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ , а  $E_0$  - положення робочого тіла з координатами  $(x_0, y_0, z_0)$ . Для розв'язання задачі оберненої кінематики нам необхідно створити функцію з вхідними параметрами  $E_0(x_0, y_0, z_0)$ , яка повертає на кути  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ . Функція прямої задачі отримує  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  і повертає  $E_0(x_0, y_0, z_0)$ .

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>Кінематичний та динамічний аналіз руху робочих органів виконавчих механізмів</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	10
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

## 6.2. Обернена задача кінематики

Спочатку визначимо деякі ключові параметри геометрії робота. Призначте сторону нерухомого трикутника -  $f$ , сторону трикутника з робочим органом -  $e$ , довжину верхнього з'єднання позначимо -  $r_f$ , а довжину з'єднання паралелограма -  $r_e$ . Це фізичні параметри, визначені конструкцією нашого робота. Опорна точка вибере центр симетрії твердого трикутника, як показано нижче, тобто  $z$  - координата схвата завжди буде від'ємною (рис.6.4.).

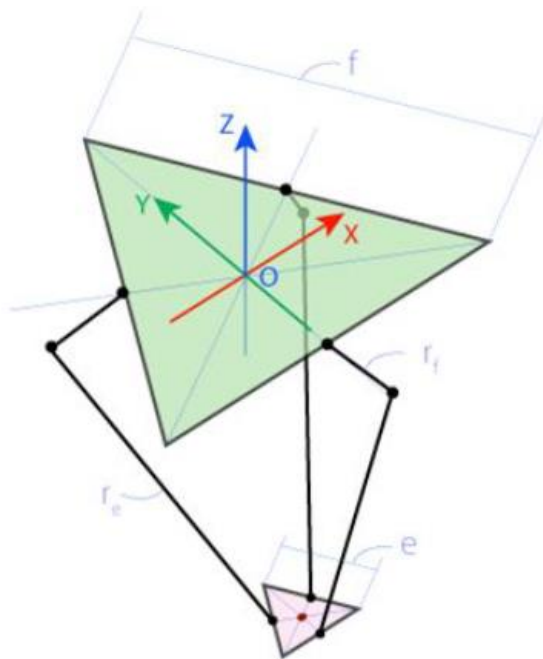


Рис.6.2. Визначення параметрів робота

Виходячи з конструкції робота, суглоб  $F_1J_1$  може обертатися тільки в  $YZ$  площині, формуючи коло з центром в точці  $F_1$  і радіусом  $r_f$ . На відміну від  $F_1$ ,  $F_1$  і  $J_1$  є універсальними шарнірами (шарнір Гука), це означає, що  $F_1J_1$  може обертатися щодо  $E_1$ , формуючи сферу з центром в точці  $E_1$  і радіусом  $r_e$  (Рис.6.5.).

Перетином цієї сфери і  $YZ$  площині є коло з центром в точці  $E'_1$  і радіусом  $E'_1J_1$ , де  $E'_1$  - проекція точки  $E_1$  на  $YZ$  площину. Крапка  $J_1$  тепер може бути знайдена, як перетину двох кіл з відомими радіусами з центрами в точках  $E'_1$  і  $F_1$ , нам же необхідно взяти тільки одну точку перетину з меншим значенням по  $Y$ -координату. І якщо нам відома точка  $J_1$ , ми можемо розрахувати (Рис.6.6.).

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

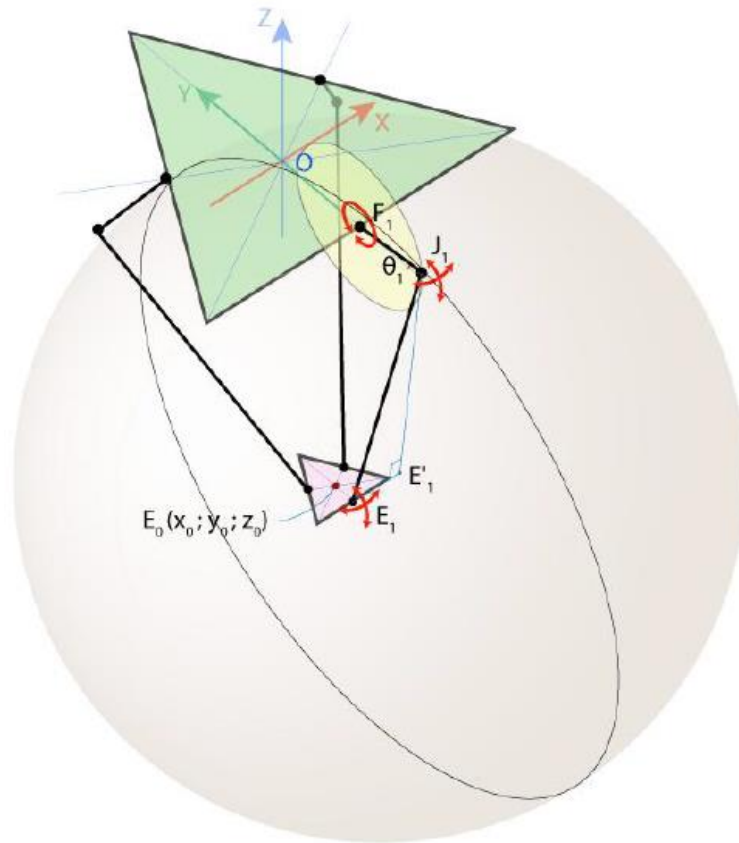


Рис.6. 3. Обертання зчленувань робота

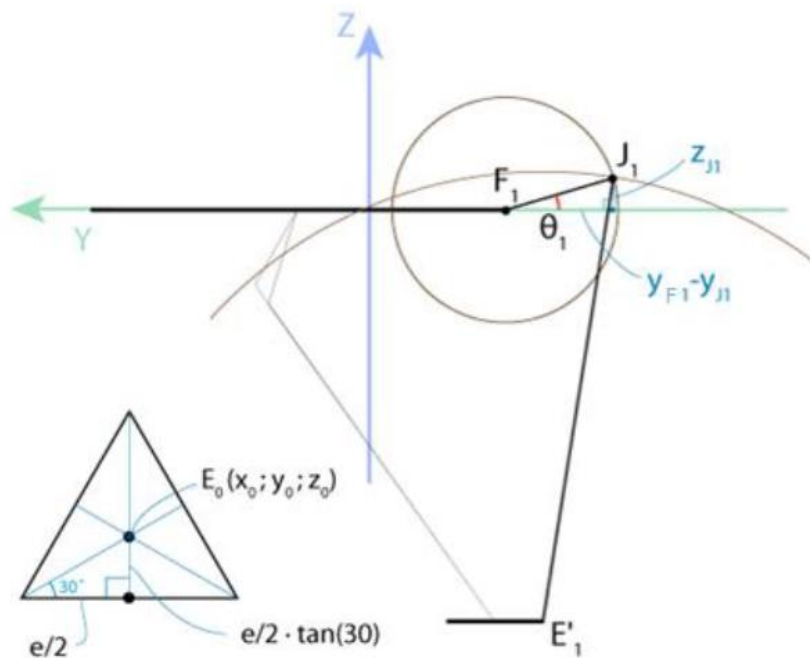


Рис.6.4. Графічне розв'язання оберненої задачі кінематики

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$E_0 E_1 = \frac{e}{2} \tan 30^\circ = \frac{e}{2\sqrt{3}}$$

$$E_1(x_0, y_0 - \frac{e}{2\sqrt{3}}, z_0) \Rightarrow E_1'(0, y_0 - \frac{e}{2\sqrt{3}}, z_0) \quad (18)$$

$$E_1 E_1' = x_0 \Rightarrow E_1 J_1 = \sqrt{E_1 J_1^2 - E_1 E_1'^2} = \sqrt{r_e^2 - x_0^2}$$

$$F_1(0, -\frac{f}{2\sqrt{3}}, 0)$$

$$\begin{cases} (y_{J1} - y_{F1})^2 + (z_{J1} - z_{F1})^2 = r_f^2 \\ (y_{J1} - y_{E1})^2 + (z_{J1} - z_{E1})^2 = r_e^2 - x_0^2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} (y_{J1} + \frac{f}{2\sqrt{3}})^2 + z_{J1}^2 = r_f^2 \\ (y_{J1} - y_0 + \frac{e}{2\sqrt{3}})^2 + (z_{J1} - z_0)^2 = r_e^2 - x_0^2 \end{cases} \Rightarrow \quad (19)$$

$$\Rightarrow J_1(0, y_{J1}, z_{J1})$$

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{z_{J1}}{y_{F1} - y_{J1}}\right). \quad (20)$$

Прості математичні операції засновані на тому, що правильно вибрана система відліку:  $F_1 J_1$  рухається тільки в площині  $YZ$ , тому ми можемо повністю виключити  $X$  координату. Щоб застосувати цю перевагу для кутів  $\theta_2$  і  $\theta_3$ , ми можемо використовувати симетрію дельта робота. Для цього поверніть систему координат на  $120^\circ$  проти годинникової стрілки навколо осі  $Z$ , як показано на рис.6.7.

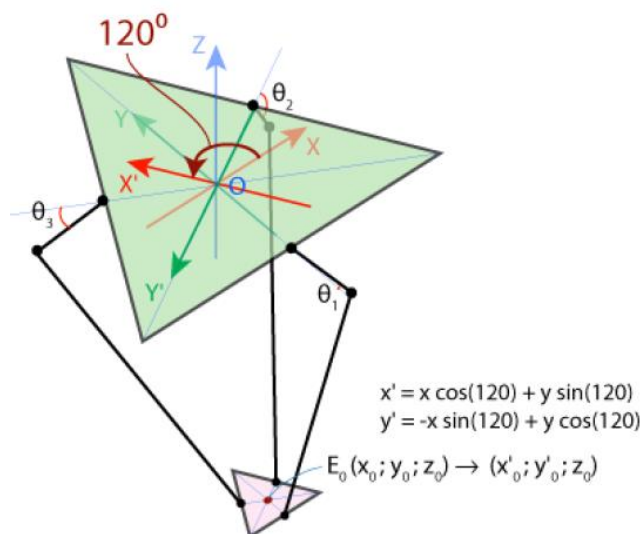


Рис.6.5. Поворот системи координат на  $120^\circ$

										Арк.
										4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.58 ПЗ					

Ми отримали нову систему координат, для якої ми можемо легко знайти кут  $\theta_2$ , використовуючи той самий алгоритм, що використовувався для знаходження першого кута. Все, що вам потрібно зробити, це визначити нові координати  $x'_0, y'_0$  в точці  $E_0$ , що легко зробити за допомогою матриці обертання. Кут  $\theta_3$  знаходимо таким же чином.

### 6.3. Пряма задача кінематики

Тепер, всі кути знайдені, і ми можемо знайти координати схвата  $E_0(x_0, y_0, z_0)$ . Знаючи кути, ми можемо знайти координати  $J_1, J_2, J_3$ . Суглоби  $J_1E_1, J_2E_2, J_3E_3$  можуть вільно обертатися навколо точок  $J_1, J_2, J_3$  відповідно, формуючи три сфери з радіусом  $r_e$ . Тепер змістимо центри сфер з точок  $J_1, J_2, J_3$  в  $J'_1, J'_2, J'_3$ . Після цього всі три сфери матимуть точку перетину в  $E_0$ , Як показано на рис.6.8.

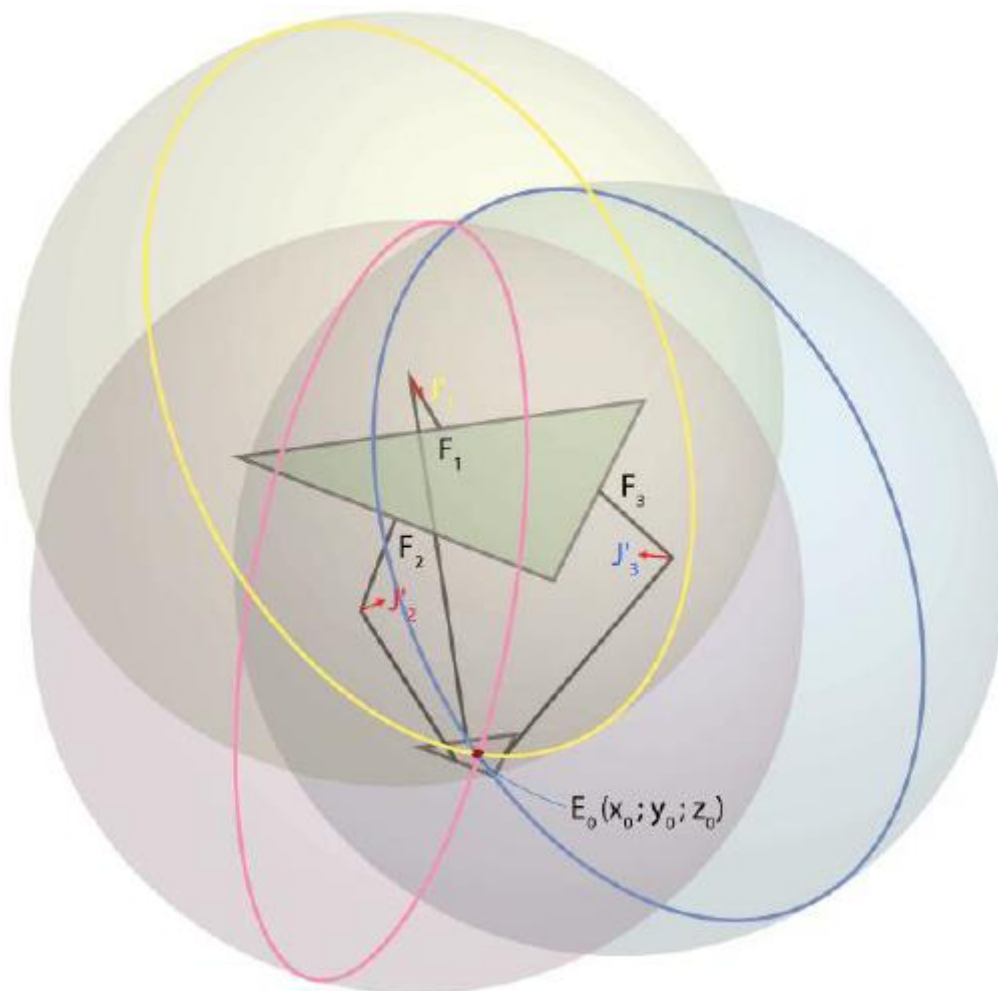


Рис.6.6. Зсув центрів сфер

Так, щоб знайти координати  $(x_0, y_0, z_0)$  точки  $E_0$ , необхідно вирішити систему з трьох рівнянь, враховуючи що  $x_l = 0$ .

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\begin{cases} x^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = r_e^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = r_e^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 = r_e^2 \end{cases} \quad (21)$$

В результаті отримаємо:

$$(a_1^2 + a_2^2 + 1)z^2 + 2(a_1 + a_2(b_2 - y_1) - z_1)z + (b_1^2 + (b_2 - y_1)^2 + z_1^2 - r_e^2) = 0, \quad (22)$$

Де

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{1}{d}[(z_2 - z_1)(y_3 - y_1) - (z_3 - z_1)(y_2 - y_1)]; \\ b_1 &= \frac{1}{2d}[(w_2 - w_1)(y_3 - y_1) - (w_3 - w_1)(y_2 - y_1)]; \\ a_2 &= -\frac{1}{d}[(z_2 - z_1)x_3 - (z_3 - z_1)x_2]; \\ b_2 &= \frac{1}{2d}[(w_2 - w_1)x_3 - (w_3 - w_1)x_2]; \\ d &= (y_2 - y_1)x_3 - (y_3 - y_1)x_2; \\ w_i &= x_i^2 + y_i^2 + z_i^2; i = 1..3. \end{aligned} \quad (23)$$

Тепер потрібно розв'язати квадратне рівняння (22), знайти  $z_0$  (потрібно вибрати найменший від'ємний корінь рівняння), а потім порахувати  $x_0$  і  $y_0$  за допомогою виразів:

$$\begin{aligned} x_0 &= a_1 z + b_1; \\ y_0 &= a_2 z + b_2. \end{aligned} \quad (24)$$

#### 6.4. Динамічний аналіз

У більшості існуючих промислових роботів між двигуном і з'єднанням приводу розташована шестерня, яка приводиться в дію. Така система зображена на рис. 6.9.

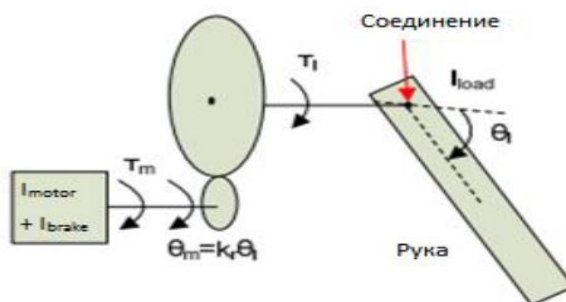


Рис.6.7. Передача між двигуном і зчленуванням

									Арк.
									7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Якщо припустити, що коробка передач жорстка і не має люфтів, то співвідношення між вхідною швидкістю та вихідною швидкістю буде повністю пропорційним. Так:

$$\theta_m = k_r \theta_l, \quad (25)$$

Де  $\theta_m$  – кут повороту вала двигуна;

$\theta_l$  – кут повороту плеча робота;

$k_r$  - коефіцієнт, що характеризує передавальне відношення;

$I_{load}$  – момент інерції навколо осі обертання, що приводиться в дію зчленування;

$\tau_l$  – момент навантаження;

$\tau_m$  – момент на валу двигуна.

$$\tau_m = \frac{\tau_l}{k_r}. \quad (26)$$

### 6.5. Обернена задача динаміки

Обернену задачу динаміки дельта-паралельних роботів можна вирішити різними методами. Для вирішення зворотної задачі динаміки необхідно розкласти замкнутий ланцюг механізму на пасивні з'єднання і спочатку розглянути отриману таким чином динаміку робота. Необхідне рішення можна отримати за принципом віртуальних рухів.

При дельта-паралельній роботі складність полягає в рухливих передпліччях. Цю задачу можна спростити, нехтуючи їх інерцією обертання. Таким чином, сила між рухомою платформою і рукою визначається орієнтацією передпліччя. Модель дельта-паралельного робота розраховується з використанням таких припущень:

- знижена інерція обертання передпліч;
- Для аналітичних дій маси передпліч поділяють на дві складові і розташовані на двох їх кінцях. Інерція твердого стержня довжиною  $L$  і масою  $m$  відносно одного кінця дорівнює  $I_{end} = \frac{mL^2}{3}$ . Таким чином, можна вибрати 1/3 маси передпліччя для нижнього кінця (рухається платформа) і 2/3 маси для верхнього кінця (в лікті);
- тертя і пружність опущена.

Розглядаючи рухається платформу, будемо враховувати тільки масу

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталей, що діють на неї. Це сума, що складається з маси самої платформи  $m_n$ , маси навантаження  $m_l$ , і маси трьох передпліч  $3(1-r)m_{fb}$ .

$$m_{nt} = m_n + m_l + 3(1-r)m_{fb}, \quad (27)$$

де  $r$  - частка маси передпліччя для верхнього кінця. Як було визначено раніше,  $r$  обрана рівним  $2/3$ .

Позиція центру мас кожної з рук, розраховується, як середнє арифметичне центрів мас  $r_i$  частин руки:

$$r_{Gb} = l_A \frac{\frac{1}{2}m_b + m_c + rm_{fb}}{m_{br}}, \quad (28)$$

Де

$$m_{br} = m_b + m_c + rm_{fb}, \quad (29)$$

де  $m_b$  - маса плеча;

$m_c$  - маса шарніра ліктя;

$m_{fb}$  - маса передпліччя;

$r = 2/3$  - частка маси передпліччя.

Кожне плече впливає на загальний момент інерції. Такий момент інерції може бути розрахований з суми моменту інерції двигуна  $I_m$ , моменту інерції гальма двигуна  $I_{brake}$  і моменту інерції плеча  $I_{bc}$ . Момент інерції двигуна і момент інерції гальмування може бути виражений шляхом множення на квадрат передавального відношення редуктора. Таким чином, момент інерції в загальному вигляді буде дорівнює:

$$I_{bi} = I_m kr^2 + I_{brake} kr^2 + I_{bc}, \quad (30)$$

Де

$$I_{bc} = \frac{m_b}{3} l_A^2 + l_A^2 (m_c + rm_{fb}) = l_A^2 \left( \frac{m_b}{3} + m_c + rm_{fb} \right). \quad (31)$$

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.6. Принцип віртуальної роботи

На основі прямої задачі робототехніки було створено графічне зображення робочого простору робота. Графічний вигляд всього робочого простору показано на рис. 6.8., 6.9., 6.10.

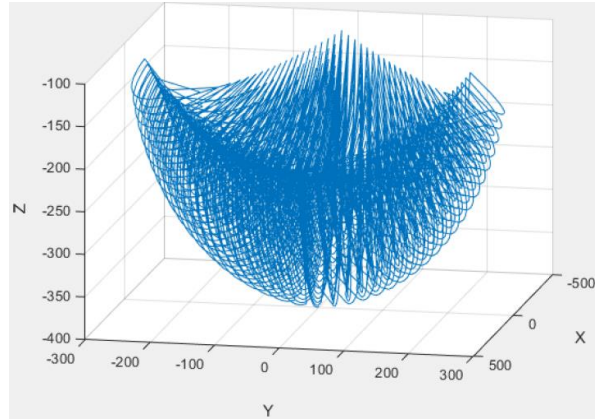


Рис.6.8. Загальний графічний вигляд всієї робочої зони робота

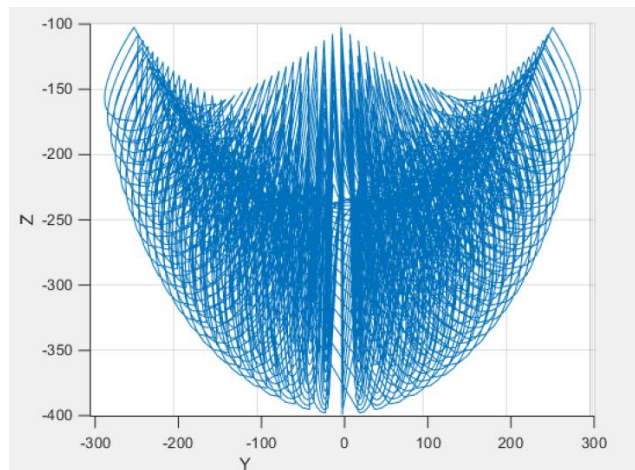


Рис.6.9. Графічний вид всієї робочої зони робота збоку

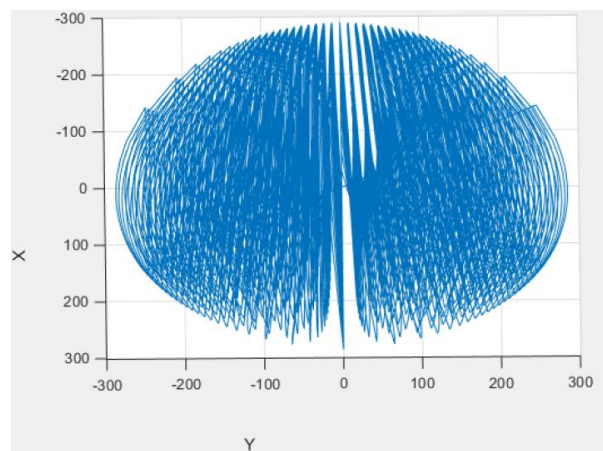


Рис.6.10. Графічний вид всієї робочої зони робота зверху

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 7. Технологія машинобудування

### 7.1. Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріалів

У цій дипломній роботі ви можете використовувати ідею збірного зубчатого колеса як провідної зірочки для рейкового конвеєра. Універсальність описаного способу виготовлення зірочки полягає в тому, що ми можемо вибрати різну модульну зірочку для ланцюгів з різним кроком. Така конструкція дозволяє використовувати шестерню для різних типів передач, поміняючи місцями кільце.

У сучасному машинобудуванні існує багато методів виготовлення зубчастих коліс, які можна розділити на дві групи. До першої групи належать способи виготовлення зубчастих коліс із твердого матеріалу, а саме: метод прикатки, спосіб копіювання, спосіб гарячої та холодної прокатки.

До другої групи належать способи виготовлення збірних конструкцій з метою економії на високоміцних і дорогих матеріалах. При цьому зубчаста шестерня колеса виготовлена з якісної сталі, а центральна частина з більш дешевого матеріалу. До них відноситься колесо з арочною конструкцією зі знімною коронкою, колесо, що складається з набору шестерень, склеєні колеса. На малюнках 7.1, 7.2, 7.3 показані різні типи готових шестерень.

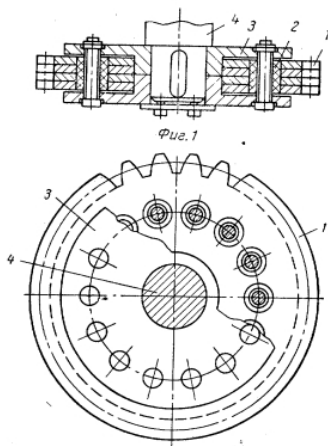


Рис.7.1. Колесо, що складається з пакету зубчастих дисків

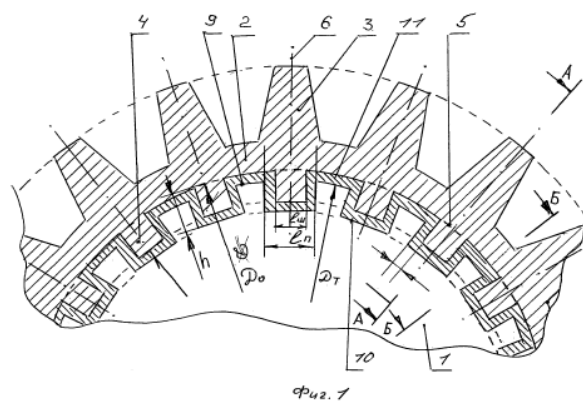


Рис.7.2. Збірне колесо із застосуванням розплавленої пластмаси для скріплення зубчатого вінця з тілом колеса

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>Технологія машинобудування</b>	Літ.	Арк.	Акрюшів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	6
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

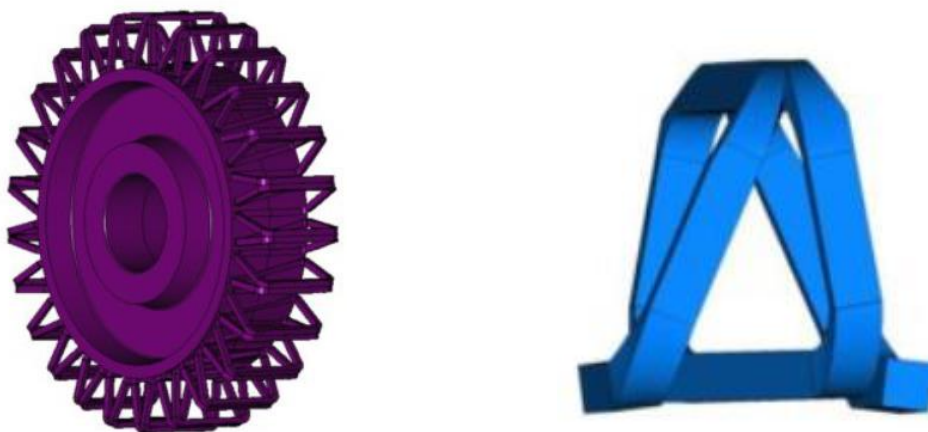


Рис.7.3. Колесо з арочною конструкцією знімного вінця

Під час роботи шестерень найбільшому зносу піддаються зуби. А замінити ціле колесо на нове – не вигідне рішення, коли зламано лише кілька зубів. Щоб уникнути значних матеріальних витрат на шестерні, а також замінити їх у разі пошкодження, пропоную використовувати готову конструкцію цієї деталі.

Ця проблема вирішується тим, що шестерня складається з таких частин, як диск і обід у вигляді кільця. Дискподібна частина виконана з пазом на зовнішньому краю диска для зубчастого колеса і напівсферичними виїмками в пазу для зубів шестерні. Коронка зуба виконується зубцями відповідного модуля на зовнішній поверхні, а на внутрішній поверхні шипи виконуються у формі півкулі, а кількість шипів і відповідних заглиблень залежить від результатів розрахунку. Коронка зуба складається з прямокутної смуги.

Суть цієї ідеї пояснюється кресленням, на якому зображено готову шестерню та її переріз (рис. 7.4).

Збірне колесо виготовляють так: смуга зірочки 1 обертається навколо частини диска 2 так, щоб шипи 3 лягали в виїмку 4; Кріплення ременя зірочки з такою деталлю, як шайба, здійснюється шляхом натягування зірочки на шайбу, а потім приварювання зірочки. Щоб уникнути невідповідності зубчастого венця дискподібної деталі, діаметр виїмки роблять на 1 мм більше діаметра оправки. Після складання шестерні робочу поверхню зуба 5 шліфують або шліфують.

Така конструкція має наступні переваги: забезпечує надійне з'єднання редуктора з дискподібною частиною, не вимагає великих матеріальних витрат, спрощує заміну шестерні, має високу продуктивність.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Збірне зубчасте колесо

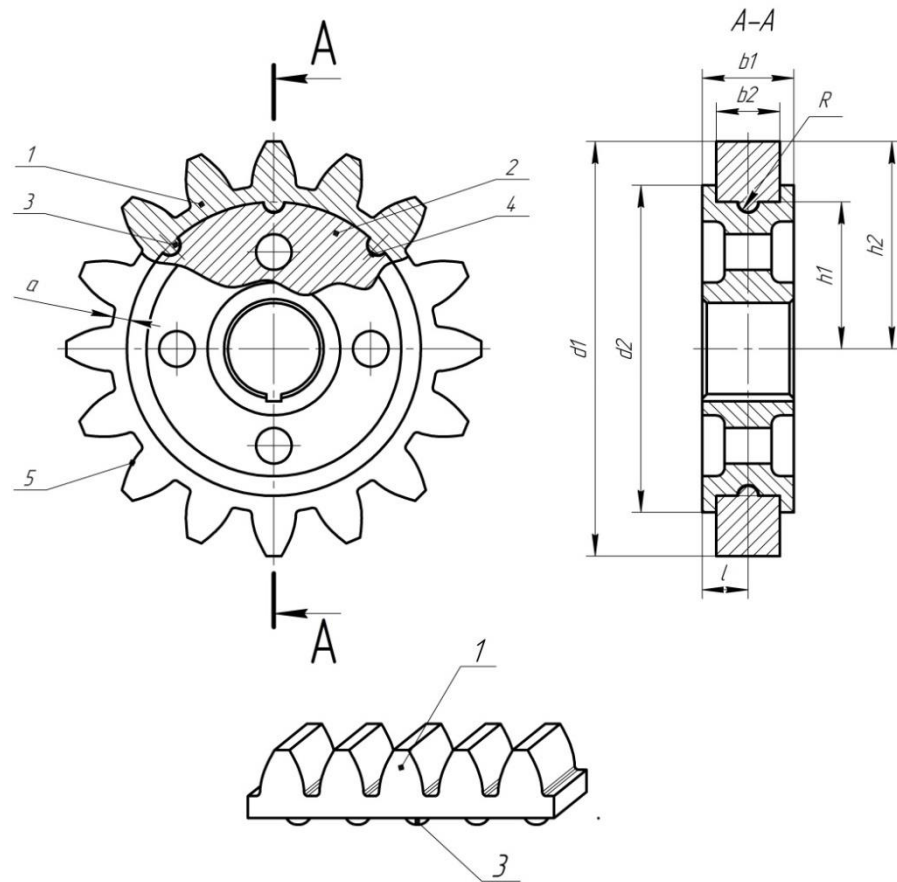


Рис. 7.4. Збірне зубчасте колесо

На базі інновації був розроблений технологічний маршрут по виготовленню приводної зірочки для пластинчастого конвеєра.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.58 ПЗ

Арк.

3

## 7.2. Технологічний маршрут виготовлення зубчастого колеса

№ операції, переход у	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, оснащення, різальні і вимірювальний інструмент
10	Заготівельна. УЗЗ	Штамп Ø28, Ст. 20
10.1	Штампувати заготовку $D = 155 \text{ мм}, L = 35 \text{ мм}$	За технологічною документацією штампувальних робіт
20	Токарна. УЗЗ	Штамп, Ст. 20, $D = 155 \text{ мм}, L = 35 \text{ мм}$ , токарно-гвинторізний верстат 16К20, трикулачковий патрон, упор
20.1	Торцювати пов. 1 $t = 2,5 \text{ мм}$	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ, \gamma = 10^\circ, \alpha = 8^\circ$ ; $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
20.2	Точити пов. 2 на $l = 35 \text{ мм}$ , Ø150, начорно	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ, \gamma = 10^\circ, \alpha = 8^\circ$ ; $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
20.3	Зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ пов. 3	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ, \gamma = 10^\circ, \alpha = 8^\circ$ ; $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
20.4	Точити канавку $h = 5 \text{ мм}$ , $l = 16 \text{ мм}$ пов. 4	Різець канавковий, ВК4, $b = 16 \text{ мм}$ , $\varphi = 95^\circ, \varphi_1 = 95^\circ$ ; $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
20.5	Свердлити отвір під Ø28 пов. 5	Свердло Ø28, Р6М5; ШЦ-1
20.6	Розточити отвір пов. 6 на $l = 35 \text{ мм}$ , під Ø29,9, начисто	Різець розточувальний для наскрізних отворів, ВК4, $\varphi = 60^\circ, \varphi_1 = 30$ ; $B \times H \times L = 16 \times 16 \times 140$ , ШЦ1
20.7	Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ пов. 7	Різець розточувальний для наскрізних отворів, ВК4, $\varphi = 60^\circ, \varphi_1 = 30$ ; $B \times H \times L = 16 \times 16 \times 140$ , ШЦ1
20.8	Розвернути отвір Ø30Н7 пов. 8	Розвертка Ø30Н7, Р6М5, калібр-пробка Ø30Н7
30	Токарна. (УЗЗ)	токарно-гвинторізний верстат 16К20, трикулачковий патрон, упор
30.1	Торцювати пов. 9 витримавши $l = 30 \text{ мм}$	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ, \gamma = 10^\circ, \alpha = 8^\circ$ ; $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
30.2	Зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ пов. 10	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ, \gamma = 10^\circ, \alpha = 8^\circ$ ; $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
30.3	Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ пов. 11	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ, \gamma = 10^\circ, \alpha = 8^\circ$ ; $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1

ДП.58 ПЗ

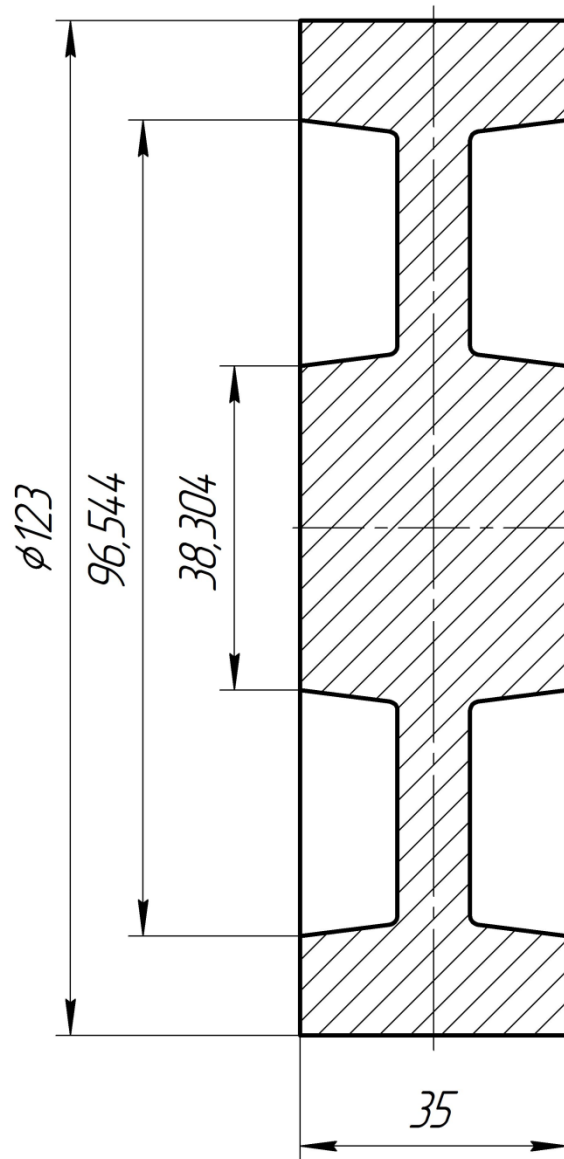
Арк.

4

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

40	Протягувальна. УЗЗ	Протяжний верстат 7Б56, упор, оправка циліндрична
40.1	Протянути шпонковий паз 8Js9 пов.12	Протяжка 2405-1128 ГОСТ 18217-90, калібр для шпонкових пазів
50	Свердлильна. УЗЗ	Свердлильний верстат 2А125, кондуктор з поворотним диском, лещата, упор, циліндрична оправка, затискач
50.1	Свердлити сферичні отвори $\varnothing 17, l = 9 \text{ мм}$	Свердло $\varnothing 17, P6M5, ШЦ1$
60	Свердлильна. УЗЗ	Свердлильний верстат 2А125, кондуктор з поворотним диском, лещата, упор, циліндрична оправка, затискач
60.1	Свердлити сферичні отвори $\varnothing 10, h = 5 \text{ мм}$	Свердло зі сферичною поверхнею різальних кромки $\varnothing 10, P6M5, ШЦ1$
70	Прокатування. УЗЗ	Прокатний стан
70.1	Прокатати полосу сталь 65, $L = 370 \text{ мм}, m = 10$	За технологічною документацією прокатних робіт
80	Термічна. УЗЗ	Установка термопіч
80.1	Гартувати НВ 200-240	
90	Слюсарна.	Верстак
90.1	Зачистка торців полоси	
100	Збірка.	Хомут
100.1	Стягування зубчастого вінця на колесі та зварювання торців	
110	Шліфувальна. УЗЗ	Зубошліфувальний верстат 5М841
110.1	Шліфування зубів збірного колеса	Круг тарільчатий 100×30 Т16 Н-Е10 U4 К60, зубомір
120	Мийна.	Мийна машина
120.1	Промити деталь	
130	Контрольна	Стіл контролера

					ДП.58 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$\sqrt{Ra12,5}$  (✓)


Штамп Ст. 20 ГОСТ 1050-88

					010. Заготівельна операція	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## 8. Монтаж, експлуатація, ремонт та обслуговування машини

Виробниче обладнання — це виробничо-технічний потенціал виробництва. Тому питання експлуатації та обслуговування обладнання впливає не тільки на його ефективність і довговічність, а й на роботу підприємства в цілому.

Кабель збирають і налаштовують відповідно до технічного опису та інструкції з експлуатації.

Перед монтажем, після огляду всіх машин, лінії зберігаються. Оброблені на заводі частини деталей, покриті захисним мастилом, можна промити нафтою, ретельно протерти і змастити машинним маслом. Поверхні, що контактують із засобом, ретельно промивають розчином соди та гарячої води.

Монтаж лінії починається з установки окремих верстатів на підготовлені місця за габаритними кресленнями. Машини встановлюються безпосередньо на твердій підлозі приміщення. При регулюванні необхідно дотримуватися горизонтальність зони установки машини.

При підготовці системи до експлуатації перевірте її зовнішній стан і перевірте наявність масла за планом мастила.

Перед запуском лінії обертові елементи обертаються вручну, щоб забезпечити відсутність заклинювання.

Коли магістраль налаштована, перевірка холостого ходу починається короткочасним приведенням в дію механізму розблокування. При цьому перевіряють правильність підключення і роботу електрообладнання, чіткість зупиняючих і замикаючих механізмів, правильність роботи механізмів.

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>Монтаж, експлуатація, ремонт та обслуговування машини</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	3
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

### 8.1 Експлуатація автомату

Перед запуском лінії необхідно перевірити, чи знаходяться штоки пневмоциліндрів у встановленому положенні, протерти напрямні гвинта.

Під час роботи лінії необхідно стежити за дотриманням параметрів пневмосистеми (основних значень тиску, роботи пневмоциліндрів).

### 8.2 Обслуговування лінії

Втручання оператора в поточне технічне обслуговування потрібне лише у випадку відхилень від нормальної роботи.

Технічне обслуговування лінії зводиться до перевірки її санітарного стану, дотримання графіка змащення за схемою змащування, перевірки технічного стану, у тому числі зовнішнього вигляду.

Технічний стан лінії впливає на її продуктивність, а саме її коефіцієнт використання часу, частоту помилок тощо.

### 8.3 Ремонт автомату

Ремонт ліній проводиться згідно з планом профілактичних робіт, який розробляється на кожен плановий рік. Дотримуючись цього плану, можна запобігти передчасному зносу деталей і вузлів, випадковим несправностям тощо.

Під час профілактичних робіт виявлені помилки виявляються та усуваються для забезпечення нормальної роботи лінії. Профілактичні роботи включають: перевірку роботи системи управління, всіх пневмоциліндрів, конвеєрів, штативів, маніпуляторів.

Тому перевіряйте лінію під час ремонтних робіт та перевіряйте працездатність огорож та запобіжних пристроїв; перевірити та відрегулювати всі механізми машини; перевірити герметичність всіх вузлів, працездатність датчиків.

Поточний ремонт включає проведення всіх робіт з технічного огляду, а також заміну зношених підшипників окремих вузлів; заміна зношених деталей; демонтаж і при необхідності ремонт і регулювання основних вузлів окремих машин.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час середнього ремонту проводяться всі поточні ремонтні роботи, а також частковий демонтаж лінійних вагонів; замінити зношені деталі. Ремонту підлягають елементи всіх механізмів, приводи.

При капітальному ремонті виконуються всі операції середнього ремонту, а також повний розбирання лінійних вагонів; ремонт і регулювання всіх механізмів і датчиків; ремонт фундаментних конструкцій; зберігання; тестування.

При обслуговуванні з'єднань (дихальних шляхів тощо) перевірте всі фланцеві з'єднання на герметичність.

З метою перевірки якості ремонту лінія проходить пробний пуск, який зупиняє і регулює роботу неробочих частин і механізмів машин. Потім лінію випробовують з вантажем, перевіряючи відповідність фактичним параметрам, зазначеним у паспорті, технічних вимогах або стандартах.

З метою забезпечення охорони праці необхідно дотримуватись вимог охорони праці. До роботи на лінійному технічному обслуговуванні допускаються особи, які пройшли відповідне навчання (мають певну кваліфікацію), які пройшли відповідне навчання з охорони праці.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9. Опис блоку управління машиною

Автоматизація виробництва — це процес, у якому функції контролю та моніторингу, які раніше виконували люди, передаються на пристрої та машини.

Основною метою автоматизації виробництва є підвищення продуктивності праці, підвищення якості продукції та створення умов для оптимального використання всіх виробничих ресурсів.

Сучасний розвиток промислового виробництва йде рука об руку зі все більшим використанням автоматизованих систем управління технологічними процесами. Передумовами для цього є: концентрація виробництва, збільшення потужності підприємств, використання поточкових і безперервних процесів, оснащення підприємств новими високопродуктивними системами, наявність сучасних засобів технічної автоматизації.

Широке застосування автоматизованих систем управління обумовлено досягнутим значною економічною віддачею: забезпечення заявленої якості продукції незалежно від суб'єктивних факторів, зниження втрат цінної продукції, зниження трудомісткості виробничих процесів, підвищення культури виробництва тощо.

Крім локальних систем керування окремими операціями та основними технологічними процесами, поширені також центральні системи керування на базі міні та мікроЕОМ. Для невеликих заводів і малих обсягів виробництва ефективним є використання локальних систем управління окремими операціями.

Ефективне застосування систем управління окремими технологічними процесами на підприємствах середньої потужності з безперервними процесами, великими обсягами виробництва на потужному обладнанні.

У ряді випадків для систем керування характерне використання технічних засобів і пристроїв керування, побудованих за принципом «жорсткої логіки», тобто заздалегідь заданої схеми комутаційних пристроїв та їх елементів без використання систем керування.

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>Опис блоку управління машиною</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	6
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

Тут програмується автоматичне управління часом і логічні програми зі зв'язками між сусідніми об'єктами управління. А всі функції управління здійснюються технічними засобами. Обслуговуючий персонал повинен виконувати лише допоміжні функції. Як правило, такі системи проектуються і встановлюються разом з усім виробничим комплексом підприємства.

Системи керування, засновані на використанні програмно-логічних пристроїв керування з «жорсткою операційною логікою», дуже консервативні у зміні структури та алгоритмів управління. Необхідність модифікації системи в процесі експлуатації призводить до значних витрат часу і матеріальних ресурсів. Будь-яка корекція алгоритму управління, наприклад, у зв'язку зі зміною технології виробленої продукції, вимагає перескладання електричних і пневматичних компонентів і зміни їх кількості. Тому в багатьох випадках автоматизовані системи керування використовуються в найбільш досконалому вигляді, який характеризується використанням жорсткого логічного керування та логічних контролерів із застосуванням керуючих обчислювальних систем (NEC) на базі міні чи мікроЕОМ та мікропроцесорних елементів керування. Використання програмованої інженерної автоматизації дозволяє легко вносити необхідні зміни в контролер шляхом перепрограмування, не змінюючи установки. Ця форма найбільш ефективна при управлінні технологічними процесами.

Використання систем керування з програмованими засобами керування на основі мікропроцесорної техніки обумовлено їх універсальністю, високою надійністю та можливістю зміни робочої програми. Вартість таких систем нижча за вартість подібних систем, створених на основі звичайних технічних засобів автоматичного керування.

Відмінною особливістю сучасних систем управління в промисловості є те, що вони виконуються на основі типових алгоритмів і математичних моделей з урахуванням специфіки даної галузі.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Управління машиною показано на рис.8.1. складається з наступних основних елементів:

1. Головний вимикач;
2. Вимикач живлення;
3. Позначення робочої швидкості пневмоциліндрів;
4. Кнопка виключення;
5. Кнопка зупинки в фазі;
6. Цифровий дисплей.

Процес керування машиною:

1. Перед увімкненням машини закрийте всі захисні кришки на машині, увімкніть головний вимикач 1.
2. Подайте стиснене повітря в пневмоциліндр.
3. Запустіть машину за допомогою вимикача живлення 2.
4. При необхідності відрегулюйте частоту обертання пневмоциліндрів. Швидкість контролюється індикатором швидкості 3.
5. Зупиніть машину, натиснувши кнопку вимкнення 4.
6. Якщо на цифровому дисплеї 6 є несправності, з'являється повідомлення «Вимкнено. Спрацьовує «Тривога», машина зупиняється натисканням кнопки зупинки у фазі 5.

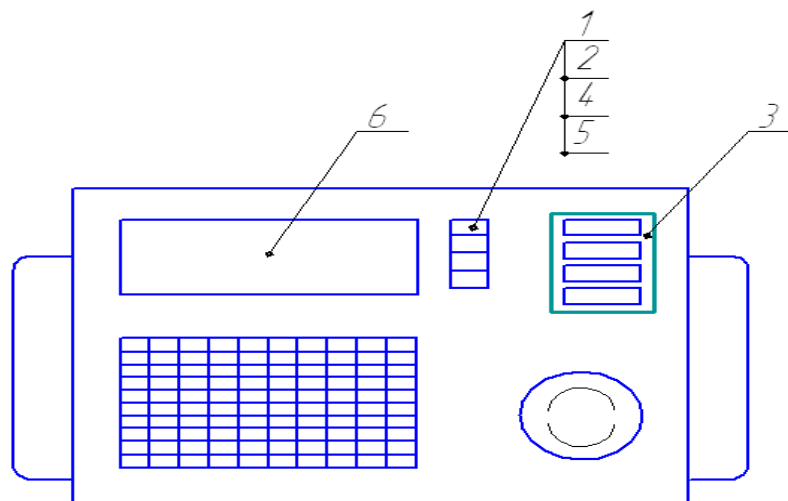


Рис.9.1 Схема блоку управління машиною : 1 - загальний вимикач; 2 - кнопка включення; 3 - вказівники швидкості пневмоциліндрів; 4 - кнопка виключення; 5 - кнопка зупинки у фазі; 6 - цифровий дисплей

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10. Охорона праці

### 10.1. Організація охорони праці на виробництві

Закон про охорону праці зобов'язує роботодавця створювати умови праці на будь-якому робочому місці, у будь-якому структурному підрозділі відповідно до НПАОП та забезпечувати дотримання вимог законодавства про права працівників у сфері охорони праці. Для цього роботодавець повинен створити систему управління охороною праці та забезпечити її функціональність, для чого він:

- створює відповідні служби, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці;
- розробляє та впроваджує комплексні заходи для досягнення встановлених стандартів та підвищення існуючого рівня охорони праці;
- забезпечує проведення необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;
- впроваджує передові технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації, позитивний досвід охорони праці тощо;
- забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничих приміщень та обладнання, контроль їх технічного стану;
- забезпечує усунення причин, що призвели до нещасних випадків, професійних захворювань;
- організовує ревізії з охорони праці, лабораторні випробування умов праці, оцінку технічного стану виробничих приміщень та обладнання, атестацію робочих місць і за їх результатами вживає заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;
- розробляє та затверджує нормативні закони з охорони праці підприємства, безоплатно забезпечує працівників нормативними актами та нормативними документами підприємства з охорони праці;

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>Охорона праці</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	14
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

- здійснює контроль за дотриманням технологічних процесів, правил поводження з машинами, механізмами, обладнанням та іншими засобами виробництва, використанням засобів захисту, виконанням робіт відповідно до вимог охорони праці працівниками;
- організовує пропаганду безпечних методів праці та співпрацю з працівниками у сфері охорони праці;
- вживає невідкладних заходів щодо надання допомоги потерпілим, викликає у разі необхідності професійні служби порятунку у разі нещасних випадків та нещасних випадків на виробництві.

Безпосередню відповідальність за порушення цих вимог несе роботодавець.

Виробничі будівлі, споруди, машини, механізми, обладнання, транспортні засоби, що вводяться в експлуатацію, та технологічні процеси повинні відповідати вимогам НПАОП.

Роботодавець повинен отримати дозвіл на початок роботи та видів робіт підприємства, діяльність якого пов'язана з виконанням робіт та експлуатацією установок, машин, механізмів та обладнання підвищеної небезпеки. Перелік робіт, об'єктів, машин, механізмів та обладнання підвищеної небезпеки визначається Кабінетом Міністрів України.

Якщо роботодавець не отримав цього дозволу, місцевий орган виконавчої влади або місцевого самоврядування за поданням Держнаглядохоронпраці вживає заходів щодо зняття підприємства з обліку.

На підприємстві, де працює 50 і більше працівників, роботодавець створює службу охорони праці як окрему структуру. На підприємстві, де працює менше 50 осіб, завдання служби охорони праці може виконувати комплекс осіб, які мають відповідну підготовку. На підприємстві, де працює менше 20 працівників, для виконання завдань служби охорони праці можна залучити неспеціалістів з відповідною підготовкою.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю. Керівники та спеціалісти служби охорони праці за посадою та заробітною платою прирівнюються до керівників та спеціалістів головних виробничо-технічних служб.

Ліквідація служби охорони праці допускається лише у разі ліквідації підприємства або припинення використання фізичною особою тимчасових працівників.

Служба охорони праці розробляє на підприємстві ефективну комплексну систему управління охороною праці, здійснює оперативно-методичне керівництво з питань охорони праці, організовує роботу підрозділів і всього підприємства зі створення безпечних і нешкідливих умов праці.

Служба охорони праці бере участь у розслідуванні нещасних випадків та аварій, розробленні положення, інструкцій та інших нормативно-правових актів з охорони праці підприємства, сприяє впровадженню науково-технічних досягнень, методично допомагає керівникам відділів у розробці заходів з охорони праці.

Служба охорони праці здійснює контроль за дотриманням чинного законодавства, НПАОП, дотриманням посадових інструкцій, дотриманням вимог державного нагляду, пропозицій та внесків уповноважених трудових колективів і профспілок, своєчасним навчанням та інструктажами.

Фахівці служби охорони праці мають право безперешкодно відвідувати промислові підприємства, структурні підрозділи підприємства, претендувати на заохочення працівників, які беруть активну участь у покращенні безпеки та умов праці, а у разі виявлення порушень охорони праці:

- ◆ видавати керівникам структурних підрозділів обов'язкові для виконання розпорядження щодо усунення наявних недоліків, отримувати від них необхідну інформацію, документи та роз'яснення з питань охорони праці;
- ◆ вимагати звільнення осіб, які не пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж, трудове законодавство або не відповідають вимогам НПАОП;

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ◆ припинити роботу у разі виявлення порушень, що загрожують життю чи здоров'ю працівників;
- ◆ подати запит роботодавцю про притягнення до відповідальності працівників, які порушують правила охорони праці.

Скасувати припис спеціаліста з охорони праці може лише роботодавець.

З метою забезпечення належної участі працівників у вирішенні питань безпеки, охорони праці та виробничого середовища на підприємстві за рішенням трудового колективу може бути створена комісія з охорони праці.

Рішення про доцільність роботи комісії, її склад і склад, а також строк повноважень приймає трудовий колектив на загальних зборах (конференції), які затверджують положення комісії з питань охорони праці на підприємстві. Комісія складається з рівної кількості представників роботодавця та працівників. До складу комісії роботодавця входять спеціалісти з охорони праці, виробничих, юридичних та інших служб підприємства, трудовий колектив рекомендований для працівників усіх професій, уповноважених трудових колективів з охорони праці, представників профспілок (спілок).

Основними завданнями комісії є захист законних прав та інтересів працівників у сфері охорони праці, узгодження шляхом двосторонніх консультацій, позицій сторін у вирішенні практичних завдань у сфері охорони праці для захисту інтересів працівників. Держава, роботодавці та робочі групи Члени Комісії, як правило, виконують свої завдання на почесних засадах. У рамках індивідуальних іспитів та навчання вони можуть бути звільнені від основної роботи на строк, передбачений колективним договором, із збереженням середнього заробітку.

Рішення комісії оформлюються протоколом і мають характер рекомендацій, виконуються наказом роботодавця.

Якщо роботодавець не згоден з рекомендаціями комісії, він дає обґрунтовану відповідь. Комісія звітує про свою роботу не рідше одного разу на рік перед загальними зборами (конференцією) трудового колективу.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10.2. Шкідливі, небезпечні фактори при експлуатації обладнання

При експлуатації цього обладнання на обслуговуючий персонал впливають наступні негативні фактори (небезпеки роботи):

- шкідливі: шум, вібрація, можливо, недостатнє освітлення робочих місць;
- небезпечно: небезпека електричного струму, небезпека механічних травм.

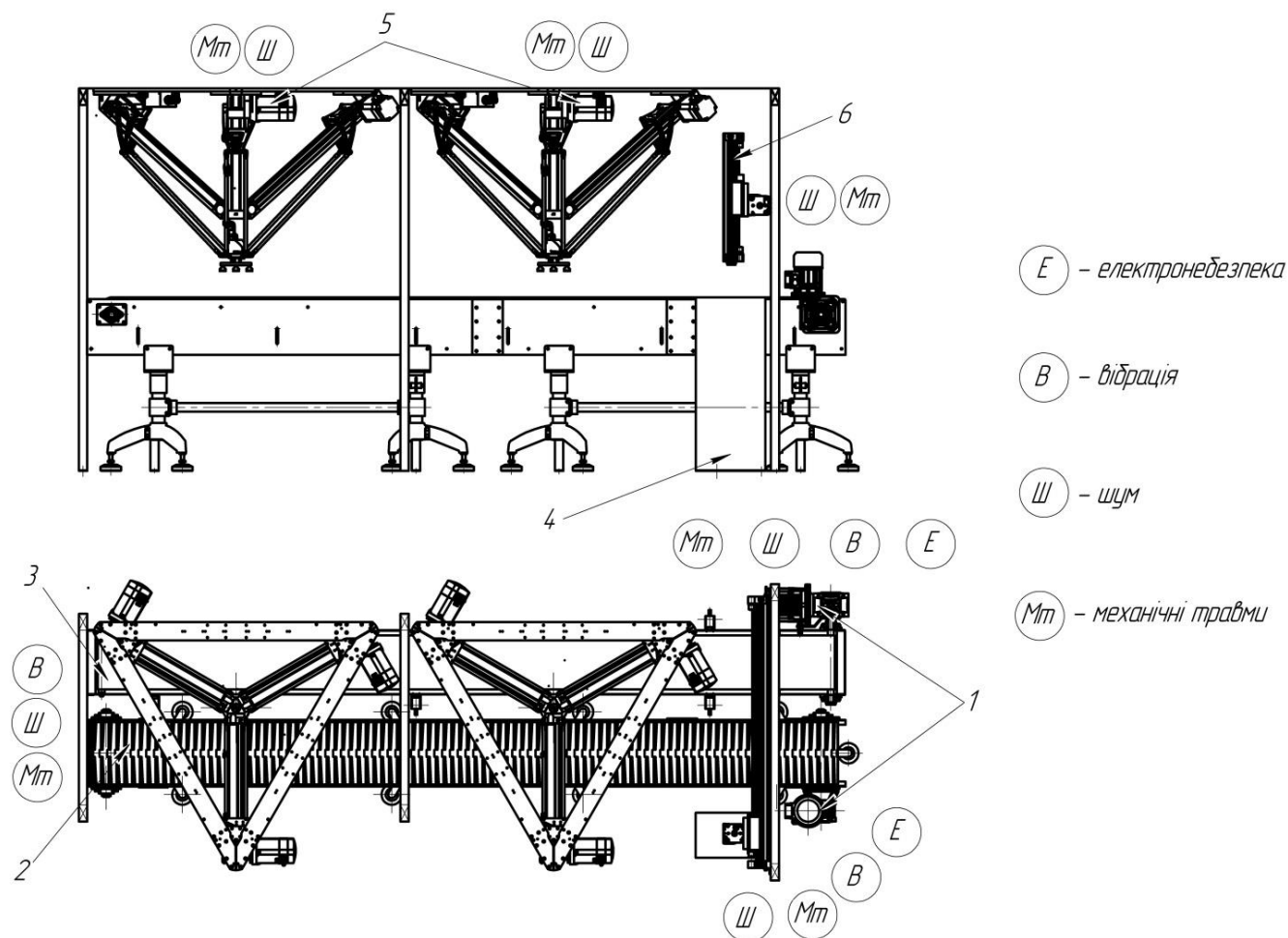


Рис.10.1. Шкідливі, небезпечні фактори при експлуатації обладнання

- 1- Привод конвеєра - двигун-редуктор
- 2- Конвеєр подачі цукерок
- 3-Конвеєр подачі коробок
- 4-Бункер з листами
- 5-Трипод
- 6-Маніпулятор

					ДП.58 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

### Мікроклімат виробничих приміщень

Як бачимо на діаграмі, працівники піддаються впливу різних факторів, які негативно впливають на їх організм, і тому закон передбачає та встановлює норми. Під час роботи людина витрачає накопичену організмом енергію за допомогою їжі. Витрата залежить від виду та інтенсивності робіт, а також навколишнього середовища, особливо стану повітря, так званих метрологічних умов. Метрологічні умови промислових об'єктів визначаються такими параметрами: кімнатна температура, С°; відносна вологість,%; рухливість повітря, м/с; теплове випромінювання, Вт / м<sup>2</sup>.

Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості повітря в робочій зоні виробничого приміщення оператора

Період року	Температура, С				Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
	Допустима					
	верхня границя		нижня границя		допустима на робочому місці постійному і непостійному, не більше	допустима на робочому місці постійному і непостійному, не більше
	на робочому місці					
	постійному	непостійному	постійному	непостійному		
холодний	25	26	20	17	75	Не більше 0,2
теплій	28	30	22	20	60 (при 27 С)	0,1...0,3

### Вентиляція в приміщенні.

Вентиляція використовується для підтримки необхідної температури, вологості і швидкості повітря, а також рівня чистоти відповідно до санітарних норм. У нашому випадку використовуйте відсмоктування. Необхідно регулярно контролювати роботу вентиляційної системи і, при необхідності, ремонтувати, а також очищати повітропроводи. Враховано, що санітарно-гігієнічна ефективність вентиляційних систем залежить від пори року.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вентиляція повітряної зони складу повинна відповідати ГОСТ12.100-76 СС Бт. Сховище забезпечує відведення повітря з механічним і природним рухом повітря. Витяжка використовується для уловлювання забруднюючих речовин безпосередньо в зоні виходу, а припливне повітря використовується для подачі свіжого повітря в робочі зони. Припливно-витяжна робота здійснюється за допомогою механічних збудників руху повітря - вентиляторів (механічна вентиляція).

#### Освітлення виробничих приміщень.

Раціональне освітлення виробничих приміщень сприяє зниженню зорової та загальної втоми та травматизму.

Освітлення в магазині комбіноване. Частина світла потрапляє через вікна, частина (штучна) додатково використовується вдень і вночі. Для освітлення житлових приміщень використовуються лампи розжарювання, а для розливу — лампи ЛСП-2-40-У4 з люмінесцентними лампами ЛБ-40.

Промислове освітлення в приміщенні повинно відповідати наступним нормам:

- для природного освітлення КПО становить 2,7% (для пакувального обладнання);
- для штучного освітлення освітленість становитиме (100-150) лк.

Крім робочих вогнів є аварійне освітлення, світло якого має бути увімкненим і чітко позначеним на весь час увімкнення робочого освітлення. Аварійне освітлення необхідне для продовження роботи і повинно забезпечувати не менше 5% освітленості встановлених норм у системі загального освітлення робочого місця. Аварійне освітлення для евакуації людей повинно освітлювати не менше 5 лк на підлозі основних коридорів і на сходах у приміщенні.

#### Аварійне освітлення.

Аварійне освітлення використовується для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу у відділенні та для евакуації людей у разі збою освітлення.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аварійне освітлення підключається до робочого освітлення протягом усього робочого часу, оскільки необхідне освітлення приміщення досягається одночасною роботою робочого та аварійного освітлення.

#### Ремонтне освітлення

Для ремонту приладів використовується ремонтна світлова сітка напругою 36 В.

#### Шум і вібрація, методи боротьби

Шум – вібрації від частинок навколишнього середовища, які сприймаються слухом людини як небажані сигнали. З акустичної точки зору: шум – це нестійкі або випадкові акустичні коливання, що характеризуються випадковими змінами амплітуди і частоти.

#### Походження шуму:

- аеродинамічне походження - шум, що утворюється в газах;
- гідродинамічне походження - шум, що виникає в рідинах;
- електромагнітне походження – шум, утворений вібраціями елементів електромеханічних пристроїв під впливом змінних магнітних сил;
- механічного походження - шум, викликаний вібраціями поверхонь машин і обладнання, а також ударами в місцях з'єднань деталей, вузлів або конструкцій в цілому. За частотною характеристикою шуми звукового діапазону частот поділяються на:

- низькочастотний (<400 Гц);
- середньочастотний (400—1000 Гц);
- високочастотний (>1000 Гц).

#### Вплив на людину:

Як правило, шум – це неприємний або небажаний звук або сукупність звуків, які порушують сприйняття корисних звукових сигналів, порушують тишу, чинять шкідливу або подразнюючу дію на організм людини, знижують його працездатність. Підвищений шум згубно впливає на організм людини. Ступінь цього впливу залежить від особливостей шуму та індивідуальних особливостей.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шум впливає не тільки на органи слуху, а й на нервову систему, викликає гіпертонію, послаблює увагу, знижує продуктивність і збільшує частоту травм.

Систематичний вплив виробничого шуму і вібрації на працюючих призводить до зниження їх продуктивності та різних важких захворювань. Особлива увага приділяється боротьбі з шумом і вібрацією. Шум і вібрація під час роботи машини є шкідливими факторами, які впливають на обслуговуючий персонал.

Машина не потребує постійного ручного керування або безпосереднього контакту з людиною. Він створює загальну технологічну вібрацію, яка передається на фундамент, каркас або підлогу і діє через підлогу на людину.

Найраціональніший спосіб боротьби з шумом – зменшити його у джерела. З цією метою вживаються такі заходи:

- по можливості впливові взаємодії частин замінюються без ударними взаємодіями;
- звукоізоляція огорожувальних конструкцій;
- своєчасна заміна підшипників;

Еквівалентні рівні шуму і звукового тиску на робочих місцях в активних діапазонах частот повинні бути в допустимих межах (згідно ГОСТ 12.1.003 - 86)

Вібрація - це рух матеріальної точки або механічної системи, при якому значення величини, що характеризує цей рух, з часом поперемінно збільшуються і зменшуються. Виявляється у вигляді механічних коливань пружних тіл.

Вібротехніка - сукупність методів і інструментів для захоплення, розумного застосування та вимірювання вібрації, вібродіагностики, віброзахисту та вібровипробування. Вібраційна машина — машина, виконавчому механізму якої надають вібрацію для здійснення чи інтенсифікації виконуваного процесу чи підвищення його якості.

Шкідливі вібрації (наприклад, коли працюють двигуни або транспортні засоби) можуть порушити роботу та знищити машини та вплинути на здоров'я людей. Для боротьби з шкідливими вібраціями використовується віброізоляція.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Антивібрація - сукупність засобів і методів зниження параметрів вібрації.

Стійкість до вібрації - здатність виробу виконувати свої функції в певних режимах і зберігати свої параметри в межах значень вібраційного продукту.

#### Захист від вібрації

На промислових підприємствах нормується вібраційна швидкість, яка на частотах 16, 32, 63, 250 Гц повинна відповідати 0,0015, 0,0022, 0,0027, 0,0035 м/с. У період впливу вібрації допускається збільшення вібраційної швидкості в 1,5 рази, не більше ніж на 20% робочого часу.

Вібрації запобігають розміщенням машин, що викликають вібрацію, на спеціальних фундаментах з віброізоляцією та на фундаментах, які не пов'язані з конструкцією. Для віброізоляції використовуються гумові прокладки, повсті, пробка, дерево, пружини та сайлентблоки.

#### Побутові приміщення

Житлові приміщення повинні бути розташовані таким чином, щоб працівники не проходили через промислові установки з шкідливими викидами, коли вони не працюють у цих приміщеннях.

Гардеробні обладнуються шафами та лавками шириною 3,0 м. Душові слід розташовувати в приміщеннях, суміжних з гардеробними, як правило, між робочою та приватною роздягальнями. Кількість душових розраховується за кількістю людей на душову сітку, які працюють найбільше, змінюється залежно від групи виробничих процесів. 1 душ на 15 осіб. Не більше 30 осіб на ванну кімнату. Туалети розміщують так, щоб відстань від найвіддаленішого робочого місця до туалету становила не більше 75 м. Курильна кімната 0,1 м<sup>2</sup> на одного працівника, але загальна площа кімнати повинна бути не менше 12 м<sup>2</sup>. Їх місце розташування узгоджене з пожежною частиною. Їдальня та травмпункт розташовуються в місцях з найменшим впливом шкідливих факторів праці

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Електробезпека

Електробезпека - це система організаційно-технічних заходів і засобів, що захищають людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітних полів і статичної електрики. Правила електробезпеки регламентуються нормативно-технічними документами, нормативно-технічними базами. Знання основ електробезпеки є обов'язковим для персоналу, який обслуговує електросистеми та електрообладнання.

Для забезпечення захисту працівників від дії електричного струму слід застосовувати засоби і методи захисту, передбачені «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) та «Правилами безпеки побутових електроприладів».

При огляді складських приміщень можна визначити, що територія, де встановлено обладнання, відноситься до зон підвищеної небезпеки за класифікацією ПУЕ (фактор ризику – можливість одночасного контакту із заземленими та струмопровідними конструкціями у разі пошкодження ізоляції) або непрофесійні дії).

Електричний захист означає:

- 1) заземлення всіх неструмопровідних металевих конструкцій електрообладнання;
- 2) використання системи захисної ізоляції джерела живлення у разі короткого замикання на корпусі двигуна приводу машини або його перевантаження;
- 3) усі верстати майстерні, що живляться від мережі змінного струму 220/380 В, заземлені та можуть бути вимкнені в аварійній ситуації;
- 4) електроосвітлення напругою 127/220 В з обов'язковим встановленням світильників загального освітлення на висоті не менше 4 м;
- 5) усі шафи керування повинні бути закриті захисними коробками. під щитками повинні бути діелектричні ковдри (або підставки);
- 6) приміщення підприємства обладнані знаками безпеки;

					ДП.58 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

7) ремонт та профілактика машини здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.

#### Захист від блискавки:

Для захисту будівель від прямих ударів блискавки металеві стяжки кріплять навколо будівлі сталевую обв'язкою, під'єднують до розеток і заземлюють. Зовнішній контур заземлення складається з круглих сталевих електродів діаметром 12 мм, довжиною 5 м, забитих у землю і з'єднаних на глибині 0,5 м і під землею електрозварюванням із сталевую смугою 40 × 40 мм. Внутрішня схема заземлення всіх об'єктів проекту складається зі сталеві стрічки 25 × 4 мм і нульового дроту.

#### Електрична ізоляція:

Шар діелектрика, що покриває поверхню струмопровідних елементів, або структура з непровідного матеріалу, що відокремлює струмопровідні частини від інших частин електрообладнання, називається електричною ізоляцією. Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 ІЕ.

#### Види ізоляції:

- експлуатація – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує їх нормальну роботу та захист від ураження електричним струмом;
- додаткова - електрична ізоляція передбачена додатково до робочої ізоляції для захисту від ураження електричним струмом у разі пошкодження робочої ізоляції;
- подвійна ізоляція, що складається з робочої та додаткової ізоляції;
- посилена - покращена робоча ізоляція, що забезпечує захист від ураження електричним струмом не менше, ніж подвійна ізоляція.

#### Захист від випадкового дотику до струмоведучих частин:

Щоб уникнути ризику дотику до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно забезпечити їх недоступність. Це досягається розміщенням струмоведучих частин на недоступній висоті або у важкодоступних місцях, а коли таке розташування неможливо, використанням огорож і перегородок.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Пожежна безпека

Відповідно до норм технологічного проектування НАПББ.03.002-07 приміщення для вибухо- і протипожежного захисту належать до категорії В.

Для кожної галузі харчової промисловості існує перелік будівель і приміщень, які підлягають оснащенню автоматичними вогнегасниками та автоматичною пожежною сигналізацією, узгоджений з Державною пожежною інспекцією МНС України.

До первинних вогнегасників належать: вогнегасник вуглекислотний ВВ-5 (за рахунок використання електричного струму в автомобілі) - 2, засоби пожежогасіння (ковдри з негорючої ізоляції, вата груба - 1, пісочниця - 1, бочка з водою. - 1, пожежне відро - 2, лопати - 2); Пожежний інструмент (гаки - 2, скребки - 2, сокири - 2 тощо).

Найважливішими протипожежними заходами є:

- дотримання паспортних режимів роботи обладнання;
- своєчасний технічний огляд змащення фрикційною парою (підшипникових вузлів, штоків пневмоциліндрів тощо);
- дотримання правил безпеки при зупинці обладнання для огляду та ремонту;
- своєчасна перевірка ізоляції обладнання;
- проведення інструктажу та навчання персоналу.

Організовану евакуацію з виробничих та інших приміщень і споруд, попередження паніки та попередження смертельних випадків забезпечують:

- планування евакуації людей (складання плану евакуації з приміщення);
- визначення придатних зон для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;
- організація оповіщення керівників підприємств та окремих осіб про початок евакуації;

Евакуація з об'єкта здійснюється таким чином, що більшість людей евакууюється із зони надзвичайної ситуації через усі можливі виходи пішки за заздалегідь визначеними маршрутами.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Пропозиції щодо покращення умов праці.

Підготовка, систематичне та систематичне підвищення знань не лише працівників, а й усього населення України з питань охорони праці є одним із головних принципів державної політики охорони праці, фундаментальною основою охорони праці, необхідною умовою. удосконалити управління охороною праці та забезпечити ефективну профілактичну роботу щодо запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням та нещасним випадкам на виробництві.

Усі працівники повинні бути навчені з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, правил поведінки та поведінки в надзвичайних ситуаціях. А саме, підприємство має проводити вступне, початкове, повторне, позапланове та цільове навчання.

Крім того, для підтримки безпечних умов праці необхідно забезпечити надійну електроізоляцію обладнання, забезпечити подачу свіжого повітря в робоче приміщення через систему вентиляції. Обладнання має утримуватись у справному стані, щоб уникнути травм та небезпечних ситуацій. Також необхідно знизити рівень шуму на робочих місцях шляхом удосконалення конструкції звукопоглинаючих перегородок, дахів, стін, обладнання та пристроїв зі спеціальними фундаментами або вітрозахисними покриттями. Необхідно використовувати засоби індивідуального захисту - звукопоглинальні навушники, оскільки шуму на робочому місці не уникнути.

					ДП.58 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У дипломній роботі аналізуються основні конструкції штабельних механізмів та пристроїв, приводів, визначено переваги та недоліки цих приводів.

Оновлена роботизована підставка для лінії пакування марשמеллоу в лотковій упаковці.

Заміна пневмопривода на сервопривод усунула вплив змінних параметрів стисненого повітря на точність позиціонування захопленого пристрою та забезпечила якісне виконання заданого закону руху. Модернізація пристрою вакуумного захоплення дозволила контролювати процес лову та утримання зефіру за допомогою будь-якої присоски і при необхідності автоматично змінювати їх кількість шляхом відключення.

Використання сервоприводів і лінійних двигунів значно скорочує час, необхідний для налаштування дельта-робота на потрібний режим роботи і забезпечує його універсальність, що дозволяє виконувати різноманітні складні завдання.

Для оптимізації лінії в рамках проекту було розроблено рейковий конвеєр з використанням сучасного частотного приводу Siemens g120 зі зворотним зв'язком і лінійним кодером. Використання лінійного кодера для лінійного переміщення дозволило з великою точністю контролювати швидкість руху слябового конвеєра та синхронізувати роботу конвеєра зі штативами.

Для розробленої лінії були враховані та проаналізовані всі аспекти охорони праці.

					ДП.58 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Клементьев В.К.			<b>Висновки</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.					1	1
Реценз.						НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.								
Затверд.								

## Список використаних джерел

1. Гавва О.М. Пакувальне обладнання. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. — К. : ІАЦ Упаковка, 2008. – 436 с.
2. Гапоненко О. В. Динамика управляемого движения робота-трипода с шестью степенями подвижности : дис. канд. техн. наук : 01.02.06 / Гапоненко О. В. – Белгород, 2014. – 219 с.
3. Гутыря С. С. Механизмы параллельной структуры в современном машиностроительном производстве / С. С. Гутыря, В. П. Яглинский. // Технологічні комплекси. – 2010. – №2. – С. 25–35.
4. Князев И.В. Исследование дельта-параллельного робота : бакалаврская работа : 15.03.06 / Князев И.В. – Красноярск, 2016. – 111 с.
5. Сухенко Ю. Г. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум / Ю. Г. Сухенко, Ю. І. Бойко. – Київ: НУХТ, 2009. – 262 с.
6. Ткачук К. Н. Охорона праці. Підручник / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський. – Київ: Основа, 2006. – 448 с.

					ДП.58 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Клементьев В.К.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Якимчук М.В.				1	1
Реценз.					<b>Список використаних джерел</b> НУХТ МПТ ПМ-4-1 СК		
Н. Контр.							
Затверд.							

## Додатки

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				Документація		
				Пояснювальна записка		
			ДП.58.01.000.СК	Складальне креслення	1	
				Складальні одиниці		
	Справ. №	1	ДП.58.01.001	Конвеєр пластинчастий	1	
		2	ДП.58.01.002	Двигун пластинчастого конвеєра	1	
		3	ДП.58.01.003	Конвеєр стрічковий	1	
		4	ДП.58.01.004	Двигун стрічкового конвеєра	1	
		5	ДП.58.01.005	Мехатронний маніпулятор	1	
		6	ДП.58.01.006	Присоска Бернуллі	1	
7		ДП.58.01.007	Трипод	2		
8		ДП.58.01.008	Касета	1		
9		ДП.58.01.009	Рама 1449×1870	1		
10		ДП.58.01.010	Рама 1017×1870	2		
Подп. и дата						
Инв. № докл.						
Взам. инв. №						
Подп. и дата						
Инв. № подл.				ДП.58.01.000.СК		
	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.	Клементьев В.К.			Лит.	Лист
	Пров.	Якимчук М.В.			1	1
	Н.контр.			Загальний вигляд лінії НУХТ ПМ-4-1		
	Утв.					

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.				<i>Документація</i>			
				<i>Пояснювальна записка</i>			
			<i>ДП.58.02.000.СК</i>	<i>Складальне креслення</i>	<i>1</i>		
				<i>Складальні одиниці</i>			
	Справ. №		<i>1</i>	<i>ДП.58.02.001</i>	<i>Каркас</i>	<i>1</i>	
			<i>2</i>	<i>ДП.58.02.002</i>	<i>Монтажні кронштейни для приводів із зубчатим ремнем</i>	<i>3</i>	
			<i>3</i>	<i>ДП.58.02.003</i>	<i>Двигун</i>	<i>3</i>	
			<i>4</i>	<i>ДП.58.02.004</i>	<i>Монтажний блок</i>	<i>3</i>	
			<i>5</i>	<i>ДП.58.02.005</i>	<i>Пара тяг</i>	<i>3</i>	
			<i>6</i>	<i>ДП.58.02.006</i>	<i>Корпус інтерфейса</i>	<i>1</i>	
			<i>7</i>	<i>ДП.58.02.007</i>	<i>Куттовий монтажний набір</i>	<i>1</i>	
		<i>8</i>	<i>ДП.58.02.008</i>	<i>Привод із зубчатим ремнем</i>	<i>3</i>		
		<i>9</i>	<i>ДП.58.02.009</i>	<i>Тримач захисного рукава</i>	<i>2</i>		
		<i>10</i>	<i>ДП.58.02.010</i>	<i>Монтажна плита для кріплення захвата</i>	<i>1</i>		
	<i>11</i>	<i>ДП.58.02.011</i>	<i>Вакуумна присоска</i>	<i>3</i>			
Подп. и дата							
Инв. № докл.							
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.				<i>ДП.58.02.010.СК</i>			
	<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		
	<i>Разраб.</i>		<i>Клементьев В.К.</i>				
	<i>Пров.</i>		<i>Якимчук М.В.</i>				
	<i>Н.контр.</i>						
	<i>Утв.</i>						
				<i>Трипод</i>			
				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
					<i>1</i>	<i>1</i>	
				<i>НУХТ ПМ-4-1</i>			

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
Перв. примен.				Документація					
				Пояснювальна записка					
			ДП.58.03.000.СК	Складальне креслення	1				
	Справ. №				Складальні одиниці				
			1	ДП.58.03.001	Кришка приводу	2			
			2	ДП.58.03.002	Направляюча	1			
			3	ДП.58.03.003	Зубчастий ремень	1			
			4	ДП.58.03.004	Каретка	1			
			5	ДП.58.03.005	Профіль	1			
			6	ДП.58.03.006	Зубчасте колесо	2			
			7	ДП.58.03.007	Отвір для виходу стисненого повітря	1			
		8	ДП.58.03.008	Отвір для підведення стисненого повітря до полого валу					
				поворотного приводу	1				
Повт. и дата		9	ДП.58.03.009	Роз'єм для кабелю двигуна	1				
		10	ДП.58.03.010	Роз'єм для кабелю енкодера	1				
		11	ДП.58.03.011	Серводвигун	1				
Взам. инв. №									
Повт. и дата									
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p style="text-align: center;"><b>ДП.58.03.020.СК</b></p> <p><b>Вихідна ланка трипода.</b></p> <p><b>Привод із зубчатим ремнем</b></p>			
	Разраб.		Клементьев В.К.				Лит.	Лист	Листов
	Пров.		Якимчук М.В.					1	1
	Н.контр.						<b>НУХТ ПМ-4-1</b>		
Утв.									