

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій  
Кафедра прикладної механіки та машин

**ДИПЛОМНА РОБОТА (ПРОЄКТ)**

на тему

Робототехнічний пристрій для завантаження міжопераційного транспорту

Виконав: студент групи БПМ-17

спеціальності 131 Прикладна  
механіка, освітня програма Прикладна  
механіка

В.М. Совгиря

Керівник Ю.А. Ковальов

Рецензент Плєшко С.А.

Київ 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій  
Кафедра прикладної механіки та машин

***Пояснювальна записка***

до бакалаврського дипломного проекту  
на тему: Робототехнічний пристрій для завантаження міжопераційного  
транспорту

Виконав: студент групи БПМ-17  
спеціальності 131 Прикладна механіка,  
освітня програма Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

В.М. Совгіря  
(ініціали прізвище)

Керівник Ю.А. Ковальов  
(ініціали, прізвище)

Рецензент ПлешкоС.А.  
(ініціали, прізвище)

Київ 2021

# ЗМІСТ

## АНОТАЦІЯ

## ВСТУП

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД КОНВЕЄРНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

1.1. Види складських приміщень та їх призначення

1.2. Конвеєр і їх види

## РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ

2.1. Аналіз крокових двигунів для застосування у розробці пристрою

2.2 Електроприводи крокових двигунів для транспортних систем

## РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПРИВОДІВ КОНВЕЄРНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЙОГО КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Вибір і розрахунок конвеєра для лінії транспортування

3.2. Розрахунок пневмоприводу поворотного стола

3.2.1 Розрахунок динамічних характеристик гідроприводів

3.2.2. Формування математичних моделей ГП

3.3. Розрахунок пневприводу

3.4. Склад роботехнічного пристрою для перевантаження в стелаж виробів легкої промисловості

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

## ДОДАТКИ

.....

					<b>ДМП 1022 М(В) 00.00.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Совгиря</i>			<i>Робототехнічний пристрій для завантаження міжопераційного транспорту</i>		3	
<i>Перевірив</i>		<i>Ковальов</i>						
<i>Т. контр.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Манойленко</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Манойленко</i>						
						<i>КНУТД, каф. ПММ, гр. БПМ-17, 2021 рік</i>		

## АНОТАЦІЯ

Василь Совгіря. Робототехнічний пристрій для завантаження між оперативного транспорту. Дипломний бакалаврський проект за спеціальністю 131 Прикладна механіка, освітня та професійна програма: Прикладна механіка - Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021. Роботизація технологічних процесів у легкій промисловості таким чином досягає високопродуктивної роботи, яка залежить від автоматизації багато процесів, включаючи транспортну логістику. Серед популярних рішень для забезпечення постійних виробничих потоків є конвеєр. Основні його завдання - невід'ємна частина сучасного підприємства. Швидкість її роботи визначатиме продуктивність виробництва, якість продукції та сприятиме підвищенню продуктивності та збільшенню виробничих потужностей. У статті розглядаються типи приводів, які можна використовувати в конвеєрах (пневматичні приводи, крокові двигуни, сервоприводи). Пневматичні виконавчі механізми мають достатній термін служби в багатоцикловому володінні, крокові двигуни встановлюються в пристроях та механізмах, що вимагають високої надійності та точності. Дипломний бакалаврський проект присвячений розробці та дослідженню роботизованого пристрою для перевантаження продуктів легкої промисловості в стійку, що прискорить робочий процес, заощадить простір, зменшить кількість персоналу, що в свою чергу відкриє більші можливості для оптимізації складських приміщень. В результаті було обрано конструкцію роботизованого пристрою та проведено розрахунок конструктивних параметрів його деталей, а також розрахунки на міцність із застосуванням систем автоматизованого проектування. Ключові слова: конвеєр, склад, штучні вироби, легка промисловість, пневматичні приводи.

## **SUMMARY**

Vasily Sovgiryia. Robotic device for loading inter-operational transport. Diploma bachelor's project in the specialty 131 Applied Mechanics, educational and professional program: Applied Mechanics - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021. Robotization of technological processes in the light industry thus achieves highly productive work, which depends on the automation of many processes, including transport logistics. Among the popular solutions for ensuring constant production flows is the conveyor. Its main tasks are an integral part of a modern enterprise. The speed of its work will determine the productivity of production, product quality and helps to increase productivity and increase production capacity. The paper considers the types of drives that can be used in conveyors (pneumatic drives, stepper motors, servos). Pneumatic actuators have a sufficient service life in multi-cycle possession, stepper motors are installed in devices and mechanisms that require high reliability and accuracy. The diploma bachelor's project is devoted to the development and research of robotic device for reloading light industry products in the rack, which will speed up the work process, save space, reduce the number of staff, which in turn will open up greater opportunities for optimizing warehouses. As a result, the design of the robotic device was chosen and the calculation of the structural parameters of its parts was performed, as well as the calculations for strength with the use of computer-aided design systems. Key words: conveyor, warehouse, artificial products, light industry, pneumatic drives.

## **ВСТУП**

**Актуальність дослідження.** Сучасне серійне потокове виробництво виробів передбачає використання механізованих та автоматизованих пристроїв, що дозволяє підвищити робочі швидкості устаткування й поліпшити якість продукції. Значне збільшення обсягу виробництва штучних виробів, поліпшення їх якості й підвищення продуктивності праці базується на корінному вдосконалюванні технологічних процесів, правильній організації праці і виробництва, оснащенні підприємств легкої промисловості новітнім та модернізованим обладнанням.

У міру ускладнення технологічних процесів підвищилися технічні вимоги, що пред'являються до конвеєрів, і виникла потреба створення гнучкіших систем електроприводів, які б змогли бути адаптовані до сучасних вимог. Подальше якісне вдосконалення автоматизації конвеєрних ліній повинне розвиватися у напрямі підвищення централізації управління на базі використання спеціалізованих ЕВМ і мікроконтролерів, що дозволить підвищити оперативність управління за рахунок обробки великого об'єму інформації про роботу конвеєрів, причини аварійних ситуацій, вести роботу конвеєрів в оптимальних режимах.

Використання пристроїв конвеєрного типу в електропобутових автоматизованих пристроях останнім часом стрімко розвивається. Це пристрої приготування напоїв з різноманітними дозаторами, машини для приготування штучних виробів типу «вареники» і інші. В роботі запропоновано розробку пристрою конвеєрного типу для дозування холодних напоїв.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження є процеси логістики, чк складова технологічного процесу.

**Предмет дослідження.** Предметом дослідження є стрічкові роботизовані пристрої.

**Мета і завдання.** Метою роботи є розробка та дослідження роботизованих пристроїв для логістичних операцій.

**Методи та засоби дослідження.** Теоретичною основою дослідження служать основні положення теорії автоматичного керування технологічними

процесами, проектування ЧПУ пристроїв, деталі машин та підйомнотранспортних пристроїв.

**Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів** полягає в розробці роботизованих пристроїв для легкої промисловості з використанням конвеєрного обладнання.

**Практична значимість.** Результати роботи можуть бути використані для створення нових роботизованих пристроїв конвеєрного типу з застосуванням для легкої промисловості.

**Структура роботи.** Дипломний бакалаврський проект складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел (\_\_\_найменувань), в склад яких входить \_\_\_ таблиць, \_\_\_діаграма, \_\_\_ рисунків. Загальний обсяг бакалаврської роботи сторінок комп'ютерного тексту \_\_\_ стрінках.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД КОНВЕЄРНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

## 1.1. Види складських приміщень та їх призначення

*З урахуванням створюваних режимів зберігання склади поділяють на:*

– загально товарні – призначені для зберігання непродовольчих і продовольчих товарів, що не мають потреби у створенні особливого режиму;

– спеціальні – ставляться овочесховища, холодильники і т.д.

*Залежно від поверховості та висоти складських приміщень коефіцієнт використання складської площі*

$$K = S_{гр.} / J_{скл.} \quad (0,25 \dots 0,6 \text{ -оптимально})$$

(1.1.)

– коефіцієнт використання корисного обсягу складу

$$K = V_{ір.} / K_{скл.} \quad (0,3 \dots 0,5 \text{ - оптимально})$$

(1.2.)

Спеціальні вимоги висуваються до плануванні залу товарних зразків. Для основних виробничих процесів тут повинні бути виділені функціональні зони. Кількість таких зон та їх розташування визначаються структурою представлених у залі товарних груп і чисельністю працівників.

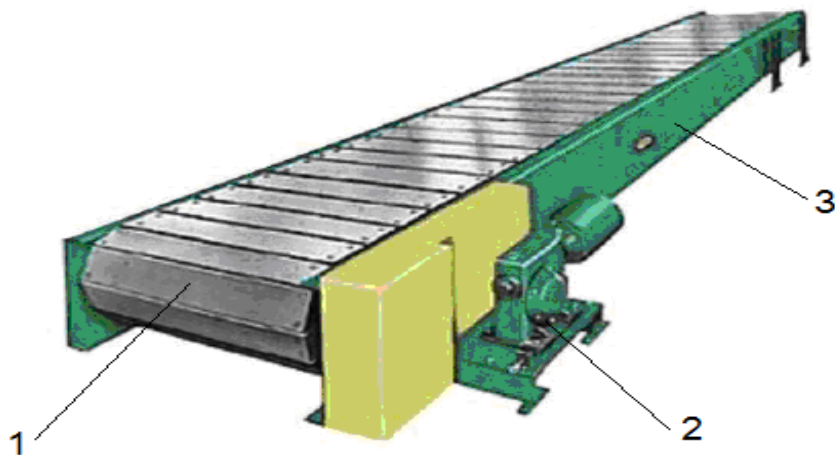
## 1.2. Конвеєр і їх види

Сучасне підприємство - це чітко налагоджена виробнича система, високопродуктивна робота якої залежить від автоматизації багатьох процесів, у тому числі і процесу безперервного транспортування. Популярним рішенням забезпечення безперервного потокового виробництва є конвеєр. Конвеєр є складовою частиною сучасного підприємства. Він встановлює і наструє темп виробництва, забезпечує



**ритмічність, сприяє підвищенню продуктивності праці і збільшенню пропускної спроможності виробництва.**

Технічний опис роботи, що виконує цей тип конвеєра (рис. 1.1), це конвеєрний механізм, який виконує, використовуючи принцип роботи, що в основі лежить в тому, що конвеєрні ланки (рис. 1.1) складаються з двох частин: верхньої і нижньої. Конвеєрні ланки (рис. 1.1) складаються з двох частин: верхньої і нижньої. Конвеєрні ланки (рис. 1.1) складаються з двох частин: верхньої і нижньої. Конвеєрні ланки (рис. 1.1) складаються з двох частин: верхньої і нижньої.



**Рис. 1.1. Пластинчатий конвеєр: 1 –стрічка пластинами; 2 – електропривод; 3 - рама**

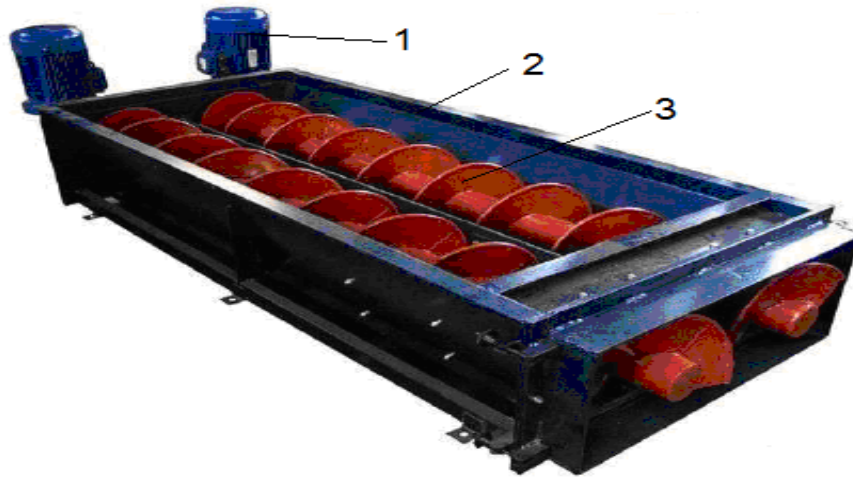
Завдяки своїй конструкції даний тип конвеєрів стійкіший до зносу, чим інші. Завдяки можливості установки нерухомих бортів або без бортового хвилястого настилу даний тип конвеєра можна використовувати і для насипних вантажів, але дрібні частинки часто потрапляють в щілині між бортами, через це виникає додатковий опір руху стрічки, що збільшує знос стрічки і збільшується енергоспоживання системи конвеєра.

Таб. 1.1.

Товщина пластин, мм	від 3
Ширина полотна, мм	від 500
Швидкість руху полотна, м/с	від 0,6
Продуктивність, т/ч	від 250 до 2000
Кут нахилу установки, °	до 45

Відомим прикладом пластинчатого конвеєра буде ескалатор, Принцип аналогічний звичайної шнекової м'ясорубки (рис. 1.6).

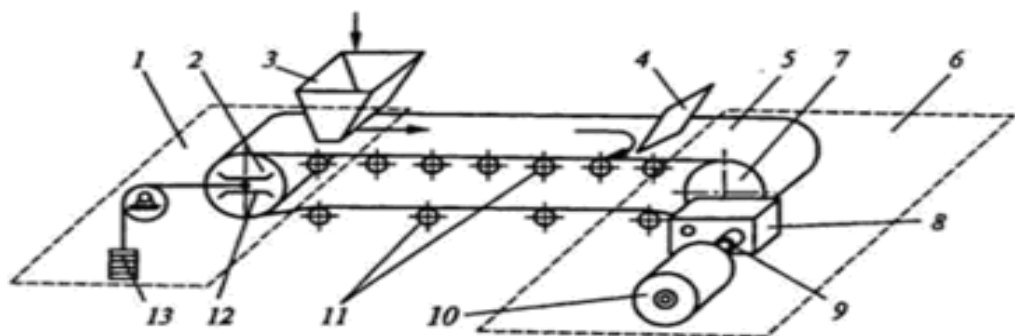
Призначений для сипких речовин. Можуть доставляти грузув не тільки горизонтально, але і під кутом, а також і вертикально.



*Рис. 1.6. Гвинтовий конвеєр: 1 – електроприводи; 2 – корпус; 3 – шнеки*

Володіють гвинтові конвеєри рядом переваг, такими як: компактність і простота конструкції, відсутність зовнішніх рухомих частин, а також легкість у використанні і догляду за конвеєром.

Стрічкові конвеєри (рис. 1.7) широко застосовують для переміщення сипких вантажів. Між барабанами 2 і 7 натяжною 1 і приводною 6 станціями розташована гнучка стрічка 5. Барабан 2, вісь якого може переміщатися в напрямних повзунах 12, під дією вантажу 13 створює попереднє натягнення стрічки. Це натягнення дає передачу без просковзування тягового зусилля від барабана приводної станції. [15]



*Рис. 1.7. Стрічковий конвеєр: 1 – натяжна станція; 2 – барабан; 3 – бункер; 4 – плужок; 5 – стрічка; 6 – приводна станція; 7 – барабан; 8 – редуктор; 9 – пружна муфта; 10 – двигун; 11 – підтримуючі ролики; 12 – повзун; 13 – вантаж*

Щоб виключити провисання між верхньою робочою і нижньою ненавантаженою гілками стрічки, уздовж траси встановлюють підтримуючі ролики 11. Барабан приводної станції через редуктор 8 сполучений з двигуном 10.

На сучасному підприємстві транспортуються та складуються різноманітні тарно-штучні, сипучі та рідкі вантажі.

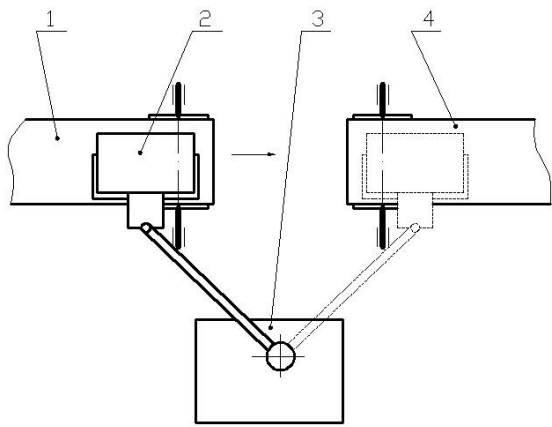
Для обробки вантажопотоків створюються транспортні системи, до складу яких входять транспортувальні машини безперервної дії (конвеєри різних укр. бідно. Тільки декілька праць [2, 7] більш менш повно систематизують проблеми конструювання та використання перевантажувальних пристроїв. Є ряд робіт, в яких наведені окремі конструкції перевантажувальних пристроїв [1, 3, 6, 10-17].

До перевантажувальних пристроїв можна віднести різні по виду, принципу дії та вантажопідйомності механізми. При всій різноманітності конструкцій перевантажувальних пристроїв, представляється можливим класифікувати їх за окремими типами з метою уніфікації конструктивних рішень, встановлення раціональних областей використання, вибору обґрунтованих методик розрахунку, а також виявлення техніко-економічних показників окремих типів перевантажувальних пристроїв. Найбільш доцільним є запропонований в роботі [2] принцип класифікації за конструктивно-кінематичними ознаками, який достатньо повно розкриває суть пристрою та дозволяє встановити єдину методику розрахунку та вибору основних параметрів. Наведена на рис. 1 класифікація перевантажувальних пристроїв, не претендуючи на повноту, дозволяє врахувати різноманітність конструктивних рішень і дає уяву про основні області використання. Крім класифікації за конструктивно-кінематичними ознаками, перевантажувальні пристрої можна класифікувати, беручи за основу напрям переміщення об'єкту перевантажування. У транспортних системах можна виділити три модулі перевантажування: прямолінійний, під кутом та по вертикалі [5].

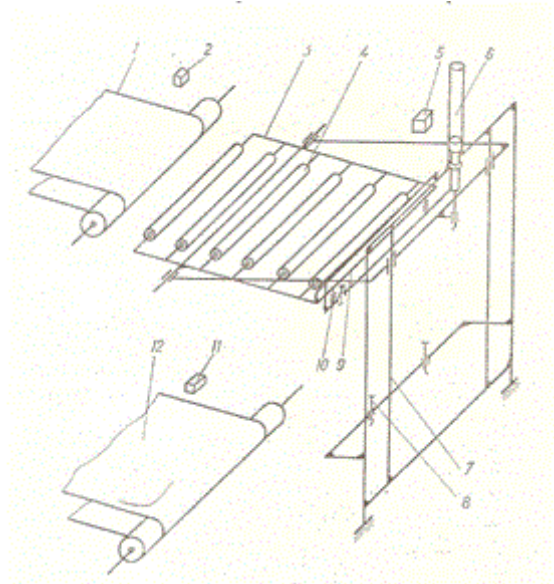
Прямолінійне перевантажування (див. рис. 2) може бути здійснено лише при належному розташуванні трас конвеєрів. Необхідність у прямолінійному перевантажуванні виникає лише тоді, коли не потребується зміна напрямку руху

об'єкту транспортування. Можлива передача об'єкту як в одній площині, так і при невеликому перепаді висот.

Перевантаження під кутом (див. рис. 3) використовується при необхідності зміни напрямку вантажного потоку, наприклад, при переході вантажів з технологічного



який транспортує в проміжну комору



кон  
веє  
ру  
на  
доп  
омі  
жн  
ий,  
[5].

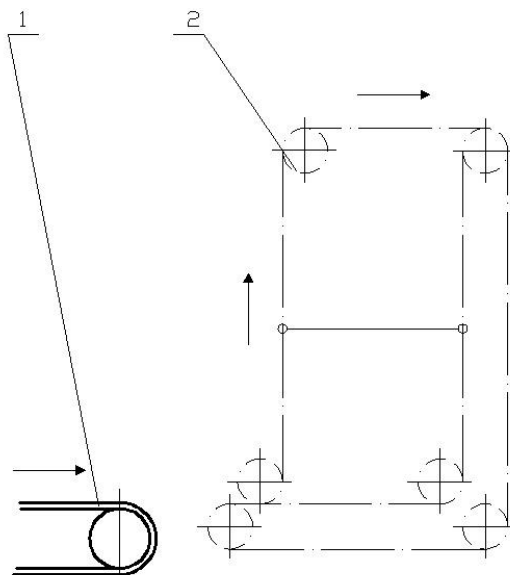


Рис. 4. Схема перевантаження об'єкту транспортування по вертикалі: 1 – подаючий конвеєр; 2 – приймальний конвеєр

Схема перевантаження по вертикалі з одного подаючого конвеєра на інший приймальний, який розташовано знизу, представлена на рис. 5 [4].

Ковальов Ю.А., Плешко С.А. Огляд та аналіз сучасних пристроїв для перевантаження об'єктів транспортування // К.: Легка пром-сть. – 2017. № 1. – С. 21-29.

Безпосереднє перевантаження. Перевантажувальні операції у ряді випадків можуть здійснюватися і без спеціальних перевантажувальних пристроїв шляхом безпосереднього перевантаження з одного конвеєра на інший за належним взаємним розташуванням трас конвеєрів.

Безпосереднє перевантажування використовується переважно для наступних типів операцій:

- проміжне перевантажування об'єктів з підвісних конвеєрів на стрічкові, роликові, візкові або пластинчаті конвеєри та навпаки у різній комбінації;
- прикінцеве перевантажування з стрічкових, роликових та візкові конвеєрів на любий інший зі згадуваних конвеєрів.

В окремих випадках, безпосереднє перевантажування полегшується використанням живильників та допоміжних пристроїв у вигляді відсікачів, стрілок, поворотних кругів, які дозволяють здійснювати безпосереднє перевантажування вантажів і в складних розподільчих, з'єднувальних та комбінованих системах, які скомпоновані з підлогових конвеєрів різних типів. Перевантаження без використання спеціальних перевантажувальних механізмів може здійснюватися як безпосередньо з конвеєра на конвеєр, так і за допомогою проміжних несучих елементів як приводних, так і не приводних.

В якості несучих елементів виступають різні типи конвеєрів [1-3]: стрічкові, роликові або пластинчаті. Неприводні проміжні елементи можуть бути горизонтальними та похилими. В ролі горизонтальних несучих площин виступають настили – *гладкий гравітаційний спуск (склиз)* та *роликовий спуск*. Вантаж отримує рух від робочого органа попереднього транспортного засобу.

В похилих (гравітаційних) спусках переміщення вантажу відбувається під дією сил гравітації. Кінцева швидкість, яку має вантаж при виході з гладкого

гравітаційного пристрою, завжди обмежена рядом чинників: міцність тари та вантажу, геометричні параметри вантажу, умови перевантаження тощо. Ця обставина обмежує кут нахилу прямолінійного спуску, який на практиці не перевищує 20-30°. При такому куті нахилу та значній висоті перевантажування, прямолінійний пристрій буде мати велику довжину та займати значну площину. В цих умовах доцільне використання спусків спірального типу, які мають наступні переваги у порівнянні з прямолінійними: займають меншу площу, можуть мати значний кут нахилу, крім того вони забезпечують подачу та видачу вантажу у різних напрямках. До недоліків цього типу відносяться: інтенсивне стирання робочої поверхні спуску, можливість заклинювання вантажів, труднощі візуального контролю за процесом перевантажування.

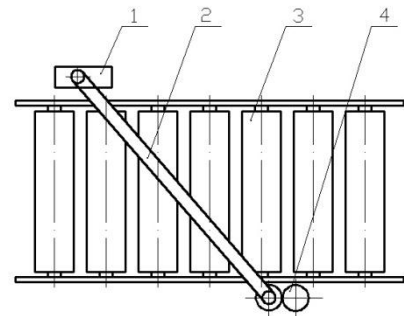
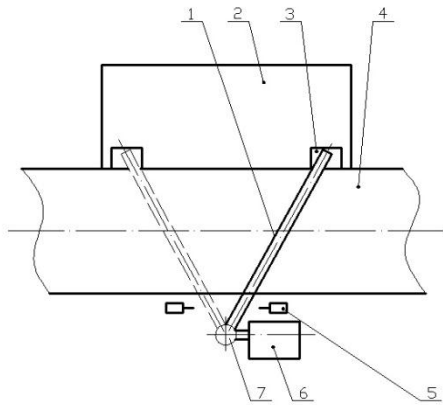
Роликові спуски (рольганги), в залежності від технологічних особливостей, бувають прямолінійні, криволінійні та спіральні. Основними перевагами роликових спусків є: простота конструкції, невелика вартість, надійність в експлуатації, простота обслуговування.

Скидальні пристрої. До цієї групи віднесені такі, в яких процес перевантаження визначається та регулюється положення спеціального зовнішнього елемента, який реактивно впливає безпосередньо на вантаж або на ходову частину конвеєру. Активним джерелом процесу перевантаження для даної групи пристроїв є тягове зусилля ходової частини

конвеєру, тому скидальні пристрої мають власні приводи для виконання процесу розвантаження (за виключенням приводного плугового та дискового скидачів).

Найпростішим з цієї групи є плуговий скидач, який представляє з собою плоский елемент, який розташовано упоперек полотна конвеєру, під деяким кутом до його повздовжньої осі. Плугові скидачі використовуються переважно для виконання операцій проміжної розгрузки і рідше – для завантажувальних операцій. Даний тип перевантажувального пристрою частіше використовується для розгрузки конвеєрів: стрічкових, пластинчатих з гладким настилом та візкових з суцільним настилом. Розвантаження конвеєру робиться в сторону від повздовжньої осі конвеєра. Використовуються два види плугові скидачі: неприводні (рис. 2) та

приводні (рис. 3), які мають рухому поверхню плугу, що полегшує та прискорює процес розвантаження.



Данні види пристроїв що скидають

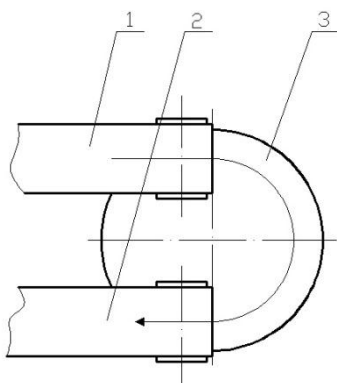
можуть

встановлюватися стаціонарно без зміни свого положення, а також бути керованими, тобто такі, якими при потребі керують з траси. Наявність приводу, який керує плугом, дозволяє використовувати режим автоматичного керування. При цьому використовують різні схеми керування: у функції часу, у функції споживання тощо.

Плугіві скидачі бувають стаціонарні, які обслуговують постійний пункт розвантаження, та пересувні, які обслуговують заданий фронт розвантаження (рис. 4).

Зовнішній виконавчий елемент гравітаційного скидача впливає на елемент який несе вантаж, який під цією дією нахиляється, в наслідок чого вантаж під дією власної ваги

зісковзує з транспортного засобу. Гравітаційні скидачі, як стаціонарні та пересувні, використовуються для конвеєрів з горизонтальною несучою площиною (підвісні, візкові, люлечні) для розвантажувальних операцій рідше – для виконання перевантажувальних операцій (рис. 5).



Дискові пристрої що скидають відрізняються тим, що вантаж, який знаходиться на полотні конвеєру, передається безпосередньо на диск, який перевантажує об'єкт на полотно послідуєчого конвеєра. Область застосування охоплює головним чином перевантажувальні операції на стрічкових конвеєрах, які розташовані під кутом один до одного (рис. 6).

Пристрої які зіштовхують. Широке використання ці пристрої отримали при механізації операцій по завантаженню та розвантаженню різного технологічного та підйомно-транспортного устаткування. У даному типі перевантажувального пристрою виконавчий орган безпосередньо впливає на об'єкт транспортування, який розташовано на опорній площині. Пристрої поділяються на дві групи: що ковзають та захватні. Використання захватного пристрою виключає можливість розвороту вантажу при перевантаженні та, завдяки контакту з вантажем, забезпечує більш його точну видачу. Значний вплив на конструкцію даного пристрою впливає тип приводу: гідравлічний, пневматичний, електричний.

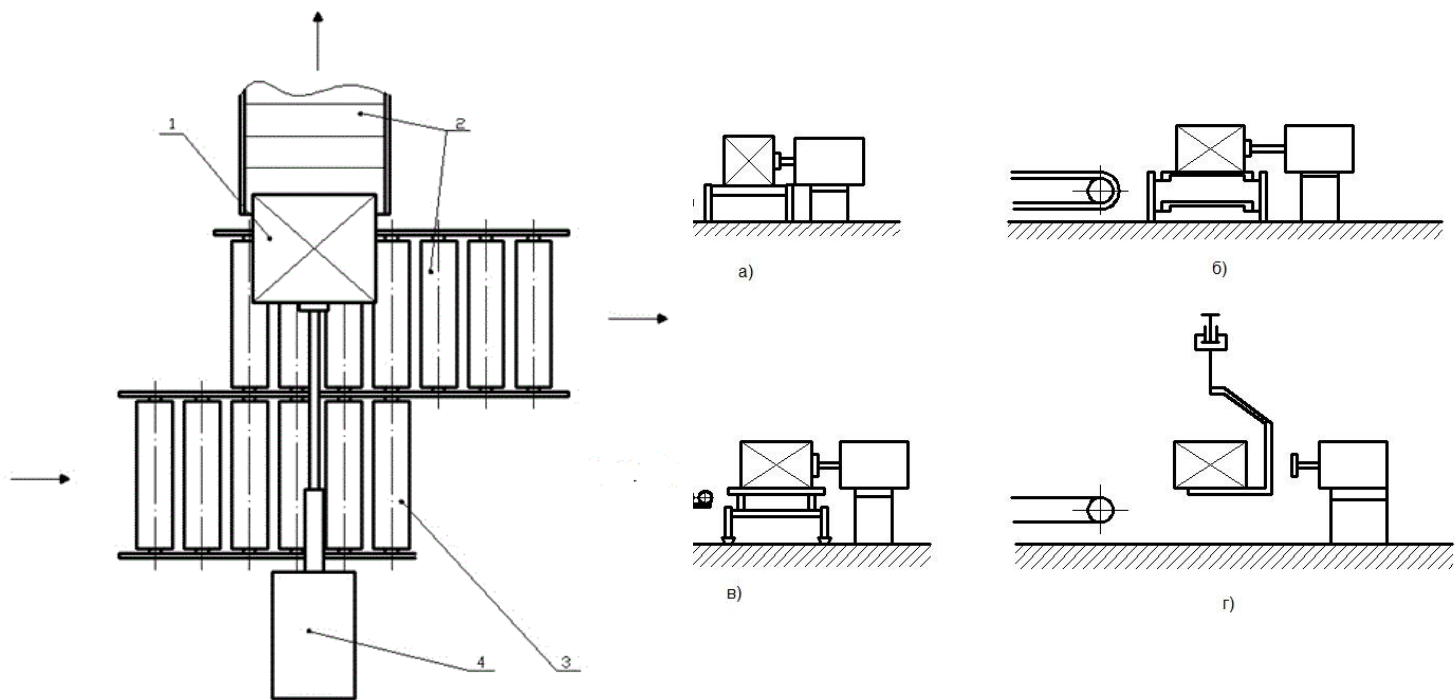
Пристрої що зіштовхують поділяються на стаціонарні, які обслуговують один визначений пункт перевантажування, та пересувні, які обслуговують заданий фронт роботи. Перший тип простіше за конструкцією (не має приводу переміщення та системи керуванням), але другий дозволяє використовувати гнучку систему організації праці.

Для стрічкових, роликівих, пластинчатих та візкових конвеєрів, а також для ряду технологічного обладнання, використовуються пристрої горизонтального типу. Найбільше широке використання вони отримали при двохпозиційному перевантажуванні, коли вантаж передається з однієї площини на іншу.

При цьому опорні площини не рухомі (не приводний рольганговий конвеєр, приймальний стіл, платформа візка тощо) або знаходяться в русі (полотно підлогового конвеєру, підвіска конвеєру, який несе вантаж, підвіска горизонтально або вертикально замкненого конвеєру тощо). Можливі різні комбінації несучих площин. На рис. 7 представлені деякі схеми двопозиційного перевантажування об'єкту транспортування з допомогою стаціонарних пристроїв що зіштовхують з пневматичним та гідравлічним приводом.

а – з роликівого конвеєра на електрокару; б – з одного пластинчатого конвеєра на інший; в – з візка конвеєра на рольганговий конвеєр; з – підвісного конвеєра на стрічковий





На рис. 8 дана схема трьох позиційного перевантажування у горизонтальній площині за допомогою двоступеневого телескопічного циліндра.

Для згладжування можливих ударів в процесі пуску і гальмування

<b>Класифікація перевантажувальних пристроїв</b>													
<b>Перевантажуючі пристрої</b>													
<b>Гравітаційні спуски</b>		<b>Плужкові скидачі</b>		<b>Штовхач</b>		<b>Ричагові</b>		<b>Візкові</b>		<b>Маніпулятори</b>		<b>Захвати</b>	
Роликові		Гладкі		Стаціонарні		Пересувні		Горизонтальні		Вертикальні		Похилі	
Прямолінійні		Криволінійні		Співальні		Вертикальні		Ручної дії		З приводом підйому		З приводом стрічки	
З приводом підйому		З приводом стрічки		З комбінованим приводом		Зі захватом		Без захвату		Прості		Стрілові	
Горизонтальні		Вертикальні		З одною стрілою		З двома стрілами		Багатоланкові		Однопелюсові		Мостові	
Обертальні		Конверсні		Колісальні		Конверсні		Елеваторні		Бункерні		Живильні	
Мостові		Рельсові		Безрельсові		Живильні		Накопичувачі		Механічні		Електромагнітні	
Промислові роботи		Механічні		Електромагнітні		Вакуумні							

## РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ

### 2.1. Аналіз крокових двигунів для застосування у розробці пристрою

Аналіз крокових двигунів для застосування у розробці пристрою

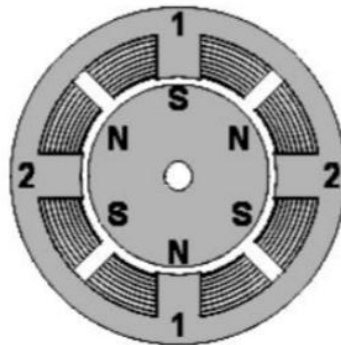
*Крокові двигуни* – безщіткові двигуни постійного струму, які перетворюють електричні імпульси напруги керування в дискретні кутові або лінійні переміщення ротора з можливою його фіксацією в потрібних положеннях. [1]

*Переваги крокової двигуна:*

Відповідно до того, з якого матеріалу виконано ротор двигуна, вони розділяються на наступні види :

- двигун із постійними магнітами ;
- двигун із змінним магнітним опором ;
- гібридний двигун ;
- біполярні та уніполярні двигуни.

*Двигун із постійними магнітами*



*Рис 2.1 Кроковий двигун з постійними магнітами*

Принцип дії такого двигуна полягає в тому, що при включенні в одну з його катушок струму, ротор робить оберт таким чином, щоб його різнойменні полюси та полюси статора знаходилися навпроти один одного. [1]

Перевагами такого двигуна є :

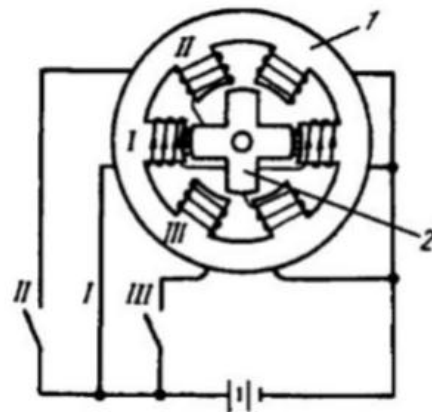
– Регулювання струму керування, що дає можливість двигуну працювати в оптимальному режимі при впливі реактивної енергії.

– Висока перевантажувальна здатність. Шляхом підвищення струму збудження, можна провести значне підвищення перевантажувальної здатності. Це відбувається на момент різкого і короткочасного виникнення додаткового навантаження на вихідному валу.

– Швидкість обертання двигуна є незмінною при підключенні любого типу навантаження, якщо він не перевищує показника перевантажувальної здатності. Недоліком такого типу двигунів є вплив зворотньої ЕРС зі сторони ротора, яка обмежує їх максимальну швидкість. Для роботи на великих швидкостях використовується двигуни із змінними магнітами.

#### *Двигун із змінними магнітним опором*

На рис 2.2 зображений кроковий двигун із змінним магнітним опором, що конструктивно має 4 зубці на роторі і 6 полюсів на статорі. Для розгляду принципу роботи двигуна, обмотки під'єднано до джерела



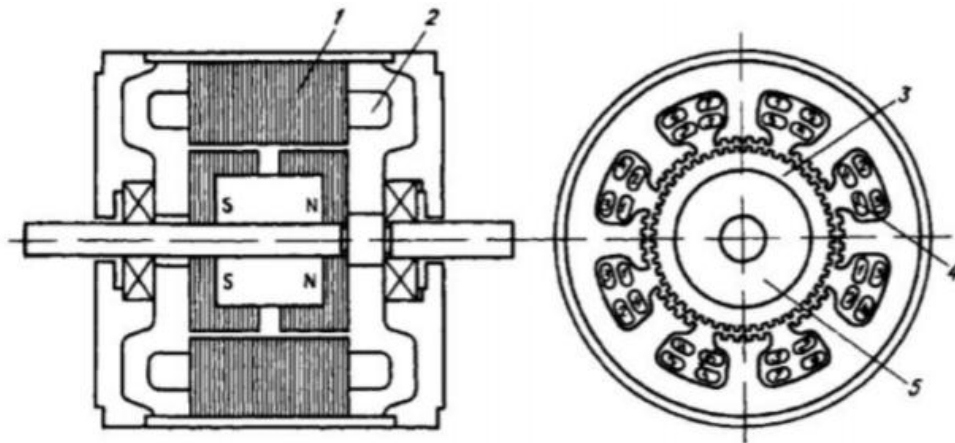
напруги за допомогою ключів, з метою їх комутації. [5]

*Рис 2.2 Двигун із змінним магнітним опором : 1 - сердечник статора, 2 -*

*сердечник ротора*

*Гібридний кроковий двигун*

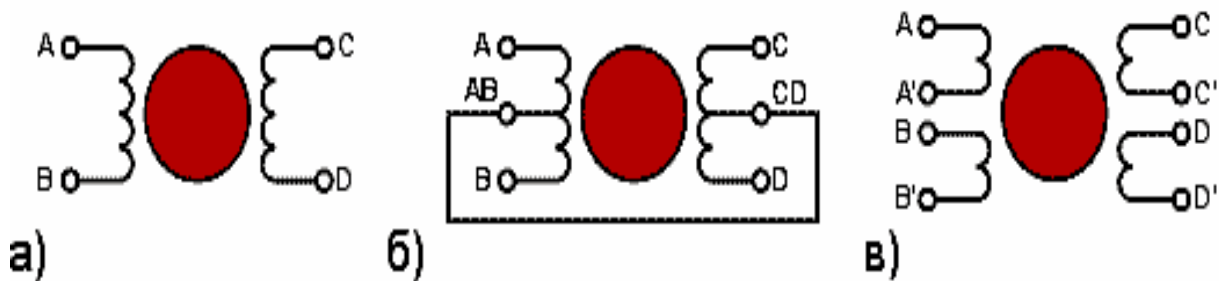
На рис 2.3 зображена конструкція такого двигуна, де 1 - магнітопровід статора ; 2 - обмотка ; 3 - магнітопровід ротора ; 4 - обмотка ; 5 - постійний магніт.



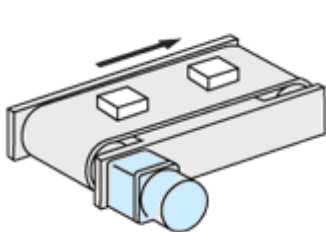
обмотка ; 5 - постійний магніт.

*Рис 2.3 Конструкція гібридного двигуна*

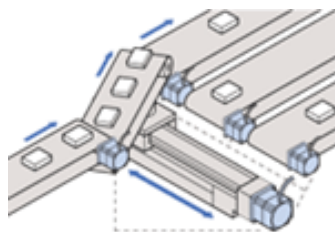
Перевагою такого типу двигунів є їх простота реалізації системи керування ними, що дає широке використання таких двигунів у промисловості. Недоліком такої конструкції є більш низький момент чим у біполярного двигуна при тих самих розмірах.



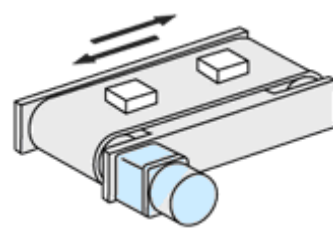
*Рисунок 2.4 - Варіанти виконання конфігурації обмоток: біполярний*



Стрічковий

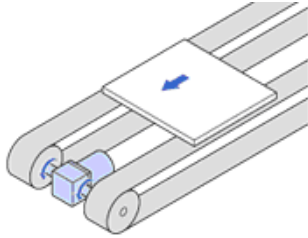


Реверсивний

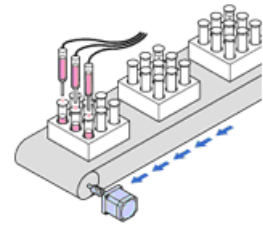
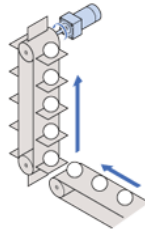


Конвеєрні системи

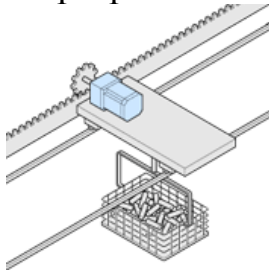
конвеєр



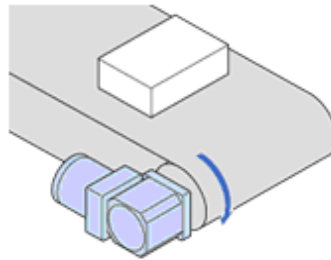
конвеєр



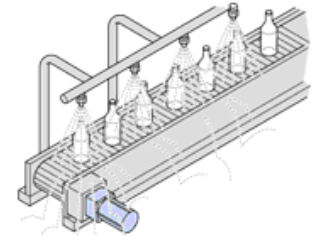
Пасовий транспортер



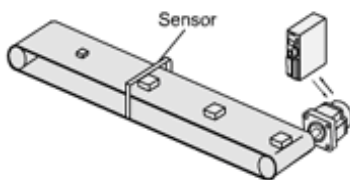
Елеватор



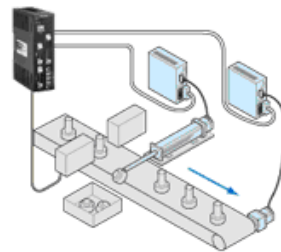
Лабораторне устаткування



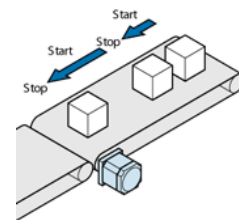
Зубчаста рейка



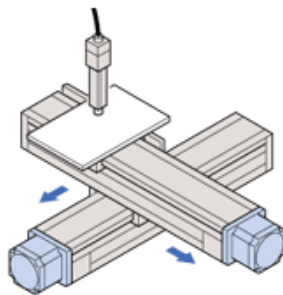
Транспортер



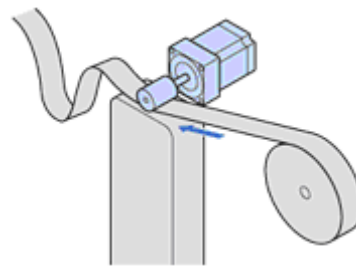
Промивальний конвеєр



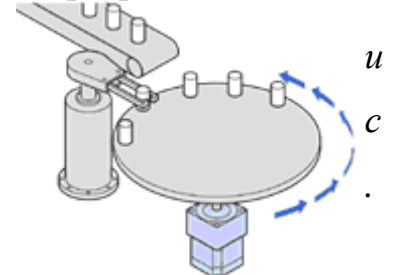
Використання датчиків



Системи автоматизації



Дискретний транспортер



Координатний стіл

Намотування

Поворотний стіл

*Приклади використання крокових двигунів в транспортних системах*

## 2.2 Електроприводи крокових двигунів для транспортних систем

Основні вимоги, що пред'являються до електродвигунів, використовуваних в транспортерах: [9]

- низький рівень вібрації;
- точність/повторюваність останову;
- здатність працювати в запилених, вологих і т.п. середовищах;
- параметри розгону/гальмування.
- роздільна здатність електромеханічної системи;
- точність останову.

Як приводи транспортних систем традиційно використовуються крокові двигуни (рис. 2.5).

### **Висновок до другого розділу**

Крокові двигуни вже давно і успішно застосовуються в найрізноманітніших пристроях. Їх можна зустріти в дисководах, принтерах, плоттерах, сканерах, факсах, швейних машинах, а також в різноманітному промисловому обладнанні. Більшість сучасних крокових двигунів є гібридними. Крокові двигуни мають деякі унікальні властивості, що робить їх дуже зручними для використання в різних галузях, а часом і взагалі незамінними. До таких особливостей належать: кут повороту ротора, що визначається числом імпульсів поданих на двигун; прецизійне позиціонування; можливість швидкого старту/зупинки/реверсу; висока надійність, що пов'язана з відсутністю щіток.

## РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПРИВОДІВ КОНВЕЄРНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЙОГО КОНСТРУКЦІЇ

### 3.1 Вибір і розрахунок конвеєра для лінії транспортування

Для транспортування штучних виробів легкої промисловості потрібно зробити розрахунки стрічкового конвеєра.

Вихідні дані: Продуктивність – 1 т/год.

Довжина транспортування – 100 м.

Кут нахилу конвейера –  $5^\circ$ .

Для транспортування штучних виробів на вказану відстань застосуємо конвеєр з допустимою довжиною транспортування 100м.

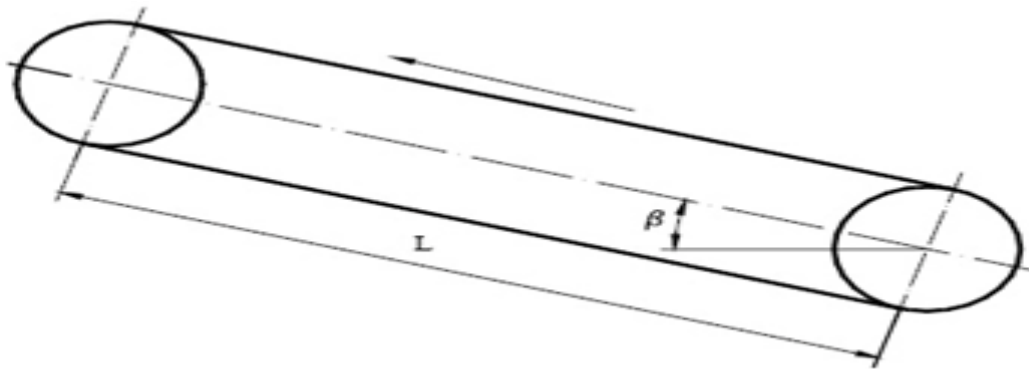


Рис. 3.1 Схема конвеєра Вибір параметрів конвеєрної установки

Швидкість руху стрічки при транспортуванні штучних і насипних вантажів залежить від властивостей вантажу і ширини стрічки.

При транспортуванні штучних вантажів швидкість стрічки зазвичай вибирають в межах  $V = 0,2-0,8$  м / с, причому для вантажів масою до 15 кг  $V = 0,5-0,8$  м / с, для вантажів більшої маси  $V = 0,2-0,5$  м / с.

Номінальну швидкість стрічки встановлюють з ряду нормальних значень по ГОСТ 22644-77:

0,25 - 0,315 - 0,4 - 0,5 - 0,63 - 0,8-1 - 1,25 - 1,6- 2 - 2,5 м / с

*Визначення ширини стрічки B*



При транспортуванні штучних вантажів, припускаючи орієнтовану укладку вантажу, ширину стрічки приймають рівною

$$B = b + (50-200) \text{ мм},$$

$$B = 650 + (50-200) = 500 \text{ мм} \quad (3.1)$$

де  $b$ - ширина вантажу, мм.

Розраховане значення ширини стрічки слід округлити до найближчої стандартної величини по ГОСТ 22644-77:

300,400,500,650,800,1000,1200,1400 - мм.

Для обраної стрічки число тканинних прокладок попередньо можна прийняти  $i = 3$  при мінімальній міцності прокладки  $K_p = 55 \text{ Н / мм}$  і товщині однієї тканинної прокладки  $\delta_p = 1,15 \text{ мм}$ .

Товщину обкладання робочої поверхні можна вибрати 1-3 мм і неробочої 2-1 мм.

Для наших умов експлуатації обираємо резинотканеву стрічку по ГОСТ 20-76.

Для вибраної стрічки число тканинних прокладок приймаємо  $i=4$ , мінімальна міцність прокладки  $K_p=55 \text{ Н/мм}$ , товщина однієї тканинної прокладки  $\delta_p=1,15 \text{ мм}$ , товщину роб. поверхні можна брати  $\delta_1=3 \text{ мм}$  та неробочої  $\delta_2=1 \text{ мм}$ .

Стрічка 2-1000-4-БКНЛ-65-3-1-Б-ГОСТ-20-76

Визначення маси одного погонного метра стрічки,

$$q_n = 1,1B(\delta_1 + \delta_2 + i\delta_3) = 1,1 \cdot 1,2(4 + 1 + 1,15) = 8 \text{ кг/м} \quad (3.2)$$

де  $B$ - ширина стрічки, м;  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  - товщини прокладок, мм;  $i$  - число тканинних прокладок.

*Визначення основних параметрів роликоопор*

Таблиця 3.1

Ширина стрічки, мм	Пряма роликоопора		Жолобчата роликоопора	
	діаметр ролика, мм	Маса, кг	діаметр ролика, мм	маса, кг
500	108	8.0	108	11.5

Позначення роликоопори верхньої прямий для стрічки шириною 500 мм і роликом діаметром 108 мм.

Роликоопора Ж50 - 108 ГОСТ 22645-77,  
де П -тип роликоопори; 500 - ширина стрічки, см;  
Вибираємо роликоопору типу «Ж».

Роликоопора: Ж40-108 ГОСТ 22645-77.

*Визначення відстаней між роликооперами.*

Для штучних вантажів масою до 20 кг на робочій гілці  $l'p = 1-1,4$  м; на холостій гілці  $l''p = 2-3$  м.

Для штучних вантажів масою понад 20 кг на робочій гілці  $l'p = b / 2$ , де  $b$ - довжина вантажу; на холостій гілці  $l''p = 2-3$  м. Для насипних вантажів на робочій гілці  $l'p = 1-1,5$  м; на холостій гілці  $l''p = 2-3$  м.

*Визначення погонних мас обертових частин роликоопор:*

$$\text{на робочій гілці: } q' = \frac{Q'_p}{l'_p} = \frac{1.7+10}{1} = 11.7. \quad (3.3)$$

$$\text{на холостій гілці: } q'' = \frac{Q''_p}{l''_p} = \frac{10}{1} = 10, \quad (3.4)$$

де  $Q'_p$  та  $Q''_p$  - маси обертових частин роликоопор відповідно на робочій і холостій гілках.

*Тяговий розрахунок конвеєра*

Тяговий розрахунок полягає у визначенні натягу стрічки в точках контуру методом обходу по контуру і тягового зусилля конвеєра. Контур траси конвеєра поділяють на прямолінійні (горизонтальні і похилі) і криволінійні (повороти стрічки на барабанах і роликах) ділянки. Нумерацію і розрахунок починають з точки збігання стрічки з приводного барабану, точки

$$\begin{aligned} S_2 &= S_1 + W_{1-2} \\ S_3 &= S_2 + W_{3-4} = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} \\ S_4 &= S_1 + W_{3-4} = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4} \end{aligned} \quad (3.5)$$

*Опір на холостій гілці*

$$W_{1-2} = (q_L + q_p'') \cdot g \cdot L \cdot \cos \beta \cdot W' - q_{\gamma} \cdot g \cdot L \cdot \sin \beta = (2 + 10) \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0.97 - 1.7 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0.23 = 11249$$

(3.6)

де  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - прискорення вільного падіння;  $L$  - довжина конвеєра, м;

$W'$  - коефіцієнт опору руху стрічки по роликоопор (менші значення - для прямих роликоопор, великі - для жолобчастих).

В опалювальному приміщенні з нормальною вологістю при наявності невеликої кількості абразивного пилю  $W' = 0,022-0,025$ ;

В неопалюваному приміщенні з підвищеною вологістю або на відкритому повітрі при наявності великої кількості абразивного пилю

$$W' = 0,035-0,04,$$

$$q = \frac{\Pi}{3,6V} = \frac{46}{3,6 \cdot 1} = 12,7 \text{ кг/м.} \quad (3.7)$$

$$W_{3-4} = (q + q_{\gamma} + q_p') \cdot g \cdot \cos \beta \cdot W' + q_{\gamma} \cdot g \cdot L \cdot \sin \beta =$$

$$= (12,7 + 2 + 11,7) \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0,96 \cdot 0,04 + 2 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0,23 =$$

$$1473,76 \quad (3.8)$$

Невідомі величини  $S_1$  и  $S_4$  визначаються вирішенням системи рівнянь:

$$S_4 = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4}$$

$$S_4 = S_1 e^{\mu\alpha}$$

$$W_{2-3} = 0,05S_2 = 0,05(S_1 + W_{1-2})$$

$$S_1 e^{\mu\alpha} - S_1 = W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4}$$

$$S_1 e^{\mu\alpha} - S_1 - 0,05S_1 = W_{1-2} + 0,05W_{1-2} + W_{3-4}$$

$$S_1 (e^{\mu\alpha} - 1 - 0,05) = W_{1-2} + 0,05W_{1-2} + W_{3-4}$$

$$S_1 = \frac{W_{1-2} + 0,05W_{1-2} + W_{3-4}}{0,82} =$$

$$\frac{11249 + 0,05 \cdot 11249 + 1473,76}{0,82} = 16201 \quad (3.9)$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = 27450 \quad (3.10)$$

$$S_3 = S_2 + W_{3-4} = 28924 \quad (3.11)$$

$$W_{2-3} = 0,05 \cdot S_2 = 0,05 \cdot 27450 = 1372,5 \quad (3.12)$$

$$S_4 = S_1 + W_{3-4} = 17764. \quad (3.13)$$

де  $e^{\mu\alpha}$  - тяговий фактор (для чугунного або сталюого барабана при вологій атмосфері та куту обхвата 180 можна прийняти  $e^{\mu\alpha} = 1,87$ ).

*Визначення тягового зусилля*

Окружне зусилля на приводному барабані визначається за формулою

$$F_t = (S_4 - S_1) + 0.03(S_4 + S_1) = (17764 - 16201) + 0.03(17764 + 16201) = 544 \quad (3.14)$$

*Перевірка стрічки на міцність*

Необхідна кількість прокладок стрічки визначається за формулою

$$i = \frac{S_{max} \cdot n}{K_p \cdot B} = \frac{17764 \cdot 8}{55 \cdot 500} = 5,1 \quad (3.15)$$

Залишаємо 5 прокладок.

$$S_{4_{max}} = S_4$$

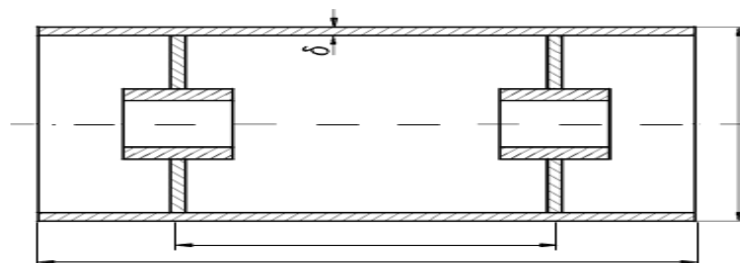
$$K_p = 55 \text{ Н/мм}$$

де  $S_{max}$  - максимальний натяг стрічки, Н;  $n$  - коефіцієнт запасу міцності стрічки;  $K_p$  - міцність тягової прокладки, Н / мм;  $B$  - ширина стрічки, мм..

Значення  $n$  для гумовотканинних стрічок загального призначення  $n = 8-10$ . Менші значення - при куті нахилу конвеєра  $10^\circ$  великі - при  $> 10^\circ$

Якщо попередньо прийняте число прокладок ( $i = 5$ ) виявляється

недостатнім, то його збільшують (для обраної вище стрічки  $i_{max} = 8$ ), або приймають стрічку з більш міцними прокладками, що мають  $K_p = 100, 150$  або  $200 \text{ Н / мм}$ .



*Рис. 3.2 Привідний барабан*

Діаметр приводного барабана  $D$  визначають залежно від числа прокладок стрічки

$$D = ai \geq D_{\min}$$

$a$  - коефіцієнт, що залежить від міцності тканини.

Таблиця 3.2

кр, Н/мм	55	100	150	200
a	125–130	150–180	160–200	200–220

$$a = 125$$

$$D = 5 \cdot 125 = 625 \text{ мм} \quad (3.16)$$

На підставі аналізу чинних аналогічних установок, конвеєри різної ширини мають такі мінімальні значення діаметрів приводних барабанів  $D_{\min}$

Таблиця 3.3

Ширина стрічки B, мм							
$D_{\min}$ , мм	400	400	400	500	500	630	

$$B \text{ ширина} = 500 \text{ мм}$$

$$D \text{ барабана} = 630 \text{ мм}$$

Згідно з ГОСТ 22644-77.

Товщину обода барабану можна прийняти рівною:

$$\delta = 0,005 \cdot D + 4 \text{ мм} = 0,005 \cdot 630 + 4 = 7,15 \text{ мм} \quad (3.17)$$

Довжина барабану вибирається залежно від ширини стрічки

Таблиця 3.4

D, мм	300	400	500	650	800	1000	1200
L, мм	400	500	600	750	950	1150	1400

Довжину барабану приймаємо:  $L=600$ мм

Орієнтовна маса  $Q_6$  приводних барабанів у кг:

Таблиця 3.5

Диаметр D, мм	Длина барабана L, мм						
	400	500	600	750	950	1150	1400
400	42	49	57	69	84	100	120
500	64	74	85	100	121	140	167
650	91	106	119	140	167	195	229
800	127	146	167	194	233	273	322
1000	171	198	225	264	318	371	438

Згідно з таблицями маса барабану  $Q_6 = 119$  кг

## Розробляємо конструкцію вала

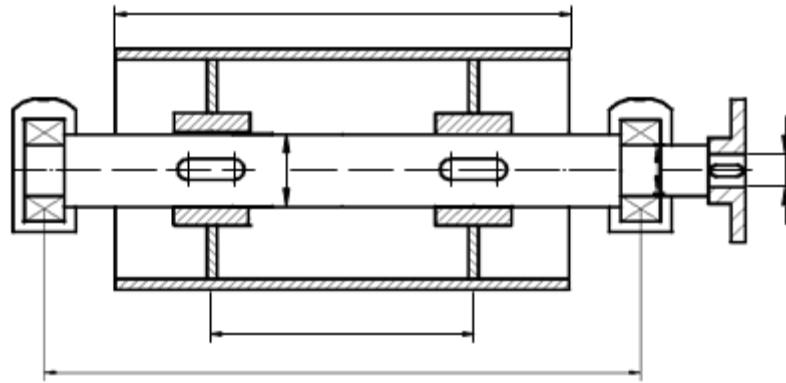


Рис.3.3 Конструкція вала

За розрахованою величиною оцінюють середній діаметр вала приводного барабана, наприклад, діаметр вала в місці посадки підшипника  $d_p$  ( $d_p$  слід округлити до величини, кратної 5).

Таблиця 3.6

L, мм	400	500	600	750	950	1150	1400
A, мм	630	730	850	1000	1260	1500	1750

Для нашого приводу:  $L_{\text{барабану}}=600\text{мм}$ ,  $A_{\text{барабану}}=850\text{мм}$  – відстань між опорами вала.

Проводять перевірочний розрахунок вала на міцність.

$$F_{\sigma} = \frac{G_{\delta}}{2} + \frac{S_4 + S_1}{2} \cdot \sin \beta \quad (3.18)$$

$$F_{\tau} = \frac{S_4 + S_1}{2} \cdot \cos \beta \quad (3.19)$$

$$G_{\delta} = 9,8Q_{\delta} = 9,8 \cdot 119 = 1166 \quad (3.20)$$

$Q_{\delta}$  – маса барабану

$$F_{\sigma} = \frac{1166}{2} + \frac{17764+16201}{2} \cdot \sin 15^{\circ} = 4546,9 \quad (3.21)$$

$$F_{\tau} = \frac{17764+16201}{2} \cdot \cos 15^{\circ} = 16403,8 \quad (3.22)$$

При монтажі на рамі конвеєра окремо розташованих корпусів підшипників має місце порушення їх співвісності і перекіс вала. Тому необхідно приймати кулькові або роликові радіальні дворядні сферичні підшипники.

Вибір і розрахунок муфт

З'єднання валів електродвигуна і редуктора проводиться зазвичай упрugoю муфтою, наприклад, пружною втулочно-пальцевою, а валів редуктора і барабана за допомогою ланцюгової або зубчастої муфти.

Проектування натяжної станції

Визначення величини ходу натягача

Величина ходу  $X$  натягача залежить від кута нахилу конвеєра

$$\beta \leq 10^\circ \quad X \approx 0.03L$$

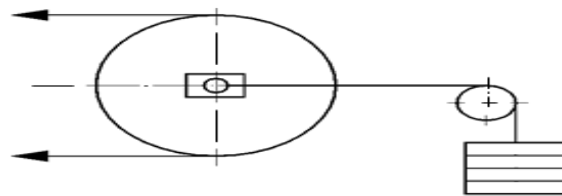
$$\beta > 10^\circ \quad X \approx 0.02L$$

$L$ - довжина конвеєра в метрах

Для мого конвеєра:

$$\beta > 10^\circ \quad X \approx 0.02 \cdot 100 = 2 \quad (3.23)$$

Визначення параметрів вантажного натягача



Вибирають схему пристрою

Рис.3.4 Натягач

$$Q_{гр} = \frac{S_2 + S_3 + T}{\eta_{бл.п.} \cdot g} = \frac{27450 + 28924 + 150}{0.94 \cdot 9.8} = 6136 \quad (3.24)$$

## 3.2. Розрахунок пневмоприводу поворотного стола

### 3.2.1 Розрахунок динамічних характеристик гідроприводів

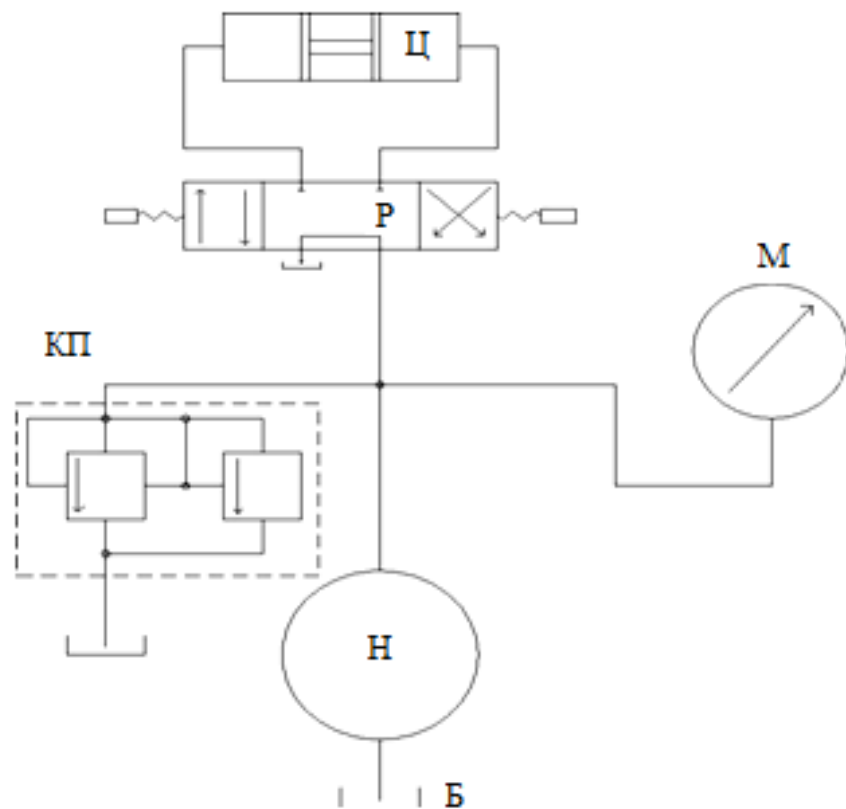
Гідравлічні приводи відрізняються високою швидкістю, яка досягається оптимальним поєднанням параметрів. Проблеми швидкості дії, точності та якості перехідних процесів, а також динамічної стійкості вирішуються шляхом динамічних розрахунків. Останні можуть здійснюватись аналітичним шляхом у випадку використання компактних, а іноді й спрощених, математичних моделей з урахуванням деяких нелінійностей або шляхом імітаційних досліджень математичної моделі на електронних обчислювальних машинах.

У будь-якому випадку базою для розрахунку чи імітаційного дослідження є раціонально складена математична модель гідроприводу – динамічного об'єкта.

### 3.2.2. Формування математичних моделей ГП

Фізична природа більшості елементів ГП така, що їх статичні характеристики нелінійні. Це приводить до того, що математичні моделі динамічних процесів в ГП також нелінійні.

системи);



**Рисунок 3.2** схема гідравлічна  
принципова

**Ц-циліндр, Р-гідророзподілювач, М-манометр, КП-Н-пластинчастий насос, Б-бак.**

Робота гідропривода.

Гідравлічний привід забезпечує пересування телескопічного стола вправо і



вліво. Пластинчастий насос Н подає масло до гідророзподільювача Р по засобам напорної гідролінії.

Насос розгалужений на бак через розподільювач Р при виключених електромагнітах.

Робочий тиск ( $p=2,5$  МПа) в гідросистемі наструюється запобіжним клапаном і контролюється по манометру М.

При включенні електромагніта і ЭМ 1 розподільювача Р, масло від насоса поступає в праву порожнину гідроциліндра Ц, а із лівої порожнини витісняється на злив.

Відбувається рух стола вліво.

При включенні електромагніта ЭМ 2, масло від насоса поступає в ліву порожнину гідроциліндра кома а із правої на злив.

Відбувається рух стола вправо.

### **3.2.4 Вибір робочої рідини**

В гідроприводах машин в якості робочої рідини застосовують мінеральні масла.

По заданому значенню кінематичної в'язкості  $V_{50} = 25$  сСт вибираємо масло турбінне ВНІІ НП-403, що має наступні характеристики:

-Кінематична в'язкість у 50 , сСт	25
-Кінематична в'язкість $\nu_{10}$ , сСт	900
-Щільність кг/м <sup>3</sup>	900

### **3.3.3 Розрахунок виконавчих двигунів**

Розрахунок і вибір гідроциліндра.

Визначаємо конструктивні параметри гідроциліндра. Діаметр поршня гідроциліндра.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}} \cdot K,$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 16.2 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 2.5 \cdot 10^6}} \cdot 1,1 = 0,1 \text{ м},$$

де К - Розрахунковий коефіцієнт  $K = 1.05 \dots 1,1$ .

Приймаємо по ГОСТ 12.447-80  $d = 100 \text{ мм}$ .

Площа поршня:

$$A_1 = \frac{\pi d^2}{4},$$

$$A_1 = \frac{3.14 \cdot 0,1^2}{4} = 7.85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Площа поршня в штоковій порожнині:

$$A_2 = \frac{A_1}{\varphi},$$

де  $\varphi$  - Конструктивний коефіцієнт,  $\varphi = 1,25$ .

$$A_2 = \frac{7.85 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 6.28 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

Діаметр штоку:

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{4 \cdot (A_1 - A_2)}{\pi}},$$

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{4 \cdot (7.85 \cdot 10^{-3} - 6.28 \cdot 10^{-3})}{3.14}} = 0.045 \text{ м}$$

Вибираємо гідроциліндр П1 - 100 х 45 х 152 з двостороннім штоком, що має наступні технологічні характеристики:

-Робочий тиск, МПа	2,5
-Геометричні розміри, мм А x D x Н	100x45x152
-Номінальні витрати, дм <sup>3</sup> /хв	160
-Витоки, см <sup>3</sup> /хв не більше	63
-Маса, кг	60

Витрати рідини на живлення гідроциліндра:

$$Q = v \cdot A_1,$$

$$Q = 0.017 \cdot 7.85 \cdot 10^{-3} = 0.131 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} = 7,84 \text{ дм}^3 / \text{мин}$$

Витрати рідини в зливній гідролінії:

$$Q = v \cdot A_2,$$

$$Q = 0.017 \cdot 6.28 \cdot 10^{-3} = 0.107 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} = 6.4 \text{ дм}^3 / \text{мин}$$

### 3.3.4 Розрахунок трубопроводів

Розрахунок діаметрів трубопроводів.

Згідно з рекомендаціями кома СЭВ РС 3644-72 регламентуються швидкості потоків в трубопроводах:

-В напорній гідролінії при P=6,3 МПа	[V1] = 2 м /с;
-В зливній гідролінії	[V2] = 2 м /с;
-У всмоктуючому трубопроводі	[V3]=1,6м/с.

Внутрішні діаметри трубопроводів

$$d = 4.6 \sqrt{\frac{Q}{[V]}}$$

Розбиваємо гідропривід на участки кома показані на схемі. Розглянемо по одному прикладу на участках в в напірній кома зливній і всмоктуючій

гідролініях.

Всмоктуюча гідролінія

$$d = 4.6 \sqrt{\frac{8}{1.6}} = 10.3 \text{ мм}$$

Зливна гідролінія

$$d = 4.6 \sqrt{\frac{8}{2}} = 9.3 \text{ мм}$$

Напірна гідролінія

$$d = 4.6 \sqrt{\frac{8}{2}} = 9.3 \text{ мм.}$$

Товщина стінки трубопроводу

$$\delta = \frac{d_{0-1}}{2\left(\frac{[\sigma]}{P} - 1\right)},$$

де  $[\sigma]$  – Допустиме напруження матеріала трубопроводу

Для сталі 20  $[\sigma] = 140$  МПа.

$$\delta = \frac{9.3}{2\left(\frac{140}{2.5} - 1\right)} = 0.085 \text{ мм,}$$

Враховуючи можливість гідравлічних ударів при включенні гідроапаратури і необхідність нарізання різьби на трубах приймаємо діаметр  $\delta = 2$  мм

З ціллю уніфікації кома вибираємо труби сталеві по ГОСТ 8734-75, що мають наступні параметри:

-Для напірної гідролінії	$d_{нх} \delta = 10 \times 2$
-Для зливної гідролінії	$d_{нх} \delta = 10 \times 2$
-Для всмоктуючого трубопровода	$d_{нх} \delta = 11 \times 2$

Визначення довжини трубопроводів.

Довжини трубопровода визначаються на основі складальних креслень машини кома так як в завданні немає цих даних кома то довжинами трубопроводів займемся самостійно.

Приймаємо довжини трубопроводів у відповідності з учасниками

-Напірна ,м	3
-Зливна,м	2,8

### 3.3.5 Вибір розподільчої і регулюючої гідроапаратури

Вибір розподільника.

Гідророзподільник повинен забезпечувати розділення потоків з витратами  $Q = 40$  дм<sup>3</sup>/хв при тиску  $p = 2,5$  МПа.

Вибираємо гідророзподільник Р102, що має наступні технічні характеристики :

-умовний прохід,мм	10
-витрати масла	
номінальні	40
максимальні	75
-номінальний тиск, МПа	20
-втрата тиску при номінальних витратах, МПа	1,0
-максимальне зусилля управління на рукоятці,Н	20
-маса,кг	5,7

### 3.3.6 Вибір допоміжної гідроапаратури

Вибір запобіжного клапана.

Клапан повинен забезпечувати захист гідросистеми від перевантажень з тиском  $P=2,5$  МПа , і витратами  $Q = 72$  дм<sup>3</sup>/мин.

Вибираємо клапан ПГ 52-22, чи має наступні технічні характеристики:

-умовний прохід ,мм	10
-витрати масла дм <sup>3</sup> /хв	
номінальні	20
максимальні	
мінімальні	1
-тиск настройки ,МПа	0,3-6,3
-маса, кг	2,5

Вибір манометра.

Манометр повинен забезпечувати контроль тиску в діапазоні робочих тисків гідросистеми.

Вибираємо манометр по ГОСТ 8625-77, що має наступні технічні характеристики:

-верхня межа виміру ,МПа	40
-клас точності	2,5
-діаметр корпусу,мм	60

### 3.3.7 Розрахунок втрат тисків в гідролініях

Коефіцієнти місцевих супротивів гідро апаратів розраховані за формулою:

$$\xi = \frac{\pi^2 \cdot d_y^4 \cdot \Delta p}{8 \cdot Q_n^2 \cdot \rho},$$

де  $d_y$  – діаметр умовного проходу, мм;

$\Delta p$  – втрати тиску в гідроапаратах при номінальних витратах , МПа;

$Q_n$  – номінальні витрати , м3/с

Коефіцієнт місцевого супротиву гідророзподільника

$$\xi = \frac{3.14^2 \cdot 0.01^4 \cdot 1 \cdot 10^6}{8 \cdot \left(\frac{40}{60} \cdot 10^{-3}\right)^2 \cdot 900} = 28$$

Швидкість потоків в гідролініях

Швидкість в напірній гідролінії;

$$v = \frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot d^2},$$

$$v = \frac{4 \cdot 0,131 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 0,0093^2} = 2 \text{ м / с}$$

Швидкість зливній гідролінії

$$v = \frac{4 \cdot Q_2}{\pi \cdot d^2},$$

$$v = \frac{4 \cdot 0,107 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,0093^2} = 1,6 \text{ м/с}$$

Втрати тиску при мінімальній температурі

$t_{\min} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\nu_{10} = 300 \text{ сСт}$ . Втрати в

напірній гідролінії

Втрати тиску розраховуємо по певному контуру:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu_{10}} < 2320,$$

$$Re = \frac{2 \cdot 0,0093}{300 \cdot 10^{-6}} = 62 < 2320$$

Режим руху рідини - ламінарний.

Коефіцієнт гідравлічного тертя:

$$\lambda = \frac{75}{Re_1},$$

$$\lambda = \frac{75}{62} = 1,2$$

$$\Delta p = \left( \lambda \frac{1}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{v^2}{2} \rho,$$

$$\Delta p = \left( 1,2 \frac{3}{0,0093} + 36 \right) \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 900 = 0,076 \text{ МПа}$$

Втрати тиску:

Втрати в зливній гідролінії:

$$Re = \frac{1,6 \cdot 0,0093}{300 \cdot 10^{-6}} = 49,6 < 2320$$

Режим руху рідини- ламінарний.

Коефіцієнт гідравлічного тертя:

$$\lambda = \frac{75}{49.6} = 1.5$$

Втрати тиску:

$$\Delta p = \left( 1.5 \frac{2.8}{0.0093} + 1 \right) \cdot \frac{1.6^2}{2} \cdot 900 = 0,52 \text{ МПа}$$

Втрати тиску при робочій температурі:

$t_{\text{раб}} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\nu_{50} = 30 \text{ сСт}$ . Втрати в напірній гідролінії:

$$Re = \frac{2 \cdot 0,0093}{30 \cdot 10^{-6}} = 620 < 2320$$

Режим руху рідини- ламінарний.

Коефіцієнт гідравлічного тертя:

$$\lambda = \frac{75}{620} = 0.12$$

Втрати тиску:

$$\Delta p = \left( 0,12 \frac{3}{0,0093} + 36 \right) \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 900 = 0,135 \text{ МПа}$$

Втрати в зливній гідролінії:

$$Re = \frac{1.6 \cdot 0,0093}{30 \cdot 10^{-6}} = 496 < 2320$$

Режим руху рідини- ламінарний.

Коефіцієнт гідравлічного тертя.

$$\lambda = \frac{75}{496} = 0,15$$



Втрати тиску.

$$\Delta p = \left( 0,15 \frac{2,8}{0,0093} + 1 \right) \cdot \frac{1,6^2}{2} \cdot 900 = 0,053 \text{ МПа}$$

### 3.3.8. Розрахунок і вибір насоса

Технічні вимоги до насосів.

Тиск в поршневій порожнині гідроциліндра.

$$p_1 = \frac{F + \Delta p_2 \cdot A_2}{A_1},$$

$$p_1 = \frac{16200 + 0,053 \cdot 10^6 \cdot 6,28 \cdot 10^{-3}}{7,85 \cdot 10^{-3}} = 2,1 \text{ МПа}$$

Необхідний тиск насосу.

$$p = p_1 + \Delta p,$$

$$p = 2,1 + 0,135 = 2,235 \text{ МПа}$$

Необхідна подача насосу.

$$Q = \frac{Q_1}{\eta_0},$$

де  $\eta_0$  — Об'ємний ККД гідропривода, що враховує витоки рідини в регулюючій гідроапаратурі і трубопроводах  $\eta_0 = 0,98$ .

$$Q = \frac{7,84}{0,98} = 8 \text{ дм}^3 / \text{мин},$$

Вибір насоса.

Вибираємо насос пластинчастий нерегульований Г 12-31М, що має наступні технічні характеристики:

	об'єм,	см <sup>3</sup>
-Робочий 12,5		
-Подача дм <sup>3</sup> \хв		8
-Тиск на виході насосу, МПа номінальний		6,3
граничний		7
-Частота обертання хв-1 номінальна	960	
максимальна	1450	
мінімальна	600	
-Номінальна потужність, кВт	1,6	
-ККП		
об'ємний	0,78	
повний	0,6	
-Ресурс ч. не менше	7000	
-Маса, кг	9,5	

### 3.4 Характеристики міцності

#### 3.4.1 Перевірка барабану на міцність

Товщина стінки барабану визначається по емпіричній формулі:

$$\delta = 0.95 \frac{S_{MAX}}{t \cdot [G]_c},$$

де S MAX - Максимальний натяг канату,Н

$[G]_c$  - Допустимий натяг на стиснення для Сталі 35 Л  
 $[G]_c = 137$  МПа;

t –Крок нарізки барабану

$$\delta = 0.95 \frac{20635}{0.0165 \cdot 137 \cdot 10^6} = 0.009 \text{ м} = 9 \text{ мм}$$

Перевірка на стиснення

$$\sigma_c = \frac{S_{\text{MAX}}}{\delta t} \leq [\sigma]_c,$$

$$\sigma_c = \frac{20635}{0.0165 \cdot 0.009} = 135 \text{ МПа} \leq 137 \text{ МПа}$$

Перевірка виконується.

### 3.4.2 Перевірка вісі барабану на міцність і підбір опорних підшипників.

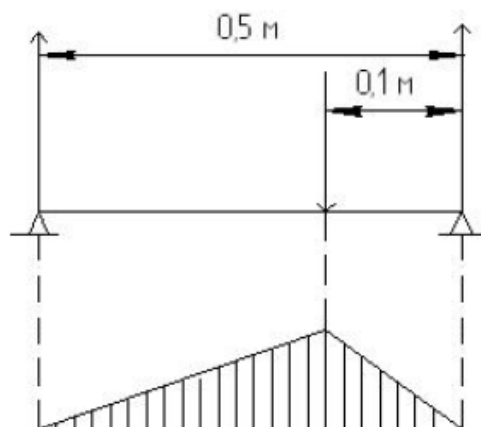
Розробляємо розрахункову схему нагрзуки барабану (рисунок 3.2) Сума

моментів відносно точки А

$$\sum M_A = S \cdot 0.49 - B \cdot 0.59 = 0,$$

$$B = \frac{0.49S}{0.59},$$

$$B = \frac{0.49 \cdot 20635}{0.59} = 17137.6 \text{ Н}$$



Реакція в опорі В,Н;

**Рис. 3.2 – Схема навантажень на вісь барабану**

Реакція в опорі А,Н

$$A = S - B,$$

$$A = 20635 - 17137.6 = 3497.4 \text{ Н}$$

Напруження згину в небезпечному перетині валу

$$\sigma = \frac{M_{\text{н}}}{W} = \frac{M_{\text{н}}}{0.1 \cdot d^3} \leq [\sigma],$$

де  $M_{\text{н}}$ - Згинаючий момент в небезпечному перетині вісі, Н

$d$  -Діаметр вісі в небезпечному перетині дорівнює

$[\sigma]$ - Допустимий напруг згину для вісі із Сталі 45  $[\sigma] = 610 \text{ МПа}$ .

$$\sigma = \frac{1713.76}{0.1 \cdot 0.06^3} = 79.4 \text{ МПа} \leq 610 \text{ МПа}$$

Так як швидкість обертання барабана мала, опорні підшипники підбираються по допустимій статичній нарузці.

Приймаємо кулькові підшипники 1611у котрих

$$[Q_{\text{ст}} = 28500 \text{ Н}] \geq [B = 16770 \text{ Н}]$$

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В результаті виконання бакалаврської роботи був проведений огляд і аналіз існуючих конструкцій і принципу дії конвеєрів, що використовуються в різних галузях промисловості. Окрема увага приділена конвеєрним пристроям та системам автоматизації складу.

Автоматизація виробничого процесу досягається шляхом використання логістичних систем, що являють собою комбінацію різноманітного устаткування та інших технічних пристроїв, розташованих у технологічній послідовності й об'єднаних засобами транспортування, контролю та управління для виконання часткових процесів виготовлення виробів.

Використовуючи програму SolidWork, було спроектовано та проаналізовано конструкцію роботизованого конвеєра.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаговые двигатели: учеб. Пособие / А.В. Емельянов, А.Н. Шилин / ВолгГТУ.- Волгоград, 2005.-329с
2. Еволюція конвеєра: [http://www.eti.su/articles/over/over\\_227.html](http://www.eti.su/articles/over/over_227.html).
3. Устройство и принцип работы двигателя на постоянных магнитах [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://slarkenergy.ru/oborudovanie/engine/na-postoyannyx-magnitax.html>.
4. Лекція:"Крокові двигуни" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://em.fea.kpi.ua/images/doc\\_stud/distiplini/brem/BREM\\_Lekciya\\_10.pdf](http://em.fea.kpi.ua/images/doc_stud/distiplini/brem/BREM_Lekciya_10.pdf).
5. Арменский Е.В. Фалк Г.Б. Электромеханические устройства автоматики: Учебное пособие / Московский государственный институт электроники и математики. М., 2002.Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2005. – 408 с.
6. Системы управления электроприводами.  
[http://web.kpi.kharkov.ua/auts/wpcontent/uploads/sites/67/2017/02/EMCS\\_Kachanov\\_lectures.pdf](http://web.kpi.kharkov.ua/auts/wpcontent/uploads/sites/67/2017/02/EMCS_Kachanov_lectures.pdf)
7. Корнеев В., Киселев А. Современные микропроцессоры., БХВ-Петербург 2012. 448 с.
8. Розодюк М. П., Козак М. О. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Дослідження крокового двигуна". – Вінниця: ВНТУ, 37 с.
9. Белов М.П. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации / М.П. Белов, О.И. Зементов, А.Е. Козярукидр., под ред. В.А. Новикова, Л.М. Чернигова. М.: Издат. центр «Академия», 2006. 368 с.
10. Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию. М.: Высшая школа, 2000. 180 с.
11. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления / Т. Кенио; пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.

12. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 256 с. ил - (Электроника).
13. Автоматизовані системи управління технологічного процесу в хімічних виробництвах: курс лекцій / Укладач Л.В.Борисова. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – 98 с.
14. Організація виробництва: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів/ Володимир Онищенко, Олександр Редкін, Анатолій Старовірець, Віра Чевганова,. - К.: Лібра, 2005. - 334 с.
15. Конвейеры: Справочник / Р.А. Волков, А.Н. Гнутов, и др. под общ. ред. Ю.А. Пертена. Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1984. 367 с.
16. Конвеєри. Режим доступу: <https://www.3bhungaria.com.ua/conv>
17. 4. Анучин А.С. Системы управления электроприводом: учебник для вузов. М.: Издат. дом МЭИ, 2015. 373 с.
18. Алямовский А.А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. Авторы: Алямовский А.А., Собачкин А. А., Одинцев Е. В., Харитонович А. И., Пономарьев Н. Б, - СПб.: Петербург, 2005.-800с.
19. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
20. Левицкая О. Н. Курс теории механизмов и машин. О. Н. Левицкая, Н. И. Левицкий М “Высшая школа” 1978. 270с.
21. Зенкин, И.В. Петко Допуски и посадки машиностроении: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Техніка. 1984. – 311с., ил. – Библиогр.: с. 311
22. ГОСТ 25142-82 Шероховатость поверхности. Термины и определения.
23. ГОСТ 25347-82 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
24. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation . Как решать практические задачи / Андрей Алямовский. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 448 с.
- Дударева Н.Ю., Загайко С.А. Solid Works 2009 на примерах – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 544 с.