

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Удосконалення конструкції транспортера пневматичною системою для вирівнювання положення стрічки»**

Виконав: студент групи Маш-41

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Ігор НАНІВСЬКИЙ
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

Освітній ступінь «Бакалавр»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри машинобудування

(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“ ” _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Нанівському Ігорю Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення конструкції транспортера пневматичною системою для вирівнювання положення стрічки»

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 25.02.2025 року № 123/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.06.2025 року

3. Вихідні дані: довідкова література, інтернет джерела, технічні характеристики конвеєрів стрічкового типу; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою транспортування вантажів; методики розрахунку та проектування транспортерів; методики визначення економічної ефективності конструктивного удосконалення вузлів та деталей.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз об'єкта проектування.

2. Технологічна частина.

3. Конструктивна частина.

4. Охорона праці.

5. Економічна оцінка роботи.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

Графічні матеріали до кваліфікаційної роботи виконати у вигляді презентації в середовищі Microsoft PowerPoint обсягом 10-12 слайдів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Березовецький С.А. к.т.н., доцент кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 26.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Поз. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу «Аналіз об'єкта проектування»	26.02.2025-14.03.2025	
2.	Виконання другого розділу «Технологічна частина»	17.03.2025-28.03.2025	
3.	Виконання третього розділу «Конструктивна частина»	31.03.2025-11.04.2025	
4.	Виконання розділу «Охорона праці»	14.04.2025-25.04.2025	
5.	Виконання розділу «Економічна частина»	28.05.2025-09.05.2025	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Завершення роботи в цілому	12.05.2025-10.06.2025	

Студент _____ Ігор НАНІВСЬКИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(підпис)

Нанівський І.М. «Удосконалення конструкції транспортера пневматичною системою для вирівнювання положення стрічки» / Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025. 53 с.

У кваліфікаційній роботі досліджено проблему сходження стрічки з осьової траєкторії в стрічкових конвеєрах, які широко використовуються на машинобудівних підприємствах. Проаналізовано чинники, що впливають на стабільність руху стрічки, та здійснено порівняльну оцінку існуючих методів її вирівнювання. З метою підвищення надійності та ефективності роботи конвеєра розроблено конструкцію автоматизованої системи вирівнювання положення стрічки на основі пневмоциліндрів і щілинних датчиків сходження.

Запропоноване технічне рішення дозволяє оперативно реагувати на зміщення стрічки та автоматично повертати її до центрального положення без втручання оператора. Проведено перевірочні інженерні розрахунки вузлів кріплення пневмоциліндрів на міцність, побудовано принципову пневмосхему та описано логіку взаємодії її елементів. Оцінено економічну ефективність впровадження системи, яка забезпечує зниження експлуатаційних витрат і зменшення простоїв обладнання. Надано рекомендації щодо охорони праці під час експлуатації пневматичних компонентів.

Результати роботи можуть бути використані для модернізації стрічкових транспортерів у виробничих цехах підприємств важкого машинобудування, металургії, аграрного та гірничо-збагачувального секторів.

Табл. 2; рис. 20; бібліогр. джерел – 17.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ	9
1.1. Типи та особливості конвеєрних систем машинобудівних підприємств	9
1.2. Стрічки конвеєрні.....	15
1.3 Роликоопори	17
1.4. Аналіз причин сходження стрічки з конвеєра.....	20
1.5. Існуючі методи вирівнювання стрічки конвеєра	22
1.5.1. Регулювання положення роликоопорних станів.	22
1.5.2. Використання самовирівнювальних роликоопорних станів.	23
1.5.3. Використання напрямних роликів.....	23
1.5.4. Системи автоматичного моніторингу та корекції положення стрічки.....	23
1.5.5. Інші методи вирівнювання	24
1.6. Причини та методи усунення зсуву стрічки конвеєра	26
1.6.1 Основні причини зсуву стрічки.	26
1.6.2 Методика виявлення та усунення дефектів.....	27
1.6.3 Особливості налаштування нової стрічки.	28
1.6.4 Вплив конструктивних особливостей і якості матеріалів.....	28
1.6.5 Профілактика та безпека обслуговування.	28
2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРАМИ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	29
2.1 Актуальні задачі автоматизації стрічкових конвеєрів у машинобудуванні .	29
2.2. Автоматизовані системи вирівнювання стрічки	31
2.2.1. Датчики сходу стрічки конвеєра.....	32
2.2.2. Різновиди датчиків перекоосу конвеєрної стрічки.....	33
2.2.3 Важливість перемикачів сходу стрічки конвеєра	34
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	36
3.1. Опис роботи стрічкового транспортера	36
3.2. Розрахунок болтового з’єднання	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	42

4.1 Правила безпечної експлуатації пневмоциліндрів	42
4.2 Конструкція і безпечна експлуатація запірної арматури	45
4.3 Гасіння пожеж на об'єктах, нафтопереробної та нафтохімічної промисловості	47
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТЕРА.....	50
5.1. Мета економічного обґрунтування.....	50
5.2. Вихідні дані та вартість впровадження системи.....	50
5.3. Витрати на монтаж та введення в експлуатацію.....	50
5.4. Очікувана економічна ефективність	51
5.5. Термін окупності проєкту	51
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55

ВСТУП

Машинобудівний комплекс України відіграє стратегічну роль у забезпеченні технологічного розвитку держави, формуючи основу для стабільного функціонування суміжних галузей, таких як металургія, енергетика, транспорт, агропромисловий і будівельний комплекси. Сучасні тенденції розвитку машинобудування передбачають інтенсивну автоматизацію виробничих процесів, підвищення рівня технічної надійності обладнання, скорочення експлуатаційних витрат та адаптацію технічних засобів до ускладнених умов роботи. Одним із провідних елементів виробничої інфраструктури підприємств є системи транспортування вантажів, серед яких стрічкові конвеєри займають провідне місце завдяки своїй простоті, економічності та здатності забезпечувати високопродуктивне переміщення різномірних матеріалів.

Однак експлуатація стрічкових конвеєрів супроводжується низкою технічних ускладнень, що негативно впливають на ефективність їх роботи. Однією з найбільш поширених і технологічно складних проблем є явище сходження стрічки з осової траси руху. Відхилення стрічки від центрального положення призводить до суттєвого збільшення навантажень на конструктивні елементи конвеєра, прискорення зносу роликоопорних станів і самої стрічки, підвищення ймовірності аварійних зупинок, збільшення витрат на технічне обслуговування та зниження загальної експлуатаційної надійності системи транспортування.

Причин сходження стрічки існує багато, серед яких основними є асиметричне навантаження, неточності при монтажі роликоопорних станів, деформації несучих конструкцій, нерівномірний знос стрічкового полотна, а також несприятливі експлуатаційні умови (надмірна запиленість, вібрації, вплив вологи та різкі температурні коливання). Існуючі технічні рішення, спрямовані на вирівнювання стрічки - зокрема, використання самовирівнювальних роликоопор, напрямних роликів, систем автоматичного

контролю траєкторії - лише частково вирішують проблему і часто потребують регулярного обслуговування або не забезпечують достатньої стабільності при роботі в агресивних або динамічно змінних умовах.

У зв'язку з цим актуальним є завдання наукового обґрунтування та розроблення удосконалених конструкційних рішень, спрямованих на підвищення стабільності руху стрічки без надмірного ускладнення конструкції конвеєра і без істотного зростання витрат на технічне обслуговування. Реалізація таких технічних заходів дозволить не лише оптимізувати експлуатаційні характеристики стрічкових транспортерів, а й сприятиме підвищенню загальної ефективності виробничих процесів машинобудівних підприємств України.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

1.1. Типи та особливості конвеєрних систем машинобудівних підприємств

Конвеєрні системи є невід'ємною складовою транспортно-логістичної інфраструктури сучасних машинобудівних підприємств. Їх використання дозволяє забезпечити безперервність виробничих процесів, підвищити загальну ефективність транспортування заготовок, деталей, вузлів і готової продукції, знизити трудомісткість внутрішньозаводських перевезень і оптимізувати просторову організацію виробництва.

На машинобудівних підприємствах застосовуються різні типи конвеєрів, вибір яких залежить від особливостей технологічних процесів, фізико-механічних характеристик транспортованих вантажів та умов експлуатації [2].

Стрічкові конвеєри є найбільш розповсюдженим видом безперервних транспортних систем завдяки поєднанню високої продуктивності, значної довжини транспортування, конструктивної простоти, надійності та зручності в експлуатації. Зазначене обладнання широко застосовується для переміщення сипких і штучних вантажів у різних секторах промисловості та сільського господарства, зокрема при видобутку корисних копалин, у металургійній галузі, на складських об'єктах і в портових терміналах, де воно виконує функції компонентів вантажно-розвантажувальних систем та технологічного устаткування.

Конвеєри стрічкового типу характеризуються стабільною високою продуктивністю, яка зберігається незалежно від довжини транспортувального маршруту, за швидкості переміщення вантажу до 6,3 м/с. Так, наприклад, стрічкові транспортні системи, що використовуються на відкритих вугільних розрізах, здатні переміщувати до 30 000 тонн породи за годину, забезпечуючи завантаження до десяти залізничних вагонів за одну хвилину.



Рис. 1.1 - Класифікація транспортувальних машин

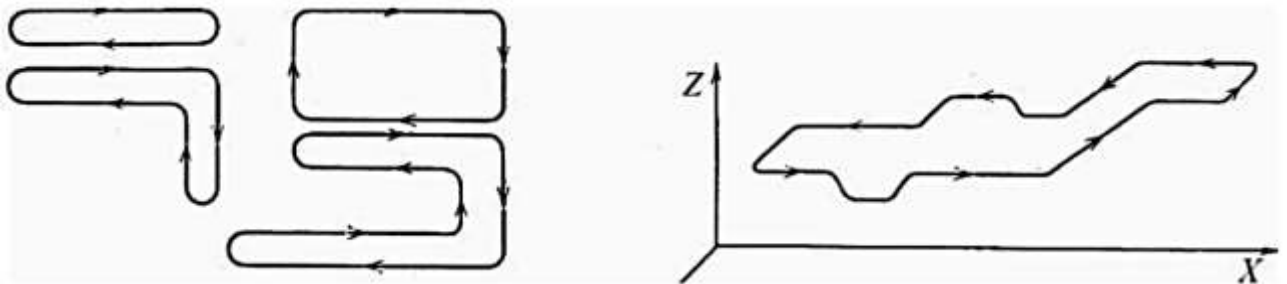


Рис. 1.2 - Схеми трас переміщення вантажів

Стрічкові конвеєри (рис. 1.3) належать до категорії машин безперервної дії, конструктивною основою яких є замкнене стрічкове полотно, що охоплює два кінцевих барабани - приводний та натяжний. Приводний барабан забезпечує фрикційне зчеплення зі стрічкою для реалізації поступального руху, тоді як натяжний барабан виконує функцію стабілізації натягу. Переміщення вантажу відбувається по верхній гілці стрічки, яка є робочою (вантажонесучою), у той час як нижня гілка виконує функцію зворотного ходу і є неробочою (холостою).

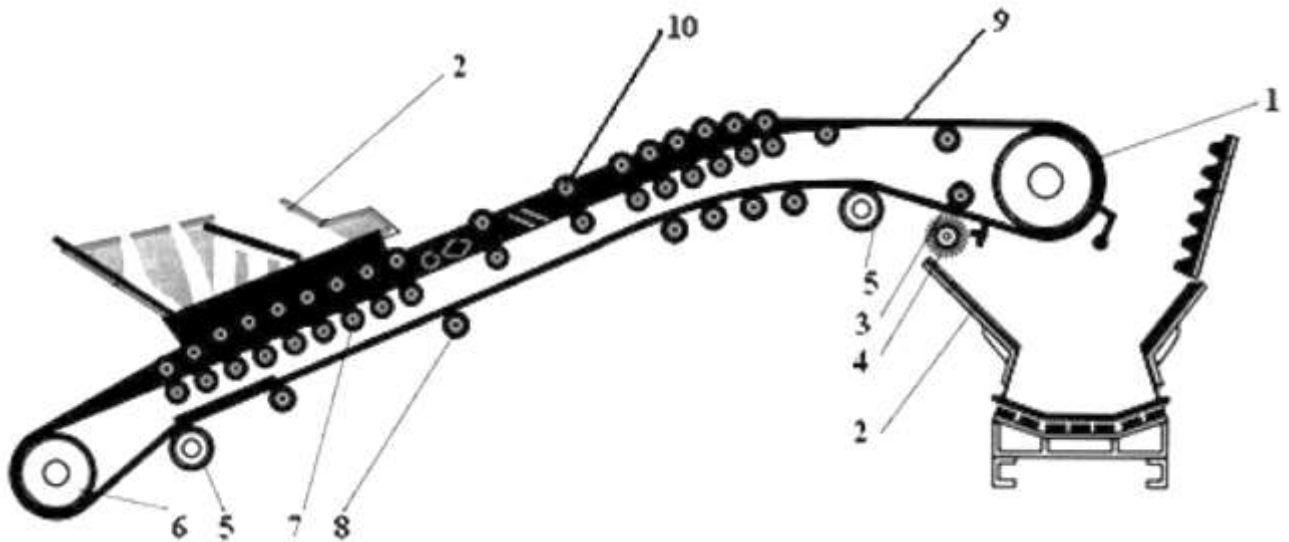


Рис. 1.3 - Схема стрічкового конвеєра: 1 – барабан приводний; 2 – лоток завантажувальний ; 3 – ролик притискний; 4 – ролик очисний; 5 – барабан відхиляючий; 6 – барабан кінцевий; 7 – роликоопори амортизуючі; 8 – роликоопори нижні; 9 – стрічка; 10 – роликоопори верхні.

На всій довжині конвеєрної траси стрічка підтримується системою роликів опор, які, залежно від конструктивного виконання, можуть формувати плоский або жолобчастий профіль транспортної поверхні. Попереднє натягнення стрічки здійснюється за допомогою спеціального натяжного пристрою. Процес завантаження здійснюється через одне або кілька завантажувальних вузлів, а розвантаження вантажу відбувається або на кінцевому барабані в приймальний бункер, або в будь-якому проміжному пункті з використанням вивантажувальних пристроїв. Для забезпечення належного функціонування конвеєра передбачені системи очищення стрічки від залишків транспортованих матеріалів [2].

Серед основних переваг стрічкових конвеєрів слід відзначити конструкційну простоту, високу продуктивність при значних швидкостях руху стрічки, здатність до реалізації складних траєкторій транспортування, велику довжину транспортної траси та надійність в експлуатації. До обмежень належать висока вартість стрічки та опорних елементів (роликів), а також конструктивні труднощі при переміщенні вантажів на трасах з ухилом понад

18–20°. Крім того, ефективність стрічкових конвеєрів знижується при транспортуванні пилоподібних, перегрітих або масивних штучних вантажів.

За конструктивним виконанням і функціональним призначенням стрічкові конвеєри поділяються на конвеєри загального призначення та спеціалізовані, призначені для конкретних галузей промисловості.

Залежно від типу тягового елемента стрічкові конвеєри класифікують на конвеєри з гумотканинною (прогумованою) стрічкою, сталевую стрічкою та дротяною (сітчастою) стрічкою. Найбільш широке застосування у промисловості отримали стрічкові конвеєри з прогумованими стрічками завдяки їхній гнучкості, зносостійкості та універсальності в експлуатації.

Основними видами конвеєрів є:

Стрічкові конвеєри (рис. 1.4) - найбільш поширені системи транспортування, призначені для переміщення навалочних, штучних або пакетованих вантажів. Вони відзначаються простотою конструкції, надійністю, великою довжиною транспортних трас і можливістю роботи у безперервному режимі. Основними елементами стрічкового конвеєра є стрічка (транспортне полотно), привідні та натяжні барабани, роlikоопорні стани, привідна станція та натяжний пристрій.



Рис. 1.4 – Стрічковий конвеєр

Стрічковий конвеєр на повітряній подушці (рис. 1.5) – призначено для транспортування сипких сухих речовин (наприклад, зерно, вугілля, піщані та

щербисті матеріали) в усіх галузях промисловості, особливо у випадках, коли найважливішим є обмеження розповсюдження пилу [1].



Рис. 1.5 - Стрічковий конвеєр на повітряній подушці (*Tramco JETBELT*)

Ланцюгові конвеєри - застосовуються для транспортування важких або габаритних виробів, які не можуть бути переміщені на стрічкових системах через високе навантаження на стрічку або специфічні форми вантажу. Ланцюгові конвеєри характеризуються високою міцністю елементів рухомої системи та здатністю працювати при значних механічних навантаженнях [5].

До ланцюгових конвеєрів відносяться пластинчасті, скребкові, ковшові конвеєри (рис. 1.6) та ін.



Рис. 1.6 - Пластинчатий, скребковий і ковшовий конвеєри

Роликові конвеєри (рольганги) (рис. 1.7) - призначені для транспортування штучних вантажів, зокрема коробок, контейнерів, заготовок і готових виробів. Роликові системи поділяються на приводні й не приводні. Приводні роликові конвеєри мають привід, що обертає ролики, тоді як у не приводних рух вантажу здійснюється за рахунок гравітації або поштовху [3].



Рис. 1.7 - Роликові конвеєри (рольганги)

Вібраційні (коливальні) конвеєри (рис. 1.8) - забезпечують переміщення сипких або дрібних штучних матеріалів за рахунок періодичних коливань транспортної поверхні. Використовуються у виробничих процесах, де необхідно одночасно транспортувати та сортувати матеріали [6, 8].



Рис. 1.8 - Вібраційний (коливальний) конвеєр: 1 – нерухома рама; 2 – привод; 3 – жолоб; 4 – пружний елемент.

Основні технічні характеристики конвеєрів, що використовуються на машинобудівних підприємствах, включають: продуктивність транспортування (тонн/год або виробів/год); швидкість руху вантажу або стрічки (м/с); максимальна довжина транспортної лінії (до кількох сотень метрів для стрічкових конвеєрів); ширина стрічки або робочої поверхні (від 300 мм до

2000 мм і більше); допустиме навантаження на транспортний елемент (від 10 кг для легких роликових конвеєрів до кількох тонн для важких ланцюгових систем); радіус повороту (для криволінійних конвеєрів); кут нахилу траси транспортування (до 20° для стрічкових конвеєрів без застосування спеціальних засобів фіксації вантажу).

У процесі експлуатації конвеєрних систем особливу увагу приділяють таким параметрам, як зносостійкість стрічки або ланцюга, стабільність натягу транспортного елементу, рівномірність навантаження по ширині транспортної системи та стійкість до впливу агресивних середовищ (пилу, вологи, перепадів температур) [6].

З огляду на інтенсивність використання конвеєрів у виробничих умовах машинобудівних підприємств, актуальним є питання підвищення надійності їх роботи, зниження частоти виникнення експлуатаційних відмов і забезпечення стабільності руху вантажу по всій довжині транспортної траси. Одним із ключових аспектів технічного удосконалення конвеєрних систем є розробка та впровадження ефективних методів вирівнювання стрічки для мінімізації ризику її сходження з траси.

1.2. Стрічки конвеєрні

Конвеєрна стрічка виконує функцію замкнутого тягового елемента, призначеного для транспортування сипких або штучних вантажів. Її конструктивне виконання забезпечує безперервність переміщення матеріалів у замкнутому циклі. Структурне різноманіття можливих варіантів конструкції конвеєрних стрічок представлено на рис. 1.9.

Конвеєрні стрічки повинні відповідати ряду експлуатаційних вимог, серед яких основними є достатній рівень пластичності, механічна стійкість до навантажень та відносно мала маса. За функціональним призначенням вони класифікуються на стрічки загального призначення та спеціалізовані. До останніх належать вогнестійкі, діелектричні, теплостійкі, морозостійкі та високопластичні варіанти [9].

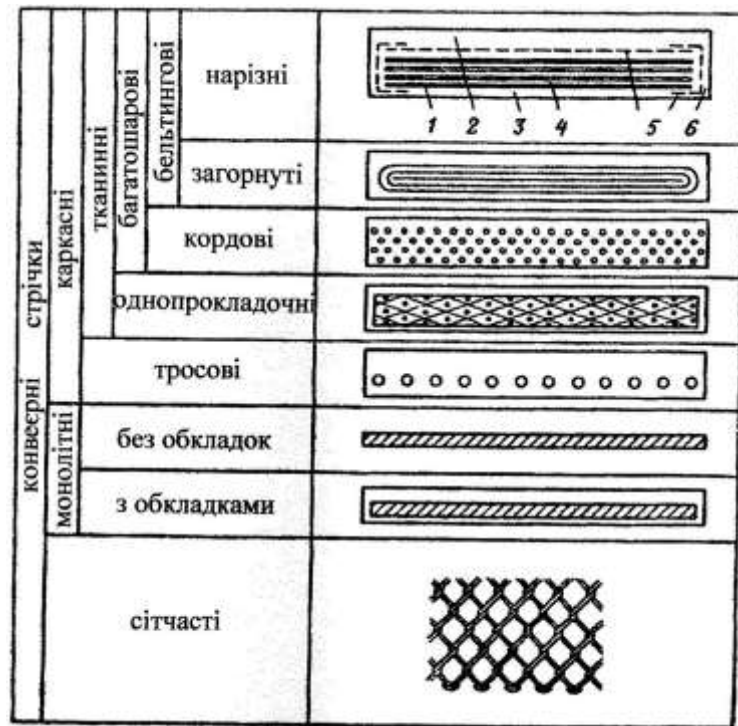


Рис. 1.9 – Основні конструкції конвеєрних стрічок

Тросові конвеєрні стрічки являють собою багатокомпонентну конструкцію, основою якої є кілька сталевих тросів, що переплітаються між собою з метою рівномірного розподілу навантаження по всій ширині транспортного полотна. У ряді випадків додатково використовується армування тканиною для підвищення механічної міцності. Завдяки такій структурі тросові стрічки характеризуються високою стійкістю до динамічних навантажень та здатністю ефективно протидіяти ударним впливам.

Краї (борти) тросових стрічок обплітаються окремим сталевим тросом, що істотно підвищує їхню зносостійкість і знижує ймовірність проковзування під час експлуатації. Водночас такі стрічки мають і певні експлуатаційні обмеження, зокрема значну масу, великі габаритні розміри, а також тривалий період зупинки при гальмуванні, що обумовлено високою інерційністю. Матеріалом виготовлення основних елементів конструкції є сталевий дріт, що забезпечує необхідний рівень міцності та надійності під час роботи в умовах інтенсивного навантаження [9].

Відповідно до технологічних вимог транспортування застосовуються різні типи стрічок. Зокрема, тканинні нарізні стрічки призначені для

забезпечення захисту від механічних пошкоджень та сприяння пропусканню вологи. Їхня конструкція включає прокладки, між якими розміщується шар гуми, що виконує функцію амортизації; для підвищення міцності часто використовуються брикетні тканинні шари.

Первинно як матеріал прокладок застосовувалася бавовна, однак з розвитком синтетичної промисловості перевагу надають синтетичним волокнам. Для покращення характеристик стрічок використовують комбіновані тканини, в яких основа виготовлена із синтетичних ниток, а армування - з натуральних бавовняних волокон.

Стрічки з текстильною прокладкою мають підвищену стійкість до механічного зношування. У випадках, коли необхідна додаткова ударо- та зносостійкість, використовуються кордово-каркасні стрічки. Вони складаються з системи шнурів (кордів), що переплітаються тонкими нитками, мають вищу міцність порівняно з тканинними аналогами, проте відзначаються складнішою технологією виготовлення [9].

Однопрокладкові стрічки складаються з одного шару кордів, укріпленого поперечним переплетенням або, у спеціальних випадках, товстою тканиною. Їх основними перевагами є висока міцність, зносостійкість крайок та здатність ефективно компенсувати ударні навантаження.

1.3 Роликоопори

Роликоопори є невід'ємними конструктивними елементами стрічкових конвеєрів, основне призначення яких полягає в підтримуванні стрічки у робочому положенні, забезпеченні її центрування під час руху, а також формуванні необхідної геометрії траєкторії транспортування [10].

Залежно від функціонального призначення та конструктивного виконання, роликоопори поділяються на дві основні групи: рядові та спеціальні.

Рядові роликоопори слугують для безпосередньої підтримки стрічки та формування її поперечного профілю відповідно до вимог конкретної ділянки

транспортної магістралі (рис. 1.10, а–в). Вони забезпечують стабільність положення стрічки під навантаженням і сприяють зниженню деформацій полотна.

Спеціальні роликоопори мають розширений функціонал. До них належать: центруючі роликоопори, які забезпечують автоматичне виправлення відхилень стрічки від осі конвеєра (рис. 1.10, г–з); ударопоглинаючі роликоопори, що зменшують динамічні навантаження від падіння вантажу на стрічку під час завантаження (рис. 1.10, і); очисні роликоопори, призначені для видалення залишків матеріалу зі стрічки та попередження налипання, що може спричинити порушення її центрування та прискорений знос.

Застосування відповідного типу роликоопори у певних зонах конвеєра дозволяє не лише підвищити експлуатаційну надійність, а й зменшити знос стрічки, знизити енергоспоживання та покращити загальну ефективність транспортувального процесу.

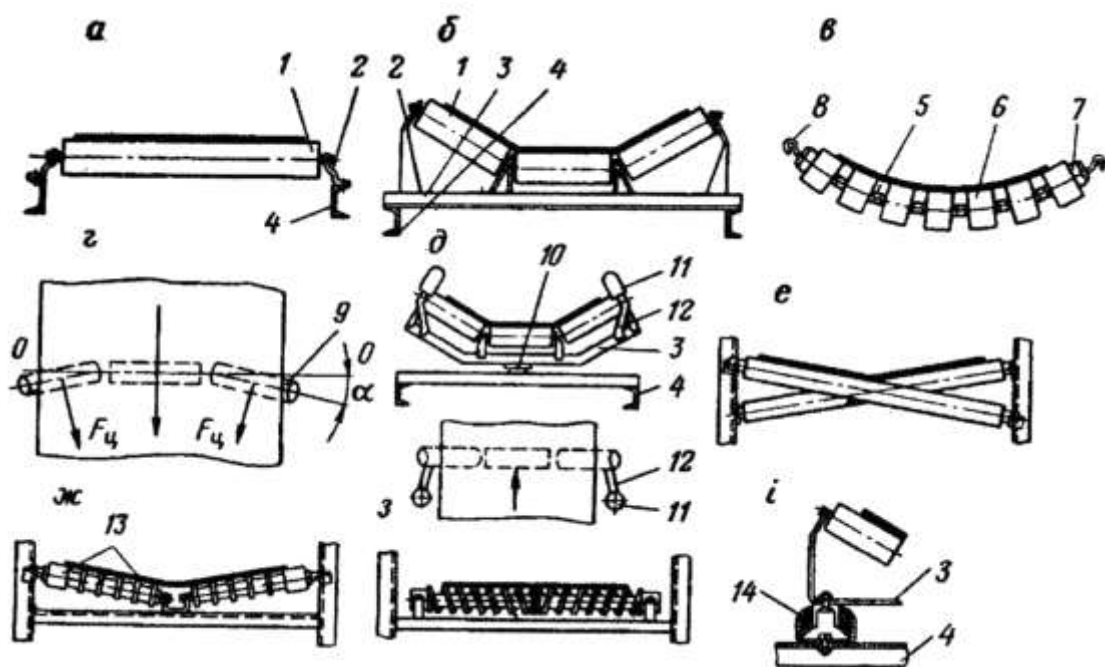


Рис. 1.10 – Схеми роликоопор стрічкових конвеєрів

На рис. 1.10 прийняті наступні позначення: 1, 9, 11 – ролики; 2, 12 – кронштейни; 3 – балка; 4 – рама; 5 – вал; 6, 13 – диски; 7 – підшипниковий вузол; 8 – канатний постав; 10 – вісь опори; 14 – амортизатор.

Класифікація роликоопор стрічкових конвеєрів базується як на їх функціональному призначенні, так і на конструктивних особливостях. Одним із основних критеріїв поділу є кількість роликів у складі опори. За цим параметром розрізняють однороликові, двороликові, трироликові, чотирироликові та п'ятироликові опори.

Найбільш поширеними на машинобудівних підприємствах є однороликові та двороликові опори, які забезпечують ефективне центрування стрічки значної ширини та підвищують жорсткість опорної системи. Це сприяє зменшенню амплітуди коливань стрічки під час її руху, що, у свою чергу, знижує знос стрічки при тривалій експлуатації [12].

За типом кріплення роликоопори поділяють на жорсткі та гнучкі. Жорсткі опори встановлюють на цапфах або осях, тоді як гнучкі - на ланцюгах або канатних підвісах. Ключовим елементом кожної роликоопори є підшипниковий вузол. Залежно від способу його змащення, роликоопори класифікують на такі, що потребують регулярного змащення, або з довготривалим заставним мастилом [1].

Трироликові опори, які формують лоткову форму стрічки (рис. 1.10, г), належать до жорстких конструкцій. Вони мають бокові ролики, які встановлюються під певним кутом до осі конвеєра. В результаті взаємодії між стрічкою та роликами виникає сила тертя $F_{\text{ц}}$, що сприяє автоматичному центруванню стрічки.

Якщо роликоопора може обертатися навколо своєї вертикальної осі, її називають самоцентрувальною (рис. 1.10, д). Центрування в такому випадку здійснюється за рахунок дефлекторних роликів, які створюють боковий тиск на стрічку при її зміщенні [12].

У деяких випадках ролики нижньої гілки встановлюються під кутом до осі руху, що забезпечує формування лоткової геометрії стрічки (рис. 1.10, е-ж), одночасно виконуючи її часткове очищення та центрування. Для цього можуть застосовуватись спеціальні ролики у вигляді подвійних спіралей, навитих у протилежні боки (рис. 1.10, з).

Конструктивне різноманіття роlikоопор значне [11]. Вони можуть відрізнятися між собою конфігурацією підшипникових вузлів, видом ущільнень і способом кріплення (рис. 1.11). Вибір конкретного типу роlikоопори обумовлюється особливостями транспортування, характеристиками вантажу, експлуатаційними умовами та вимогами до ресурсу стрічки.

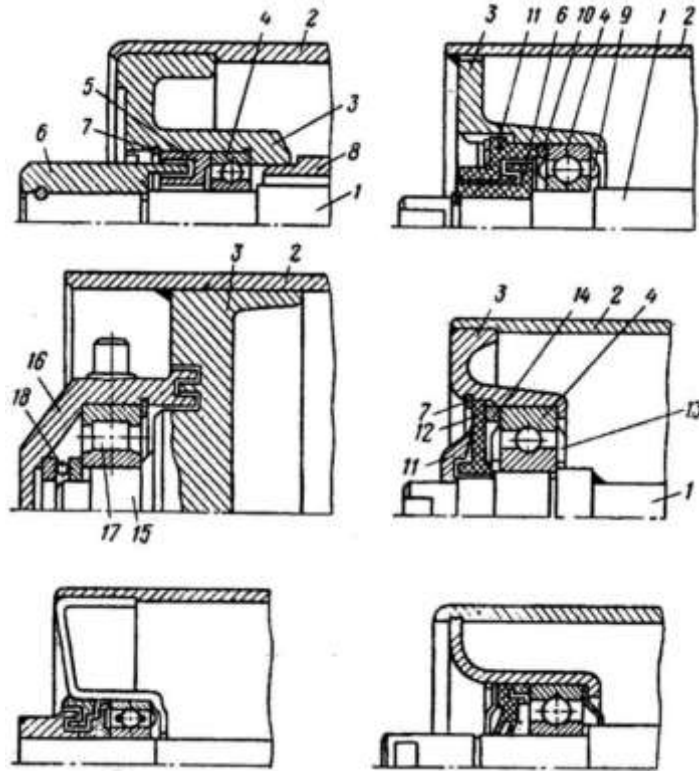


Рис. 1.11 – Конструкції підшипникових вузлів роликів стрічкових опор
 На рисунку прийняті наступні позначення: 1 – вісь; 2, 8 – труби; 3 – стакан; 4, 17, 18 – підшипники; 5, 7, 9, 10, 13, 14 – кільця; 6 – втулка; 11 – кришка; 12 – шайба; 15 – цапфа; 16 – корпус.

Серед проаналізованих варіантів підшипникових вузлів опорних роликів для стрічкових конвеєрів найбільш ефективними з точки зору експлуатаційної надійності та ресурсу є конструкції, що оснащені лабіринтними ущільненнями та захисними кільцями у поєднанні з довготривалим закладеним мастилом.

1.4. Аналіз причин сходження стрічки з конвеєра

Стабільне положення стрічки на роlikоопорних станах є критичним чинником надійної роботи стрічкових конвеєрів на машинобудівних

підприємствах. Проте на практиці часто спостерігаються випадки сходження стрічки з осьової траси, що призводить до зниження ефективності транспортування, збільшення зносу стрічки та опорних елементів, а також підвищення ризику аварійних зупинок виробничого процесу.

Сходження стрічки є наслідком складної взаємодії низки чинників, які можна згрупувати за такими основними ознаками (табл. 1.1):

Таблиця 1.1 – Чинники сходження стрічки

Чинники	Причина	Наслідки
Технологічні	Асиметричне навантаження стрічки	нерівномірне розташування вантажу по ширині стрічки спричиняє виникнення бічних сил, що відхиляють стрічку від центральної траєкторії
	Нерівномірність натягу стрічки	неоднаковий натяг з лівої та правої сторін призводить до перерозподілу зусиль і сприяє зсуву стрічки у бік слабшої натягнутої ділянки
Конструктивні	Недосконале регулювання або монтаж роlikоопорних станів	відхилення осей роликів від перпендикулярного положення до траси руху створює бічні сили, що викликають сходження стрічки
	Знос або деформація елементів конвеєра	зношені ролики, перекошені опорні конструкції або розхитані вузли призводять до втрати геометричної стабільності руху
	Неякісна або зношена стрічка	пошкодження країв стрічки, нерівномірна товщина або локальні деформації полотна сприяють зміщенню стрічки
Експлуатаційні	Вплив зовнішніх навантажень	динамічні удари, вібрації або випадкові бокові впливи вантажу на стрічку під час роботи конвеєра
	Несприятливі умови середовища	підвищена запиленість, вологість, наявність льоду або налипання матеріалу на робочі елементи конвеєра змінюють умови контакту стрічки та опорних елементів
Технічні обслуговування	Недостатній контроль технічного стану конвеєра	несвоєчасне виявлення та усунення дефектів призводить до розвитку відхилень у траєкторії стрічки
	Невідповідність параметрів натяжного пристрою	неправильне регулювання натягу, особливо в умовах температурних коливань, зменшує стабільність положення стрічки

Варто відзначити, що сходження стрічки часто має кумулятивний характер: комбінація кількох чинників значно підвищує ймовірність виникнення нестабільного руху. Наприклад, незначна нерівномірність завантаження у поєднанні з деформацією роликоопорного стану може викликати суттєве відхилення траєкторії стрічки вже на невеликій ділянці транспортної лінії [8].

У реальних виробничих умовах машинобудівних підприємств виявлення та своєчасне усунення причин сходження стрічки ускладнюється значною довжиною конвеєрних трас, обмеженим доступом до окремих ділянок, а також необхідністю забезпечення безперервності виробничого процесу. Це обумовлює актуальність впровадження удосконалених технічних засобів для стабілізації руху стрічки, автоматизації моніторингу її положення та застосування конструктивних рішень, спрямованих на самовирівнювання траєкторії.

1.5. Існуючі методи вирівнювання стрічки конвеєра

Забезпечення стабільного положення стрічки на конвеєрі є одним із пріоритетних завдань для підвищення надійності та ефективності функціонування транспортувальних систем на машинобудівних підприємствах. З урахуванням значної складності виробничих процесів та агресивних умов експлуатації, у практиці машинобудування розроблено низку технічних і організаційних методів запобігання сходженню стрічки з траси руху.

1.5.1. Регулювання положення роликоопорних станів.

Одним із найпоширеніших традиційних методів вирівнювання стрічки є регулювання положення роликоопорних станів шляхом їх повороту у горизонтальній площині. Невелике повертання опорного стану у напрямку стрічки або проти руху створює відповідне бокове зусилля, яке змушує стрічку повертатися до центру.

Переваги методу полягають у його простоті та мінімальних витратах на впровадження. Однак ефективність регулювання суттєво залежить від

кваліфікації обслуговуючого персоналу, і при великих довжинах конвеєрних ліній виникає потреба у постійному коригуванні налаштувань.

1.5.2. Використання самовирівнювальних роликоопорних станів.

Самовирівнювальні роликоопорні стани є вдосконаленим варіантом традиційних опор. Конструкція таких станів дозволяє їм автоматично змінювати своє положення під дією зміщення стрічки. Як правило, самовирівнювальні стани містять спеціальні шарнірні або пружно-еластичні вузли, які забезпечують автономне зміщення роликів без втручання оператора.

Переваги: автоматичне коригування траєкторії стрічки; зниження навантаження на стрічку та ролики; можливість роботи в умовах обмеженої доступності.

Недоліки: ускладненість конструкції; збільшені витрати на виготовлення і технічне обслуговування; обмежена ефективність при сильних навантаженнях або великій ширині стрічки.

1.5.3. Використання напрямних роликів

Напрямні ролики або котки встановлюються з боків стрічки на спеціальних кронштейнах. При спробі стрічки зміститися убік вона контактує з напрямним роликом, який створює додаткову бокову силу, що повертає її до центрального положення. Цей метод відзначається високою локальною ефективністю, однак має ряд обмежень: при постійному контакті стрічки з напрямними елементами збільшується знос країв полотна; ролики ефективні лише при незначних відхиленнях; при істотному зміщенні або перекошуванні конвеєра напрямні ролики можуть бути малоефективними.

1.5.4. Системи автоматичного моніторингу та корекції положення стрічки

У сучасних конвеєрних системах дедалі частіше застосовуються автоматизовані системи, що здійснюють безперервний моніторинг положення стрічки за допомогою сенсорів і в реальному часі коригують роботу роликоопорних станів або натяжних пристроїв. Такі системи можуть включати:

лазерні або оптичні датчики положення; електронні приводи зміщення роликів або роликівих станів; інтелектуальні системи керування на базі програмованих логічних контролерів (PLC) [6].

Переваги автоматизованих систем: висока точність і оперативність корекції; можливість інтеграції у загальну систему управління виробничим процесом; скорочення витрат на ручне обслуговування.

Недоліки: висока вартість впровадження; необхідність високого рівня обслуговування електронних компонентів; чутливість до забруднення і впливу агресивних середовищ.

1.5.5. Інші методи вирівнювання

У спеціалізованих випадках застосовуються додаткові технічні рішення: асинхронне регулювання натягу стрічки (зміна сили натягу зліва і справа для спрямованого вирівнювання); конструктивне профілювання опорних роликів (наприклад, ролики з конічною поверхнею); застосування ребристої або канавчастої стрічки, яка краще утримується на заданій траєкторії.

Ці методи часто використовуються у комплексі з іншими засобами і потребують індивідуальної адаптації під конкретні умови виробництва.

Аналіз існуючих методів вирівнювання стрічки свідчить, що кожен із підходів має свої переваги та обмеження. У реальних умовах машинобудівних підприємств оптимальним є комплексний підхід, що поєднує правильне регулювання механічних елементів, застосування активних засобів стабілізації та використання систем автоматичного контролю положення стрічки. Разом із тим залишається актуальною проблема розроблення новітніх, більш ефективних конструкційних і технологічних рішень для забезпечення стійкого положення стрічки в умовах високих динамічних та навантажувальних змін. Для кращої візуалізації наведено порівняльну характеристику методів вирівнювання стрічки у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика основних методів вирівнювання стрічки конвеєра

Метод вирівнювання	Переваги	Недоліки	Область ефективного застосування
Регулювання роликкоопорних станів	Простота впровадження, низька вартість	Висока трудомісткість, потреба в частому налаштуванні	Короткі та середні конвеєрні лінії
Самовирівнювальні стани	Автоматичне коригування положення стрічки, зниження навантажень	Висока вартість виготовлення, обмежена ефективність при великих навантаженнях	Довгі лінії, обмежений доступ до конвеєра
Напрямні ролики	Простота конструкції, локальна стабілізація	Підвищений знос стрічки, обмежена зона впливу	Невеликі локальні зміщення стрічки
Автоматизовані системи контролю	Висока точність, інтеграція в автоматизоване виробництво	Висока вартість, складність обслуговування	Високотехнологічні виробничі комплекси
Спеціальні конструктивні рішення (конічні ролики, профільовані стрічки)	Зниження імовірності сходження без активного регулювання	Складність проектування, індивідуальність налаштувань	Специфічні умови транспортування, агресивне середовище

З огляду на вказані аспекти, подальші дослідження повинні бути зосереджені на удосконаленні існуючих систем вирівнювання стрічки шляхом інтеграції інтелектуальних технологій, адаптивних керувальних алгоритмів та нових матеріалів з покращеними фізико-механічними властивостями. Це дозволить не лише підвищити надійність і довговічність конвеєрних систем, але й зменшити витрати на обслуговування та простої обладнання, що є критично важливим для забезпечення безперервності виробничих процесів у сучасному машинобудуванні.

1.6. Причини та методи усунення зсуву стрічки конвеєра

Ефективність та надійність стрічкових конвеєрів значною мірою залежить від їхньої здатності рухатися прямолінійно без відхилення від осі. У разі порушення центрування наслідки можуть бути серйозними: від зниження продуктивності до пошкодження стрічки та розсипання матеріалу. Незважаючи на те, що проблема зсуву є досить поширеною, у технічній літературі вона висвітлюється обмежено.

Аналіз практичного досвіду показує, що всі причини зсуву стрічки поділяються на дві основні групи: проблеми, пов'язані з конструкцією або станом конвеєра, та проблеми, обумовлені фізичними властивостями стрічки.

1.6.1 Основні причини зсуву стрічки.

До причин, що виникають унаслідок несправностей або неправильного монтажу елементів конвеєра, наступні:

- невірне положення барабанів і шківів відносно осі конвеєра;
- перекіс або зношення роликів;
- нецентроване завантаження матеріалу в завантажувальному жолобі;
- вплив вітру, особливо бічного;
- контакт стрічки з виступаючими нерухомими елементами каркаса;
- перекіс пересувних механізмів (наприклад, тріперів);
- нерівномірний тиск скребків або наявність забруднень;
- недостатній або неправильний попередній натяг.

Причинами зсуву стрічки, пов'язаними із самою стрічкою, можуть бути:

- недостатня жорсткість для формування корита;
- викривлення стрічки або її стикування під кутом;
- нерівномірна жорсткість або еластичність каркаса.

1.6.2 Методика виявлення та усунення дефектів.

Процес усунення зсуву стрічки повинен здійснюватися послідовно. Першочергово слід візуально оцінити кривизну стрічки під час її руху та локалізувати ділянки викривлення. Коригування виконують шляхом повороту роликоопор у напрямку, протилежному до відхилення. Важливо здійснювати кожне регулювання поступово, надаючи стрічці змогу повністю обійти конвеєр перед наступною корекцією.

Особливу увагу слід приділити якості стикових з'єднань стрічки. Якщо візуально помітно, що стрічка перед стиком відхиляється, а після стику знову вирівнюється, - з'єднання виконане під неправильним кутом і потребує переробки.

Згідно рис. 1.12, спостерігач у точці А дивитиметься в напрямку руху стрічки вздовж краю стрічки та спостерігатиме чіткий вигин між натяжними роликами, позначеними 2 та 11.

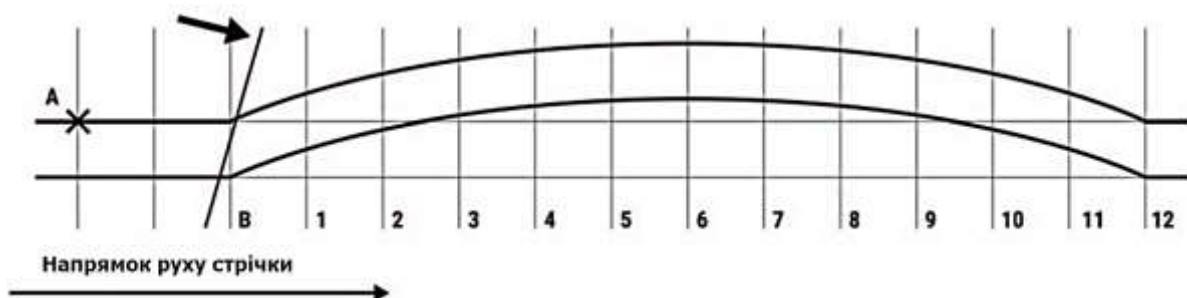


Рис. 1.12 - Регулювання центрування стрічки конвеєра

Така крива може простягатися лише на три або чотири проміжки між натяжними роликами або на значно більшу відстань. Рекомендується позначити натяжні ролики 2 та 11 крейдою, щоб точно зафіксувати протяжність кривої. Також необхідно позначити кілька натяжних роликів між 2 та 11 та краєм стрічки, щоб мати контрольну позначку для оцінки ефекту від внесених регулювань. Важливо зазначити, що якщо стрічка починає збиватися з місця біля натяжного ролика 2, це означає, що корекцію налаштування натяжного ролика потрібно буде виконати на один або два натяжні ролики попереду цієї точки. У цьому випадку натяжний ролик 1 або навіть натяжний ролик у точці В потребуватимуть повороту.

1.6.3 Особливості налаштування нової стрічки.

Налаштування нової стрічки слід починати з зворотного ходу, починаючи від головного барабана. Після його вирівнювання налаштовується робочий хід - від хвостового до головного. У випадках сильного відхилення стрічки при першому запуску допускається тимчасове регулювання хвостового барабана, однак після стабілізації роботи він має бути повернутий у початкове положення.

В умовах перекошеного завантаження може знадобитися початкове тренування стрічки так, щоб у порожньому стані вона йшла з незначним відхиленням, що буде компенсовано при навантаженні.

1.6.4 Вплив конструктивних особливостей і якості матеріалів.

У нових стрічках, особливо при великій товщині, часто спостерігається недостатній контакт із центральними роликами. Це знижує ефективність формування корита і ускладнює центрування. З часом, після кількох діб експлуатації під навантаженням, стрічка розтягується і починає краще формуватися.

Якість каркаса стрічки суттєво впливає на її роботу. Зокрема, дешеві моделі можуть мати недостатню поперечну еластичність через використання лише поліестерового волокна замість комбінації поліестеру та нейлону (ЕР-тканина). Такі конструкції викликають труднощі з утворенням корита, порушують жорсткість і прискорюють знос.

1.6.5 Профілактика та безпека обслуговування.

Після вирівнювання стрічки важливо регулярно перевіряти технічний стан усіх елементів конвеєра: шківів, барабанів, роликів. Ігнорування зношування призводить до повторних збоїв. Робоче середовище має бути якомога чистішим, особливо при транспортуванні вологих або липких матеріалів.

Під час виконання регулювань заборонено наближатися до рухомих елементів стрічки. Всі дії слід виконувати вдвох, із можливістю аварійної зупинки обладнання у разі небезпеки.

2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРАМИ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Для підвищення ефективності функціонування стрічкових конвеєрів на машинобудівних підприємствах доцільно впроваджувати автоматизовані системи керування. Застосування сучасної автоматики сприяє зростанню продуктивності, покращенню техніко-економічних показників і зниженню витрат на транспортування заготовок, деталей та готової продукції. У процесі створення таких систем основними завданнями є стабілізація навантаження на стрічку, підтримка оптимального тягового режиму, автоматизоване керування комплексними транспортними лініями, а також діагностика окремих елементів і вузлів [6].

2.1 Актуальні задачі автоматизації стрічкових конвеєрів у машинобудуванні

Використання стрічкових конвеєрів на підприємствах машинобудівного профілю є невід'ємною частиною організації ефективної транспортно-логістичної системи. У зв'язку з постійним ускладненням виробничих процесів і збільшенням номенклатури продукції, конвеєрні системи повинні забезпечувати надійне і безперервне переміщення вантажів по маршрутах з горизонтальними, похилими або складними просторовими ділянками.

Проблемою залишається нерівномірність вантажопотоків, які надходять від технологічного обладнання. Це зумовлює простої, перевитрати електроенергії, прискорений знос стрічок, привідних та опорних елементів. У результаті більшість конвеєрів експлуатуються з ефективністю на рівні 50–70% за продуктивністю та не більше 70% за часом використання.

Підвищити ефективність можливо шляхом впровадження адаптивного керування швидкістю руху стрічки залежно від поточного навантаження. Завдяки розвитку мікропроцесорної техніки, а також широкому застосуванню

асинхронних приводів з частотним регулюванням стало можливим реалізувати динамічні алгоритми оптимального керування, які дозволяють адаптувати режим роботи конвеєра до реальних умов [5].

Разом із тим, зміна швидкості створює динамічні навантаження, що можуть спричинити пробуксовування стрічки або перевантаження привідного вузла. Це вимагає стабілізації тягового фактору - ще одного ключового завдання автоматизації. Його точне визначення впливає на розрахунки потужності електроприводу, параметри натягування стрічки, вибір типу каркасу тощо. Для забезпечення стабільної тяги застосовуються автоматичні натяжні пристрої, які можуть змінювати натяг у процесі експлуатації відповідно до динамічних умов навантаження [5].

Складність автоматизації зростає у випадку застосування багатодвигунних систем, де необхідно рівномірно розподіляти навантаження між приводами незалежно від їхньої конфігурації та розташування, уникати резонансів і надмірних механічних коливань. Використання автоматизованого керування натягачами дозволяє зменшити пікові навантаження, збільшити строк служби стрічки, а також знизити загальну енергоємність транспортної лінії.

Крім того, на машинобудівних підприємствах актуальним є завдання координації роботи кількох конвеєрів у межах спільної транспортної мережі. Алгоритми керування повинні враховувати нерівномірність вантажопотоків, забезпечувати централізований запуск усієї лінії, запобігати перевантаженням та зупинкам. Доцільним є використання буферних ємностей для усереднення потоку або запровадження інтелектуальних систем прогнозування та попереджувального управління [3].

Останнім, але не менш важливим напрямом автоматизації є впровадження систем технічної діагностики. Такі системи забезпечують контроль технічного стану вузлів, виявлення критичних відхилень, контроль зсуву стрічки, зношення роликів, рівня заповнення бункерів, параметрів пуску

тощо. Своєчасне виявлення несправностей сприяє підвищенню надійності всієї транспортної системи та запобігає аварійним ситуаціям.

Перелік і структура основних задач автоматизації стрічкових конвеєрів на машинобудівних підприємствах представлено в таблиці 2.1.

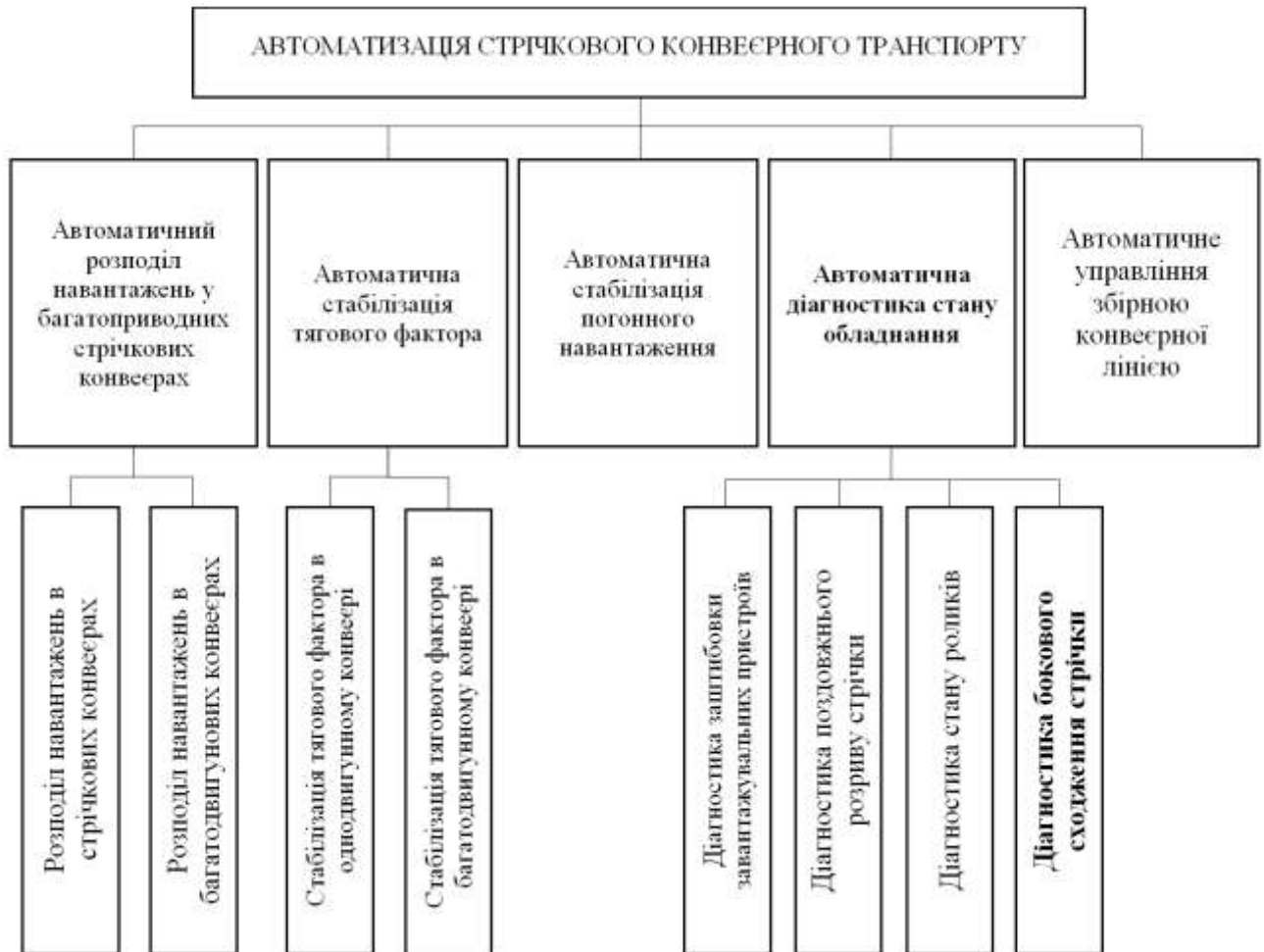


Рис. 2.1 – Завдання, що виникають при автоматизації стрічкового конвеєрного транспорту.

2.2. Автоматизовані системи вирівнювання стрічки

У виробничих умовах конвеєрні стрічки використовуються для транспортування продукції, сировини та комплектуючих між різними стадіями технологічного процесу. Безперервне функціонування стрічкових транспортних систем має суттєве значення для забезпечення загальної ефективності виробництва, стабільного рівня продуктивності та, що особливо важливо, безпеки обслуговуючого персоналу. У цьому контексті вимикачі відіграють

важливу роль у підтриманні належного вирівнювання стрічки, запобіганні аварійним ситуаціям і зменшенні простоїв обладнання.

2.2.1. Датчики сходу стрічки конвеєра

Перекошування стрічки конвеєра являє собою відхилення її від заданої траєкторії руху, що призводить до порушення нормальної роботи транспортувальної системи. Для запобігання таким відхиленням застосовуються спеціальні захисні пристрої - датчики сходження (перекосу) стрічки (рис. 2.2). Їх призначення полягає в автоматичному виявленні перекосів стрічки та ініціюванні відповідних коригувальних заходів. Наявність перекосу може зумовити низку негативних наслідків, зокрема втрату транспортуємого матеріалу, передчасний знос стрічки, механічні пошкодження елементів конвеєра, а в окремих випадках - загрозу безпеці обслуговуючого персоналу. Датчики перекосу забезпечують оперативне реагування на відхилення та сприяють збереженню цілісності стрічки, підвищуючи загальну надійність і ефективність роботи стрічкової транспортної системи.

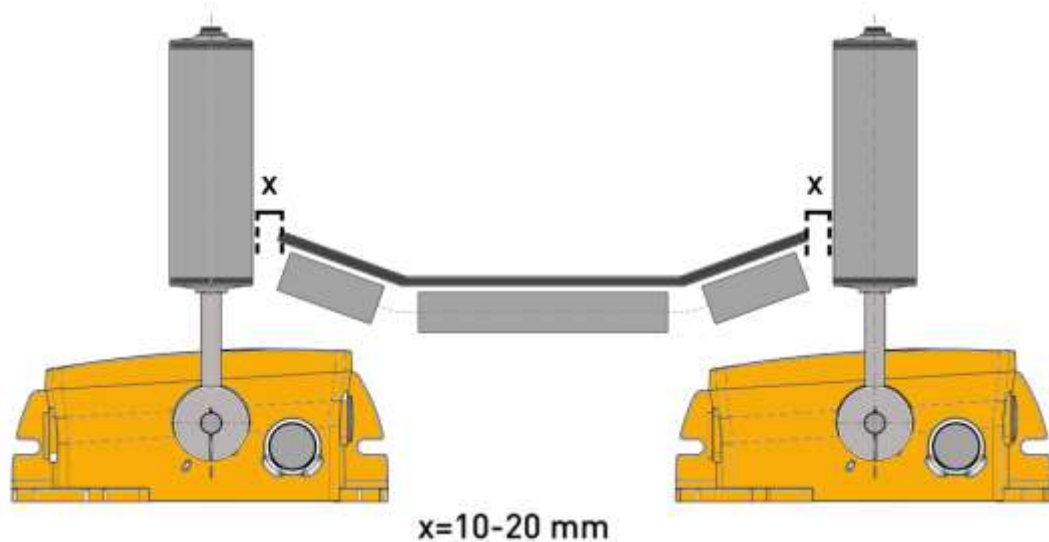


Рис. 2.2 - Датчики сходу стрічки конвеєра

Вимикачі перекосу та сходження стрічки конвеєра встановлюються попарно по обидва боки вздовж країв стрічки. У разі відхилення стрічки від заданої траєкторії один із роликів важелів вимикача вступає в контакт з її краєм і зміщується. Якщо величина відхилення перевищує допустимий заводський поріг, відбувається спрацювання контактів вимикача.

Конструктивно такі пристрої зазвичай мають двоступеневу систему контролю: при незначному зміщенні активуються контакти попередження, які сигналізують про початок відхилення, тоді як при подальшому зсуві спрацьовують силові контакти, що забезпечують аварійне вимкнення конвеєра для запобігання пошкодженням обладнання.

2.2.2. Різновиди датчиків перекосу конвеєрної стрічки

З метою своєчасного виявлення та запобігання критичним відхиленням стрічки від осі конвеєра застосовуються датчики перекосу, що класифікуються за принципом дії, конструктивним виконанням та умовами застосування. Від правильного вибору типу датчика залежить ефективність системи контролю та загальна надійність конвеєрної установки.

У сучасних датчиках перекосу стрічки застосовуються різні сенсорні технології, що забезпечують високу точність виявлення відхилень стрічки від номінального положення та оперативне реагування на них. Найпоширенішими типами таких пристроїв є:

- Роликові вимикачі. Принцип їх дії базується на механічному контакті стрічки з розміщеними вздовж її країв роликками. У разі відхилення стрічки від осі один із роликів зміщується, приводячи до спрацювання контактного механізму. Це, своєю чергою, активує систему сигналізації або запускає коригувальні дії, спрямовані на повернення стрічки до правильного положення.

- Кромочні вимикачі. У цих системах використовуються оптичні або ультразвукові сенсори, які постійно контролюють відстань між краями стрічки та визначеними контрольними зонами. Виявлення відхилення від встановленого допуску призводить до подання сигналу тривоги або активації механізмів автоматичного вирівнювання.

- Безконтактні електромагнітні вимикачі. Ці пристрої виявляють зміну положення стрічки на основі реєстрації присутності або відсутності металевих мішеней, які попередньо розміщуються вздовж її країв. Зміна взаємного розташування мішені та датчика свідчить про перекіс стрічки і викликає відповідну реакцію системи управління.

Кожен із вищенаведених типів вимикачів має свої переваги залежно від умов експлуатації, ширини та швидкості стрічки, вимог до точності контролю і рівня автоматизації конвеєрної системи. Правильний вибір сенсорної технології є важливою передумовою стабільної роботи транспортної лінії та зниження ризику аварійних ситуацій.

2.2.3 Важливість перемикачів сходу стрічки конвеєра

Використання перемикачів сходу стрічки є важливим елементом забезпечення надійної, безпечної та ефективної роботи стрічкових конвеєрів. Ці пристрої мають низку переваг, які роблять їх невід'ємною складовою сучасних систем автоматизованого контролю.

Однією з основних функцій вимикачів є підвищення рівня виробничої безпеки. Завдяки здатності оперативно виявляти відхилення стрічки від заданої траєкторії, вони запобігають виникненню аварійних ситуацій, пов'язаних із розривом або зсувом стрічки. У разі виявлення перекосу система може негайно зупинити конвеєр або активувати коригувальні механізми, що значно знижує ризик травмування персоналу.

Крім того, перемикачі виконують профілактичну функцію щодо захисту обладнання. Неконтрольоване сходження стрічки може призвести до зношування або руйнування таких елементів, як роликоопори, натяжні пристрої, шківи, а також несучі конструкції рами. Завдяки своєчасному реагуванню на перекіс датчики сприяють запобіганню дорогому ремонту та подовженню строку служби обладнання.

Ще одним важливим аспектом є забезпечення стабільної роботи транспортної лінії. Правильне вирівнювання стрічки гарантує безперервність матеріального потоку, зменшує втрати продуктивності та знижує частоту простоїв. У сукупності це сприяє підвищенню загальної ефективності функціонування конвеєрної системи та забезпеченню стабільних техніко-економічних показників підприємства.

Таким чином, застосування перемикачів сходу стрічки є доцільним як з точки зору безпеки, так і в аспекті підвищення надійності та продуктивності стрічкових транспортних систем на машинобудівних підприємствах.



Рис. 2.3 – Конвеєр з встановленими сигналізаторами перекосу стрічки

Сигналізатори перекосу стрічки виконують важливу функцію в системі забезпечення безпеки та стабільності роботи стрічкових конвеєрів. Завдяки здатності своєчасно виявляти та коригувати відхилення стрічки від заданої траєкторії, ці пристрої забезпечують безперервність транспортувального процесу, скорочують простой та сприяють збереженню здоров'я обслуговуючого персоналу. Для забезпечення ефективної та надійної роботи сигналізаторів особливу увагу слід приділяти правильному їх встановленню, точному калібруванню та регулярному технічному обслуговуванню. З урахуванням постійного розвитку автоматизації та сенсорних технологій, очікується подальше вдосконалення функціональних можливостей цих пристроїв, що сприятиме підвищенню рівня безпеки, енергоефективності та інтегрованості конвеєрних систем у виробничих процесах.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Опис роботи стрічкового транспортера

Рух стрічки забезпечується за рахунок роботи мотор-редуктора (2), який передає крутний момент на привідний барабан (3). Обертання барабана спричиняє переміщення стрічки (4), яка виконує функцію транспортування вантажів по заданому маршруту. У процесі роботи стрічка проходить через натяжний ролик (1), який компенсує її подовження та підтримує необхідний натяг, що запобігає прослизанню та провисанню.

Для точного регулювання сили натягу використовується гвинт натяжки стрічки (5), за допомогою якого можна вручну здійснювати корекцію положення натяжного ролика. Така система дозволяє підтримувати стабільну роботу конвеєра при зміні експлуатаційних умов, навантаження або температури.

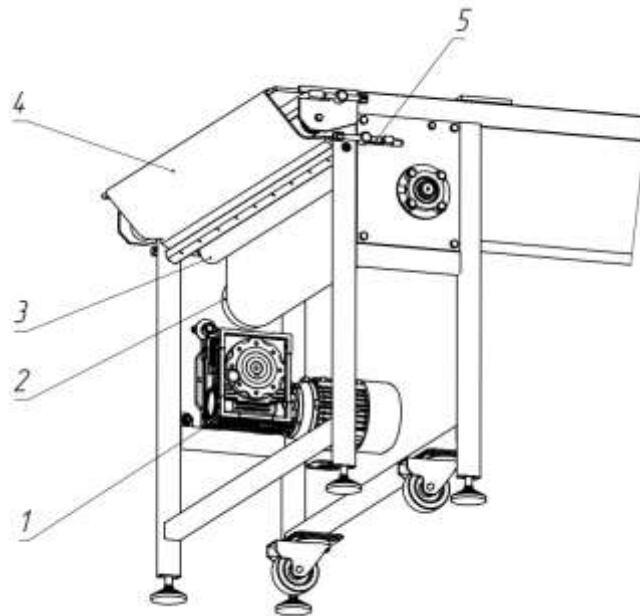


Рис. 3.1 – Привідна частина стрічкового конвеєра без системи вирівнювання положення стрічки

Нами пропонується встановити на привідну частину стрічкового конвеєра (рис. 3.2) чотири пневмоциліндри 5, які дозволять здійснювати

відслідковування сходу стрічки конвеєра і автоматично вирівнювати її прямолінійний рух.

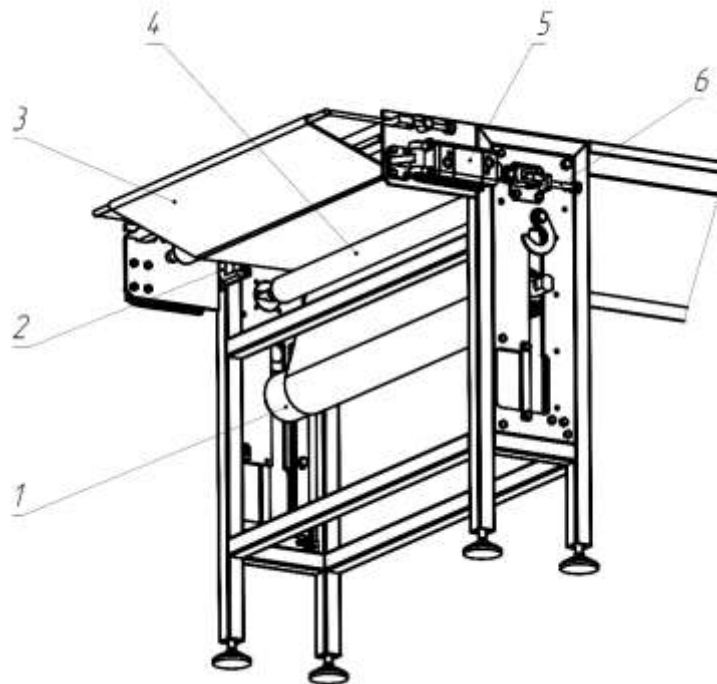


Рис. 3.2 – Вузол автоматичного вирівнювання положення стрічки з пневмоприводом: 1 – натяжний ролик, 2 – ролик вирівнювання положення стрічки, 3 – стрічка, 4 – давач, 5 – пневмоциліндр, 6 – гвинт регулювання ходу пневмоциліндра

Для забезпечення точного напрямку руху стрічки та запобігання її сходженню з траєкторії в конструкцію стрічкового конвеєра (рис. 3.2) інтегровано вузол автоматичного центрування. У його складі використовується натяжний ролик (1), який регулює натяг стрічки та взаємодіє з роликом вирівнювання положення стрічки (2).

Стрічка (3), у разі відхилення в бік, активує щілинний давач (4), який подає сигнал на пневмоциліндр (5). Пневмоциліндр створює регульований тиск, впливаючи на положення ролика. Довжина ходу пневмоциліндра налаштовується за допомогою гвинта регулювання ходу (6), що дає змогу точно дозувати коригувальні дії.

У результаті, при виявленні зсуву, система автоматично коригує положення стрічки, повертаючи її до центральної траєкторії. Такий принцип дії

забезпечує стабільну роботу конвеєра, знижує знос країв стрічки, запобігає аварійним зупинкам і зменшує потребу в ручному втручанні.

Привод пневмоциліндрів 61M2P040A0025 (рис. 3.2) здійснюється через фільтр вирівнювання тиску 3, далі магістраль розгалужується і повітря прямує до електромагнітних розподільників 2, звідки трубками подається до пневмоциліндрів 1. Кожен розподільник 2 оснащений щілинним датчиком 5 і реле 4.

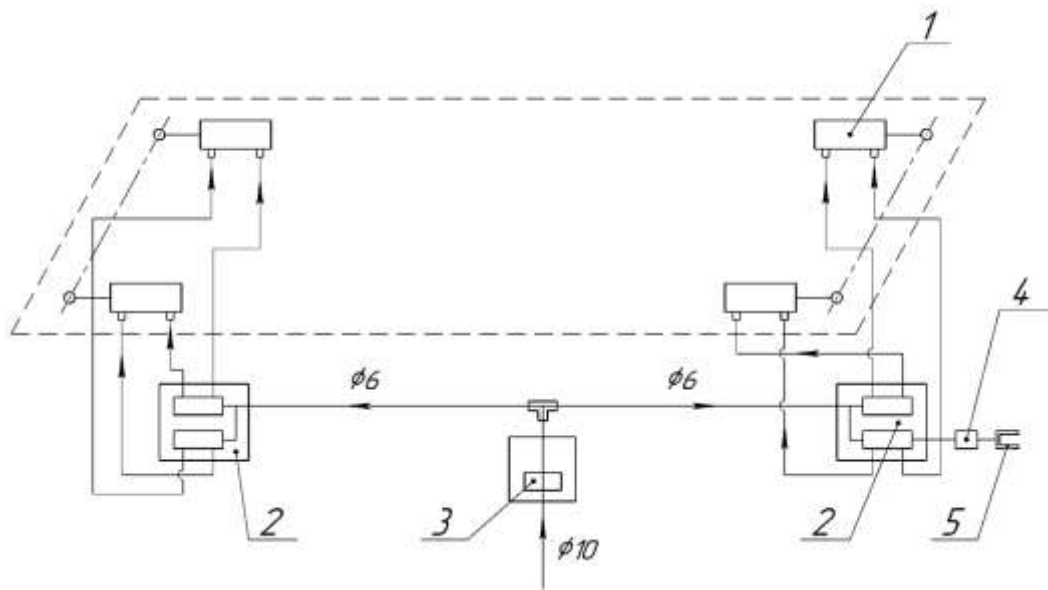


Рис. 3.2 – Схема пневмосистеми автоматичного вирівнювання положення стрічки

Циліндри 1 серії 61 (рис. 3.3) мають профільну конструкцію гільзи з пазами на трьох сторонах по всій довжині, що дозволяє легко встановлювати магнітні датчики положення поршня. Це забезпечує точний контроль положення та спрощує інтеграцію в автоматизовані системи. Додатково, циліндри цієї серії оснащені регульованими демпферами в кінцевих положеннях, що дозволяє зменшити ударні навантаження та забезпечити плавну зупинку поршня.

Щілинний датчик 5 сходження стрічки типу CST, CSV (рис. 3.4) в транспортері працює за принципом фіксації зміщення стрічки відносно осі руху шляхом переривання або зміни сигналу в контрольній зоні (рис. 3.5). Датчик на основі ефекту Холла може працювати лише на постійному струмі з напругою

до 30 VDC. Датчики положення цієї серії можуть встановлюватися в канавки на корпусі деяких серій циліндрів без спеціальних пристроїв або на гільзи та шпильки за допомогою скоб і хомутів.



Рис. 3.3 - Пневмоциліндр 61M2P040A0025 виробництва Camozzi



Рис. 3.4 - Магнітні датчики положення серій CST, CSV, CSH

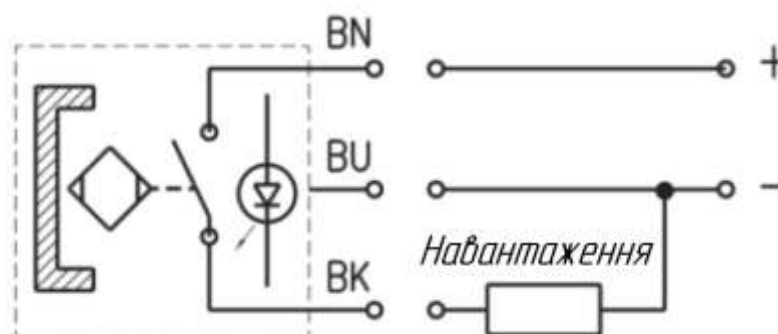


Рис. 3.5 – Схема магнітного датчика положення серій CST, CSV

У нормальному режимі руху стрічка проходить по центру і не впливає на робочу зону датчика. Між випромінювачем і приймачем щілинного датчика зберігається стабільний зв'язок, що свідчить про правильне положення полотна.

У разі перекосу стрічки її край потрапляє в зону спрацювання, що викликає зміну індуктивного поля. Це призводить до зміни стану вихідного сигналу датчика. Сигнал передається в систему автоматичного управління, яка відповідно до налаштувань може ініціювати сповіщення оператора, зупинку транспортерної лінії або запуск виконавчих механізмів для повернення стрічки в задане положення. Таким чином, щілинний датчик забезпечує безперервний контроль положення стрічки та сприяє стабільній і безпечній роботі транспортувальної системи.

Діаметри трубопроводів змінюються залежно від їх розташування у системі для зменшення втрат тиску (робочий тиск пневмоциліндрів становить до 1,0 МПа). Вхідний трубопровод виконаний у розмірі 10 мм, після розгалуження на ліву/праву сторону діаметри трубопроводів становить 6 мм, а саме під'єднання циліндрів - трубопроводами розміром 4 мм.

3.2. Розрахунок болтового з'єднання

Проведемо розрахунок болтового з'єднання (рис. 3.6) кріплення пневмоциліндра до корпусу транспортера. Товщина з'єднувального фланця пневмоциліндра $\delta = 8$ мм, а пластини корпусу транспортера - $\delta_1 = 10$ мм. У з'єднанні застосовано болти діаметром М8х1,5 в кількості $n=4$ шт. Навантаження на болтове з'єднання – 30 кг, відстань між болтами: 80 мм [12].

Зусилля, що діє на з'єднання, Н

$$F = 30 \text{ кг} = 30 \cdot 9,81 = 294,3 \text{ Н.}$$

Допустиме напруження на зріз (МПа) для болтів із сталі класу 8.8:

$$\tau_{\text{доп}} = 0,6 \cdot 800 = 480 \text{ МПа.}$$

Площа перерізу одного болта, мм

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 50,27 \text{ мм}^2.$$

Сила, що діє на один болт (рівномірний розподіл), Н

$$F_{1 \text{ болт}} = \frac{F}{n} = \frac{294,3}{4} = 73,58 \text{ Н.}$$

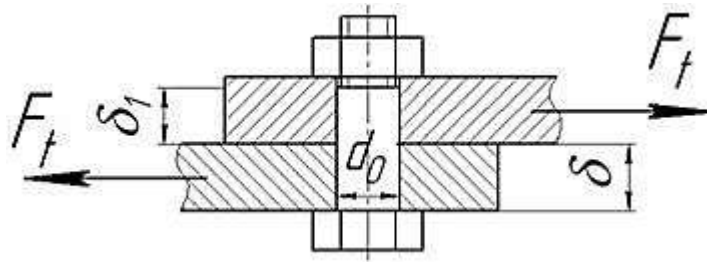
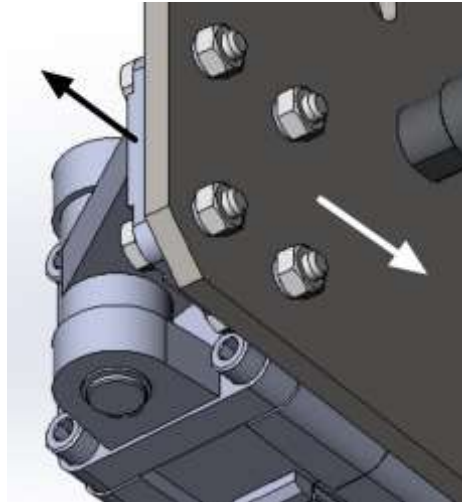


Рис. 3.6 – Схема до розрахунку болтового з'єднання на зріз

Дійсне напруження зрізу, МПа

$$\tau_{\phi} = \frac{F_{1 \text{ болт}}}{A} = \frac{73,58}{50,27} = 1,46 \text{ МПа.}$$

Запас міцності на зріз

$$k = \frac{\tau_{\text{доп}}}{\tau_{\phi}} = \frac{480}{1,46} \approx 327,9.$$

Запас міцності з'єднання k свідчить про абсолютну надійність болтового з'єднання при заданому навантаженні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Правила безпечної експлуатації пневмоциліндрів

Пневмоциліндр - об'ємний пневмодвигун зі зворотно-поступальним рухом вихідної ланки. При використанні пневмоциліндрів виникають чинники і небезпеки, що впливають на безпеку цих машин.

При роботі пневмоциліндрів можуть виникати небезпеки, що представляють собою:

1 Механічні небезпеки, що виникають із-за:

- недостатню механічну міцність конструкції пневмоциліндрів внаслідок перевищення максимального тиску робочого середовища;
- впливу зовнішніх механічних факторів - вібрації, ударів і лінійних прискорень в місцях кріплення пневмоциліндрів;
- накопиченої енергії в пружних елементах (пружинах) або робочих газах під тиском або у вакуумі;
- кінетичної або потенційної енергії при контрольованому і неконтрольованому русі й утриманні піднятого пневмоциліндром вантажу і втрати стійкості пристроїв, що утримують його;
- недостатнього або вичерпаного ресурсу і надійності пневмоциліндрів;
- викиду робочого середовища під високим тиском.

2 Небезпеки, що виникають в результаті порушення в енергопостачанні пневмоциліндрів, що викликають коливальні процеси в роботі, невиконання зупинної (аварійної) команди і неповне спрацювання захисних пристроїв.

Термічні небезпеки, що виникають:

- у разі порушення герметичності з'єднань з витоком робочого середовища назовні і проявляються у вигляді опіків внаслідок зіткнення з нагрітими або переохолодженими робочим середовищем поверхнями пристроїв;

- при запаленні або вибуху робочого середовища і з ураженням органів людини внаслідок контакту і (або) при вдиханні робочих газів (робочого середовища);

- при випромінюванні від теплових джерел;

- в зв'язку з недостатністю компенсації зміни зміни об'єму робочого середовища при зміні його температури, що призводить до руйнування оболонки і порушення герметичності пневмоциліндрів.

4 Шумові (акустичні) і вібраційні впливу, створювані працюючими пневмоциліндрами.

5 Небезпеки, що виникають у зв'язку з несподіваним викидом деталей, утримуваних машиною, або з руйнуються машин і вузлів або викидом відпрацьованих газів, здатних привести до порушень роботи пневмоциліндрів і погіршення стану навколишнього середовища (повітря) і виникнення небезпек.

6 Небезпеки, викликані виникаючими несправностями в пневмоциліндрах з подальшим ненормальним функціонуванням з порушенням параметрів, зупинкою або розгоном робочих органів і елементів пневмоциліндрів [13].

7. Небезпеки, пов'язані з неспрацьовуванні або неправильним розташуванням засобів захисту, пускових або гальмівних пристроїв.

8. Небезпеки, пов'язані з незабезпеченням правильного монтажу, налагодження і технічного обслуговування, що сприяють зниженню безпеки пневмоциліндрів.

9. Небезпеки, викликані неправильною установкою аварійних символів і сигналів, різних інформаційних або попереджувальних і аварійних пристроїв і порушують безпеку роботи в разі можливого виникнення особливо небезпечних чинників.

10. Небезпеки через дії персоналу, що обслуговує пневмоциліндри, або внаслідок недостатньої опрацювання та розміщення пневмоциліндрів, що здатне привести до небезпечних станів машини (агрегату) і навколишнього середовища від викиду робочого середовища.

11. Небезпеки, викликані несправністю або неправильним функціонуванням системи управління пневмоциліндром, що виражаються в несподіваному пуску або продовженні роботи машини до небезпечних ситуацій в роботі машини (агрегату).

12 Пожежо- і вибухонебезпечність пневмоциліндрів.

13. Екологічні небезпеки, викликані викидом робочих газів (робочого середовища) в навколишнє середовище

Правила безпечної експлуатації пневмоциліндрів:

1 При розміщенні пневмоциліндра в залежності від розмірів, навантажень і способу його кріплення слід забезпечити поздовжню стійкість при будь-якому значенні ходу і уникати виникнення поперечного вигину штока.

2 Кріпильні елементи для пневмоциліндра і розміщених на ньому вузлів повинні бути розраховані на сприйняття всіх передбачуваних зусиль, що виникають при роботі і в результаті впливають ударів, вібрацій і т. п. Елементи кріплення не повинні піддаватися сприймати зусилля на зріз. Пневмоциліндри повинні мати спеціальні елементи для сприйняття зрізуючих зусиль. Кріпильні елементи повинні мати можливість сприймати перекидні моменти.

3 При роботі пневмоциліндра в складних умовах (вологість, пил і т. п.) штоки повинні бути захищені від можливих пошкоджень і зносу (надрізів, подряпин, корозії і т. п.); регульовані зовнішні обмежувачі ходу також повинні бути захищені.

4 Кріпильні (монтажні) поверхні пневмоциліндра повинні бути виконані так, щоб уникнути скручування пневмоциліндра. Пневмоциліндр повинен бути розміщений і встановлений так, щоб під час роботи не виникали непередбачені бічні навантаження.

5 Пневмоциліндри повинні бути спроектовані так, щоб в них не виникали неприпустимі напруги, в тому числі в результаті температурних деформацій.

6 Монтажні кріплення циліндрів повинні бути розраховані і змонтовані так, щоб вони витримали передбачені документацією зусилля. Наскільки можливо, болти монтажних кріплень не повинні сприймати напруги на зріз.

Пневмоциліндри, закріплені за лапки, повинні мати можливість сприймати навантаження на зріз і не повинні залежати тільки від жорсткості кріпильних болтів. Кріпильні болти повинні сприймати вплив перекидних моментів.

7 Отвір в пневмоциліндрі для випуску повітря повинен бути розташований так, щоб повітря, що випускається, не представляло небезпеки для обслуговуючого персоналу

8 Пневмоциліндри обладнують пристроями для захисту штоків від можливих пошкоджень або грязез'ємник для очищення штоків, якщо не передбачені інші захисні пристрої.

9 Для виключення ударів поршня в кришки пневмоциліндра повний хід поршня в пневмоциліндрі без вбудованого гальмування повинен бути більше можливого переміщення виконавчого пристрою.

10 Тиск в порожнині гальмування в пневмоциліндрі з вбудованим гальмуванням не повинен перевищувати максимально допустимого значення.

11 Винос плівки мастильного матеріалу (рідини) через ущільнювальну манжету штока не повинен призводити до краплеутворення В окремих конкретних випадках в експлуатаційних документах на пневмоциліндр повинен вказуватися допустимий витік і способи його безпечного збирання.

12 Пневмоциліндри слід встановлювати так, щоб отвори підведення і відведення робочого середовища були спрямовані вниз.

13 У паспорті на пневмоциліндр повинні бути вказані основні параметри: номінальний тиск, діаметри поршня і штока, хід, маса.

4.2 Конструкція і безпечна експлуатація запірної арматури

Запірна арматура необхідна для герметичного перекриття трубопроводу від потоку рідких, газоподібних, пароподібних, порошкоподібних або інших робочих речовин. При суміщенні запірних функцій і регулюючих створюється запірнорегулююча арматура. Вона поєднує в собі можливість перекриття

потокі робочого середовища і перенаправлення його по трубах із збереженням певної герметичності трубопроводу [13, 14].

Запірні та запірно-регулюючі деталі трубопроводу незамінні на промислових виробництвах і складають до 80% всієї арматури.

Запірна арматура класифікується за кількома параметрами:

- залежно від сфери застосування арматури. У цьому виді класифікації арматура підрозділяється за видами застосування, які характеризуються виробничими умовами роботи запірної арматури: промислова запірна арматура, спеціальна, суднова, сантехнічна арматура;

- за функціональним призначенням арматури. У цьому типі класифікації трубопровідна арматура розглядається в залежності від того, яку функцію в виробничому процесі здійснює арматура: регулюючу, розподільно-змішувальну, запобіжну арматуру, захисну, контрольну або фазо - розділову;

- за конструктивними типами арматури. У цій класифікації типи арматури поділяються залежно від їх конструктивних особливостей (засувки, затвори, крани, клапани);

- залежно від експлуатаційних умов роботи арматури. Цей тип класифікації арматури дозволяє підібрати потрібний деталі в залежності від умовного тиску робочого середовища і температурного режиму (від -153°C до $+600^{\circ}\text{C}$) експлуатації трубопроводу;

- за способом приєднання арматури до трубопроводу (за допомогою муфт-різьбова, фланців, штуцерів або зварювання);

- за способом герметизації арматури щодо зовнішнього середовища (арматура сальникова, мембранна, шлангова);

- за способом управління арматурою. З точки зору способу управління, арматура підрозділяється на арматуру, керовану дистанційно, арматуру з автоматичним управлінням і арматуру з ручним керуванням.

Запірна арматура, має кілька різновидів, які встановлюються на газо-, водо-, нафто-, паро- та інших трубопроводах. В залежності від будови призначення та структури її групують на:

Арматуру запірною типу: поворотні затвори (Батерфляй), засувки, кульові крани, клапани.

Арматуру регулюючого типу: сегментні крани, вентилі, засувки.

Фільтри та зворотні клапани відносяться до арматури з категорії запобіжного типу

4.3 Гасіння пожеж на об'єктах, нафтопереробної та нафтохімічної промисловості

Під час пожеж на об'єктах нафтопереробної і нафтохімічної промисловості можливі:

- наявність технологічних апаратів, комунікацій і ємкостей з горючими речовинами, які створюють загрозу вибуху і розтікання горючих рідин, а також хімічних речовин, що плавляться;

- наявність факельного горіння газів чи речовин, що витікають з апаратів і комунікацій, що знаходяться під тиском; наявність токсичних газів і пари, токсичних продуктів термічного розкладання матеріалів;

- наявність речовин, для гасіння яких необхідні спеціальні засоби. Під час розвідки пожежі, крім виконання основних завдань, необхідно встановити:

- загрозу вибуху, руйнування, деформації технологічного обладнання і комунікацій; наявність запірної і дихальної арматури, трас електричних кабелів і контрольно-вимірювальних приладів, металевих несучих конструкцій, які вжито заходи щодо їх збереження і захисту;

- наявність спеціальних засобів гасіння пожежі на об'єкті, можливість і доцільність їх застосування, а також повторне їх використання після заправки вогнегасними речовинами;

- наявність, склад, кількість і місцезнаходження речовин, які здатні викликати вибух, опік, отруєння, бурхливе термічне розкладання чи викид агресивних і отруйних мас, способи захисту чи евакуації цих речовин з небезпечної зони;

- наявність та місцезнаходження речовин, що здатні інтенсивно взаємодіяти на відкритому повітрі з водою, лугами, кислотами, вогнегасними та іншими речовинами; Заходи безпеки під час гасіння;

- місця можливого виникнення пожежі чи вибуху у разі відключення електроенергії, води, пари, інертних газів, подавання холодоагентів;

- апарати, обладнання і трубопроводи, що нагріваються за умовами технології до високих температур;

- технологічні установки, негайна аварійна зупинка яких неможлива за технічних умов;

- загрозу переходу вогню чи поширювання аварії до сусідніх цехів, установок, можливість і доцільність перекриття вентиляційних систем і виробничих комунікацій, можливість видалення горючих речовин, зниження тиску і температури в технологічних апаратах;

- пропускну здатність промислової каналізації і можливість відведення води з території цеху (установки) під час тривалого гасіння.

Під час гасіння пожежі на об'єктах нафтопереробної та нафтохімічної промисловості КГП зобов'язаний:

- створити штаб на пожежі із залученням до нього представників об'єкта; спільно із спеціальними службами об'єкта вжити заходів щодо рятування людей;

- спільно з адміністрацією об'єкта забезпечити особовий склад газохімозахисним одягом закритого типу та використовувати ізолювальні засоби захисту органів дихання та зору [15];

- застосувати засоби гасіння з урахуванням характеру речовин, що горять; організувати гасіння за допомогою об'єктових установок пожежогасіння; врахувати вказівки обслуговуючого персоналу, а також метеорологічні умови;

- забезпечити одночасно з гасінням пожежі охолодження конструкцій будівель, технологічних установок і апаратів, яким загрожує дія високих температур;

- не допускати попадання води на апарати, обладнання і трубопроводи, які за умовами технологічного процесу працюють при високих температурах під тиском; захист і охолодження цих апаратів, обладнання і трубопроводів узгоджувати з фахівцями об'єкта;

- забезпечити на початковій стадії гасіння каучуку або гумових технічних виробів максимальні витрати води, а після зниження інтенсивності горіння водяні стволи замінити на пінні;

- вжити заходів щодо охолодження комунікацій, апаратів і трубопроводів з факельним горінням газу до повного припинення його надходження;

- організувати подавання розпилених струменів на захист і охолодження апаратів і трубопроводів, покритих тепловою ізоляцією, не руйнуючи її; виставити пости і дозори на автомобілях із засобами гасіння для ліквідування нових осередків пожежі, що можуть виникнути під час вибуху [15];

- вжити заходів щодо створення загороджувальних валів з піску, землі та гравію для попередження розтікання горючих рідин і речовин, що плавляться; на фронті руху хмар небезпечних хімічних речовин організувати завіси з розпиленої води, залучаючи до цього служби об'єкта;

- у разі тривалих пожеж і за неможливості відведення води з території цеху (установки) через промислову каналізацію спільно з відповідальним керівником робіт з ліквідування аварії забезпечити відведення води, використовуючи техніку і підручні засоби;

- для уникнення вибуху у разі загрози переходу чи поширювання аварії на технологічні апарати, які працюють під вакуумом, вжити заходів щодо заповнення їх водяною парою чи інертним газом та інтенсивно охолоджувати;

- через адміністрацію об'єкта забезпечити особовий склад гумовими чоботами, рукавицями, захисними костюмами від дії небезпечних хімічних речовин;

- у разі наявності небезпечних хімічних речовин за рекомендацією медичної служби об'єкта після гасіння пожежі організувати санітарну обробку особового складу та провести дегазацію техніки та ПТО.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТЕРА

5.1. Мета економічного обґрунтування

Метою економічного обґрунтування є визначення доцільності впровадження удосконаленої конструкції транспортера, що оснащений пневматичною системою вирівнювання стрічки, з урахуванням витрат на її реалізацію та прогнозованої економії в процесі експлуатації. Застосування автоматизованої системи дозволяє підвищити надійність транспортування матеріалів, зменшити непродуктивні витрати, втрати продукції та витрати на ремонт [16].

5.2. Вихідні дані та вартість впровадження системи

Для модернізації однієї транспортної лінії передбачається встановлення пневматичної системи з такими складовими:

Залежно від типу датчиків доцільно обрати один варіант (915 або 835 грн). У розрахунках враховані обидва варіанти, що може трохи завищувати витрати для більш повної оцінки [17].

5.3. Витрати на монтаж та введення в експлуатацію

Окрім закупівлі обладнання, необхідно врахувати витрати на монтаж, підключення та налагодження системи:

- монтажні роботи - 2 500 грн;
- пуско-налагоджувальні роботи - 1 500 грн;
- витратні матеріали (ущільнення, фіксатори, дроти) - 600 грн.

Загальні витрати на впровадження:

$$Z_{\text{заг}} = 33\,876 + 2\,500 + 1\,500 + 600 = 38\,476 \text{ грн}$$

5.4. Очікувана економічна ефективність

Впровадження пневмосистеми дозволяє досягти таких економічних результатів [17]:

Скорочення витрат на ремонт стрічки:

Зменшення перекосів і нерівномірного зносу знижує кількість ремонтів, у середньому на 3–4 на рік.

Очікувана економія становитиме від 3,5...4 тис.грн/рік.

1. Зменшення втрат продукції через сходження стрічки. При зменшенні відсипань матеріалу на 10–15 кг/зміну (≈ 300 змін на рік):

$$10 \text{ кг} \cdot 300 = 3000 \text{ кг/рік} = 3 \text{ т},$$

$$\text{вартість тонни} - 2000 \text{ грн} \Rightarrow 6000 \text{ грн/рік}$$

2. Зменшення простоїв: кожна аварійна зупинка через сходження може тривати до 30 хв., що за рік може становити понад 30 годин простоїв. Вартість 1 години простою ~ 250 грн.

$$30 \times 250 = 7500 \text{ грн/рік}$$

3. Зниження витрат на персонал: система автоматичного вирівнювання дозволяє зменшити навантаження на обслуговуючий персонал. Очікуване скорочення витрат: 2–3 тис.грн/рік.

Загальна річна економія:

$$4000 + 6000 + 7500 + 2500 = 20000 \text{ грн/рік}$$

5.5. Термін окупності проєкту

Термін окупності визначається за формулою:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{Z_{\text{впров}}}{E_{\text{річн}}} = \frac{38476}{20000} \approx 1,92 \text{ року}$$

У разі інтенсивного навантаження або зростання цін на ремонт і продукцію - цей термін може зменшитись до 1,5 року.

Проведене економічне обґрунтування впровадження пневматичної системи вирівнювання стрічки транспортера свідчить про її високу ефективність та швидку окупність менш ніж за 2 роки. Загальні витрати на реалізацію становлять близько 38,5 тис. грн, при цьому річна економія - до 20 тис. грн. Це дозволяє не лише зменшити експлуатаційні витрати, а й підвищити надійність, точність та безперервність технологічного процесу. Впровадження такої системи є економічно обґрунтованим, доцільним і перспективним з погляду автоматизації виробничих ліній.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Проведений аналіз існуючих типів стрічкових транспортерів на машинобудівних підприємствах засвідчив їхню важливу роль у забезпеченні безперервності виробничого процесу. Разом із тим виявлено, що зсув стрічки з осової траєкторії є поширеною технічною проблемою, яка знижує ефективність, надійність та безпеку роботи конвеєрних систем.

Вивчення чинників сходження стрічки та наявних методів її вирівнювання дозволило систематизувати типові причини порушення центрування: асиметричне навантаження, знос роликів, монтажні похибки, несприятливі умови експлуатації. Визначено, що традиційні методи мають обмеження ефективності в умовах динамічних навантажень.

Удосконалення конструкції стрічкового транспортера реалізовано шляхом впровадження системи автоматичного вирівнювання стрічки на основі пневмоциліндрів та щілинних датчиків. Запропоноване технічне рішення дозволяє оперативно коригувати положення стрічки без потреби у втручанні персоналу.

Розроблена схема пневматичної системи забезпечує точну взаємодію між виконавчими пристроями (пневмоциліндрами) та системою контролю (датчиками CST/CSV), що дозволяє утримувати стрічку в межах допустимої траєкторії з мінімальними витратами повітря і часу реакції.

Проведений інженерний розрахунок вузлів кріплення пневмоциліндрів підтвердив надійність болтового з'єднання, що має високий запас міцності на зріз, достатній для умов експлуатації у вібраційному та навантаженому середовищі.

Економічне обґрунтування показало доцільність впровадження системи автоматичного вирівнювання, що забезпечує щорічну економію до 10 000 грн за рахунок зниження зносу стрічки, зменшення витрат на технічне обслуговування та уникнення аварійних зупинок.

У розділі охорони праці проаналізовано основні фактори небезпеки при експлуатації пневматичних систем, розроблено рекомендації щодо їх безпечного використання, організації технічного нагляду та мінімізації ризиків при регулюванні і обслуговуванні.

Рекомендується впровадити систему автоматичного вирівнювання положення стрічки із застосуванням пневмоциліндрів 61M2P040A0025 та щілинних датчиків CST/CSV на стрічкових конвеєрах, що експлуатуються в умовах змінних навантажень.

Доцільно адаптувати технічне рішення до різних типів конвеєрів, зокрема, розробити варіанти кріплення пневмоприводів та розміщення сенсорів для систем з обмеженим простором або агресивним середовищем.

Упровадження розробленої системи доцільно супроводжувати створенням алгоритму періодичної технічної перевірки справності датчиків, герметичності пневмомагістралей та точності реагування виконавчих механізмів.

З метою зниження витрат доцільно передбачити модульність елементів системи, що дозволить легко проводити заміну окремих компонентів без демонтажу всієї конструкції.

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу рекомендується організувати навчання з правил експлуатації пневмосистем та впровадити систему сигналізації про вихід стрічки за межі робочої траєкторії.

Доцільно продовжити дослідження в напрямку застосування альтернативних енергоефективних приводів та вдосконалення сенсорної частини (наприклад, використання оптичних або безконтактних датчиків у запилених середовищах).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Транспортёр Tramco зі стрічкою на повітряній подушці Jetbelt. Посібник із монтажу, експлуатації та обслуговування. AG GROWTH INTERNATIONAL. 2015. 54 с.
2. Кобець А. С., Дирда В. І., Козуб Ю. Г. та ін. Підйомно-транспортні машини. Луганськ: ДЗ "ЛНУ імені Тараса Шевченка", 2013. 218 с.
3. Товариство з обмеженою відповідальністю Дніпровський Завод Конвеєрного Обладнання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://5140.org/company/508903-tov-dzko>.
4. Колісник М.П., Шевченко Д.Ф., Мелашич В.В. Основи розробки, виробництва, монтажу, випробувань та обстежень підйомно-транспортних машин. Навчальний посібник. Дніпропетровськ: Пороги, 2007. 193 с.
5. Цаніді І. М. Вивчення конструкції та визначення основних параметрів стрічкового конвеєра: методичні рекомендації. Дніпро: ДДАЕУ, 2018. 24 с.
6. Дорохов М.Ю. Машини неперервного транспорту. Конспект лекцій. Донбаська державна машинобудівна академія. Краматорськ, 2020. 57 с.
7. Буслов В. К. Об'ємний пневмопривід: Конспект лекцій для студентів, що навчаються за фахом «гідравлічні і пневматичні машини». 2009.
8. Коруняк П., Баранович С., Ковальчук Т. Шляхи вдосконалення конструкцій стрічкових конвеєрів. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2014. № 18. С. 245-250.
9. Коруняк П. С., Малащенко В. О. Спосіб регулювання форми поперечного перерізу стрічки стрічкового конвеєру. Підйомно-транспортна техніка. 2015. №1. С. 48-51.
10. Пасіка В. Р., Малащенко В. О., Коруняк П. С. Проектування стрічкових конвеєрів з розширеними функціональними можливостями. Матеріали XIV Міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків, 23-24 трав. 2019 р. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2019. С. 65–67.

11. Пасіка В. Р., Малащенко В. О., Коруняк П. С. Пропозиції до проектування стрічкових конвеєрів з розширеними функціональними можливостями. Підйомно-транспортна техніка. 2020. No 1. С. 61–66.
12. Бондарев В. С. та ін. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підйимальних і транспортувальних машин: підручник. Київ: Вища шк., 2009. 734 с.
13. Пістун І. П., Березовецький А. П., Березовецький С. А. Охорона праці в галузі сільського господарства (тваринництво, птахівництво) : навч. посіб. / І. П. Пістун, А. П. Березовецький, С.А. Березовецький. Суми : Університетська книга, 2012. 503 с. - ISBN 978-966-680-626-3.
14. Пістун І. П., Березовецький А. П., Березовецький С. А. Охорона праці в галузі сільського господарства (рослинництво) : навч. посіб. / І. П. Пістун, А. П. Березовецький, С. А. Березовецький. Суми : Університетська книга, 2018. 367 с. - ISBN 978-966-680-430-6.
15. Пістун І. П., Кіт Ю. В., Березовецький А. Т. Практикум з охорони праці : навч. посіб. / І. П. Пістун, Ю. В. Кіт, А. Т. Березовецький. Суми : Університетська книга, 2001. 232 с.
16. Гринчук Н. І., Козловський В. В. Економіка машинобудівного підприємства : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 268 с.
17. Панасюк І. В., Ільчук М. М. Економіка і організація інноваційної діяльності : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 192 с.