

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний факультет

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій виробництва приладів

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

 Наталія СТЕЛЬМАХ

«08» липня 2025р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та

технології в приладобудуванні»

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Автоматизація системи керування лінією ланцюгових конвеєрів»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПБ-12

Пономаренко Максим Сергійович

Керівник:

асистент Заєць Сергій Сергійович

Рецензент:

Ст. викл., phd, Паздрій О.Я.







Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент 

Київ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій виробництва приладів
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітньо-професійної програми «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Натадія СТЕЛЬМАХ
«04» Квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Пономаренко Максим Сергійович

1. Тема проєкту «Автоматизація системи керування лінією ланцюгових конвеєрів», керівник проєкту Заєць Сергій Сергійович, асистент, затверджені наказом по університету від «26» травня 2025 р. № 1765-с
2. Термін подання студентом проєкту «3» червня 2025 року.
3. Вихідні дані до проєкту: контролер OBEH/Siemens LOGO, напруга 24 В постійного струму, індуктивні датчики Pepperl+Fuchs NEB12-18GM50-E2-V1, пристрій контролю швидкості УТКС-ІМ-131, датчик температури ADB, датчик температури ADB Lug, ємнісний датчик Binswitch Elite, перетворювач струму Weidmüller ACT20P-CML-10-AO-RC-S, цифровий індикатор OBEH ИТП11 кнопки SB1–SB3, сигнальна лампа HL1, ПЛК, SCADA-система, електропривід змінного струму.
4. Зміст пояснювальної записки

Вступ. Розділ 1. Дослідження конвеєрних ліній: 1.1. Загальна характеристика ланцюгових конвеєрів. 1.2. Сфери використання типових конвеєрів. 1.3. Опис систем керування конвеєрних ліній. 1.4. Переваги та недоліки конвеєрних ліній. 1.5. Постановка задачі. Розділ 2. Процес виготовлення конвеєра: 2.1. Ознайомлення з технічним завданням на конвеєр, вивчення параметрів та умов проєктування. 2.2. Розрахунок тягового зусилля. Підбір елементів. 2.3. Конструкція та принцип роботи конвеєра КПСн-320. 2.4. Процес створення конструкторської документації. Авторський нагляд. 2.5. Процес виготовлення, закупівлі деталей, збирання. Процес автоматизації. 2.6. Заводські випробування. Тестування обладнання та перевірка системи керування. Розділ 3. Автоматизація ланцюгового конвеєра: 3.1. Розробка системи автоматизації. 3.2. Приклад автоматизації ланцюгового конвеєра. 3.2.1. Загальна

характеристика. 3.2.2. Підбір системи та датчиків для конкретного конвеєра.
3.2.3. Алгоритм роботи одного кола ланцюгового конвеєра. Висновки. Список
використаної літератури. Додаток А.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів,
презентацій тощо): Вал привідний (А2); Специфікація валу привідного (А4);
Тяговий елемент (А2); Специфікація тягового елемента (А4); Секція лінійна
(А3х3); Специфікація секції лінійної (А4); Секція натяжна (А1); Специфікація
секції натяжної (А4); Секція привідна (А1); Специфікація секції привідної (А4);
Конвеєр скребковий нестандартизований типу КПСн-320/35 (А1); Специфікація
конвеєра (А4).

6. Дата видачі завдання «1» квітня 2025 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітки
1	Збір та аналіз інформації про конструкцію, принцип дії та класифікацію ланцюгових конвеєрів	05.04.2025	
2	Вивчення систем керування конвеєрних ліній, аналіз типових рішень	12.04.2025	
3	Вивчення систем керування конвеєрних ліній, аналіз типових рішень	23.04.2025	
4	Опрацювання технічного завдання, визначення параметрів і вимог до конвеєра	01.05.2025	
5	Проведення інженерних розрахунків: тягове зусилля, вибір підшипників, зірочок, ланцюга	07.05.2025	
6	Розробка конструкції та принципової схеми роботи ланцюгового конвеєра	14.05.2025	
7	Розробка схеми автоматизації та підбір обладнання	20.05.2025	
8	Побудова алгоритму роботи системи автоматизації та опис її функціонування	28.05.2025	
9	Підготовка пояснювальної записки до представлення	06.06.2025	

Студент

Максим ПОНОМАРЕНКО

Керівник

Сергій ЗАЄЦЬ

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	3	
2	A4	ДПБ.ПБ-12.11.1720.ПЗ	Пояснювальна записка	53	
3	A2	ДПБ.ПБ-12.11.1720.001 СК	Вал привідний	1	
4	A4	ДПБ.ПБ-12.11.1720.001 СП	Специфікація валу привідного	1	
5	A2	ДПБ.ПБ-12.11.1720.002 СК	Тяговий елемент	1	
6	A4	ДПБ.ПБ-12.11.1720.002 СП	Специфікація тягового елемента	1	
7	A3x3	ДПБ.ПБ-12.11.1720.003 СК	Секція лінійна	1	
8	A4	ДПБ.ПБ-12.11.1720.003 СП	Специфікація секції лінійної	1	
9	A1	ДПБ.ПБ-12.11.1720.004 СК	Секція натяжна	1	
10	A4	ДПБ.ПБ-12.11.1720.004 СП	Специфікація секції натяжної	2	
11	A1	ДПБ.ПБ-12.11.1720.005 СК	Секція привідна	1	
12	A4	ДПБ.ПБ-12.11.1720.005 СП	Специфікація секції привідної	2	
13	A1	ДПБ.ПБ-12.11.1720.006 СК	Конвеєр скребковий нестандартизований типу КПСн-320/35	1	
14	A4	ДПБ.ПБ-12.11.1720.006 СП	Специфікація конвеєра	2	
			ДПБ.ПБ-12.11.1720.ПЗ		
		Підп.	Дата		
Розроб.	Пономаренко М.С.			Лист	Листів
Керівн.	Заєць С.С.			1	1
Консульт.				Відомість дипломної роботи	
Н/контр.					
Зав.каф.	Стельмах Н.В.				
				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КІТВП гр. ПБ-12	

Зміст

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ.....	11
1.1. Загальна характеристика ланцюгових конвеєрів.....	11
1.2. Сфери використання типових конвеєрів.....	17
1.3. Опис систем керування конвеєрних ліній.....	19
1.4. Переваги та недоліки конвеєрних ліній.....	21
1.5. Постановка задачі.....	23
РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ КОНВЕЄРА.....	25
2.1. Технічне завдання на конвеєр, вивчення параметрів та умов проектування.....	25
2.2. Розрахунок тягового зусилля. Підбір елементів.....	26
2.3. Конструкція та принцип роботи конвеєра КПСн-320.....	32
2.4. Процес створення конструкторської документації. Авторський нагляд.....	36
2.5. Процес виготовлення, закупівлі деталей, збирання. Процес автоматизації.....	39
2.6. Заводські випробування. Тестування обладнання та перевірка системи керування.....	41
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛАНЦЮГОВОГО КОНВЕЄРА.....	43
3.1. Розробка системи автоматизації.....	43
3.2. Приклад автоматизації ланцюгового конвеєра.....	48
3.2.1. Загальна характеристика.....	48
3.2.2. Підбір системи та датчиків для конкретного конвеєра.....	49
3.2.3. Алгоритм роботи одного кола ланцюгового конвеєра.....	56
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	62
Додаток А.....	64

Анотація

Метою даної дипломної роботи є проєктування та автоматизація ланцюгового конвеєра типу КПСн-320/35, що дозволяє підвищити ефективність транспортування матеріалу, зменшити аварійність та забезпечити стабільну роботу системи в умовах промислового виробництва.

У роботі проведено дослідження типових конструкцій ланцюгових конвеєрів, визначено їх призначення, сферу застосування, переваги та недоліки. Розглянуто типові системи керування конвеєрними лініями та сформульовано технічну задачу, яку необхідно вирішити в рамках проєкту.

Запроєктовано конструкцію ланцюгового конвеєра з урахуванням основних параметрів, проведено розрахунок тягового зусилля, підібрано підшипники, зірочки та тип тягового елемента. Сформовано технічне завдання, розроблено конструкторську документацію, виконано проєктування основних секцій — привідної, лінійної та натяжної. Також описано процес виготовлення, зборки та проведення заводських випробувань.

Особливу увагу приділено побудові системи автоматизації. Розроблено алгоритм роботи одного кола конвеєра з урахуванням сигналів від п'яти типів датчиків: температури підшипника, температури поверхні, рівня заповнення, швидкості та виявлення провисання або обриву ланцюга. Проведено підбір відповідного датчикового обладнання.

Графічна частина дипломної роботи містить креслення вузлів та секцій конвеєра, специфікацію, алгоритм керування одним циклом роботи та функціональну схему. Робота має практичну цінність і може бути адаптований для впровадження у виробництво.

Anotation

The purpose of this diploma project is the design and automation of a scraper chain conveyor of the КПЧ-320/35 type, which aims to improve the efficiency of material transportation, reduce failure rates, and ensure stable system operation under industrial conditions.

The project includes a study of typical chain conveyor designs, identifying their purpose, areas of application, advantages, and disadvantages. Standard control systems for conveyor lines are reviewed, and a technical task to be solved within the scope of the project is formulated.

The design of the chain conveyor is developed based on key parameters, including the calculation of traction force, selection of bearings, sprockets, and type of traction element. A technical specification is compiled, design documentation is prepared, and the main sections — drive, linear, and tensioning — are designed. The manufacturing process, assembly, and factory testing are also described.

Special attention is given to the development of the automation system. An algorithm for one operation cycle of the conveyor is designed, considering signals from five types of sensors: bearing temperature, surface temperature, fill level, speed, and chain sag/break detection. Appropriate sensor equipment is selected.

The graphical part of the diploma project includes drawings of conveyor units and sections, a specification, an algorithm for controlling a single work cycle, and a functional diagram. The project has practical value and can be adapted for implementation in production.

Перелік скорочень та умовних позначень

КПСн – Конвеєр Пластинчастий Скребковий нестандартизований

ВП – вимикач позиційний

КД – конструкторська документація

КБ – конструкторське бюро

UCP – Unit Cast Pillow block

UCF – Unit Cast Flanger

Q – продуктивність

L – довжина конвеєра

γ – об'ємна маса транспортованого матеріалу

β – кут нахилу траси конвеєра

B – ширина жолоба конвеєра

B_c – ширина скребка

h – висота шару транспортованого матеріалу

ϕ – коефіцієнт заповнення жолоба (з урахуванням тягового елемента)

v – необхідна швидкість руху тягового елемента

K – коефіцієнт опору руху тягового елемента по зірочці

W – сумарне зусилля на привідній зірочці

N – розрахункова потужність руші

η – коефіцієнт корисної дії рушія

M – крутний момент на привідній зірочці

D – діаметр ділильного кола зірочки

n – кількість обертів зірочки

S – тягове зусилля ланцюга

C' – коефіцієнт участі маси холостої вітки в коливальному процесі

z_p – кількість зубів зірочки (розрахункова)

ВСТУП

З стрімким розвитком промисловості та автоматизації, виникла потреба підвищення ефективності внутрішньоцехових логістичних процесів. Сучасне виробництво неможливе без систем транспортування матеріалів, деталей та продукції. Важливе місце в автоматизованій виробничій системі займають конвеєрні лінії – машини безперервної дії, що призначені для транспортування сировини, заготовок та готової продукції між окремими технологічними процесами.

Ланцюгові конвеєри використовуються на підприємствах різних галузей промисловості для підвищення продуктивності та ефективності. Надійна та безперервна робота конвеєрів впливає на ритмічність всіх ланок технологічного процесу та допомагає зменшити витрати на логістику на підприємствах.

Лінії ланцюгових конвеєрів не будуть ефективно функціювати без правильного вибору засобів автоматизованого керування. В епоху розвитку новітніх технологій є можливість в створенні таких систем, які будуть самостійно реагувати на зміну параметрів та сигналізувати про помилки. За допомогою цього підвищується безпека праці, мінімізується час простоїв та збільшується швидкість виробництва на підприємстві.

Вибір даної теми пов'язаний з необхідністю вдосконалення автоматизованих систем керування ліній ланцюгових конвеєрів за рахунок сучасних вимог та технологій. Потрібно звернути увагу на вирішення існуючих проблем та розробку ефективного алгоритму керування, що враховує роботу саме ланцюгових конвеєрів.

Отже, результати роботи можуть бути використані на реальних підприємствах, для модернізації виробничих процесів та підвищення їхньої конкурентоспроможності.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ

1.1. Загальна характеристика ланцюгових конвеєрів

Використання засобів безперервного переміщення залежить від характеру вантажу, продуктивності навантажувально-розвантажувальних та транспортних операцій, конструктивних особливостей, відстані між пунктами передачі та їх взаємного розташування тощо.

Транспортуючі машини для переміщення поділяються на устаткування безперервної і періодичної дії. Перші виконують безперервне переміщення вантажу, другі – періодична подача вантажу із паузами для його завантаження та розвантаження.

Класифікація транспортуючих машин безперервної дії наведена на рис.1.1.

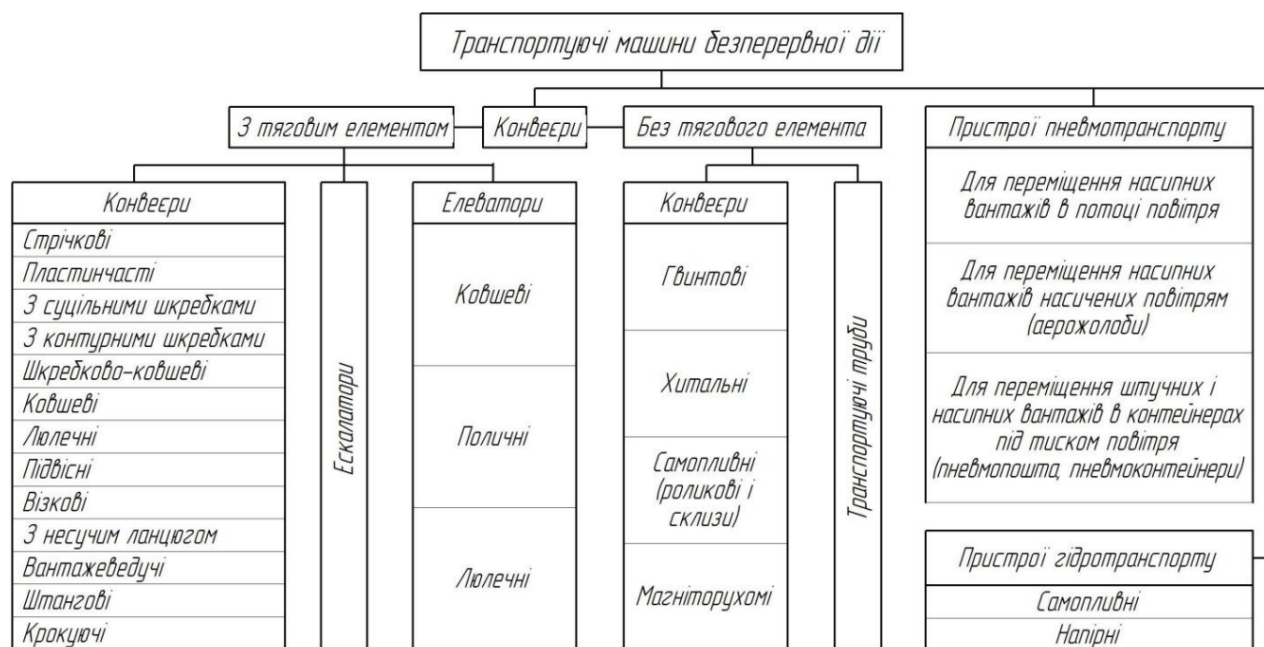


Рис.1.1. Загальна класифікація транспортуючих машин [1]

Конвеєри є важливою частиною технологічного процесу, вони відповідають за темп виробництва, забезпечують ритмічність, гнучкість та продуктивність. В поєднанні з виконанням технологічних функцій, конвеєри є

головним елементом автоматизації навантажувально-розвантажувальних і складських операцій.

Розглянемо характерні особливості машин безперервної дії:

- Стрічкові конвеєри – бувають горизонтальні, похилі або комбіновані, прогумованою, сталевою суцільно прокатною або дротяною стрічкою.
- Ланцюгові конвеєри – пересувні та стаціонарні.
- Стрічково-ланцюгові конвеєри – розрізняють з одним або двома пластинчастими ланцюгами.
- Скребкові конвеєри – з одним або двома ланцюгами.
- Гвинтові конвеєри – похилі, горизонтальні і вертикальні, з одно- і багатоходовим гвинтом, з суцільним, стрічковим і лопатевим гвинтом.
- Елеватори – розділяють на спіральні, люлечні, ковшові, фрикційні, поличні [1].

На сучасних підприємствах почали все більше використовувати ланцюгові конвеєри. Вони використовуються для транспортування сипких, важких вантажів або з високим температурним рівнем. В порівнянні зі стрічковим конвеєром, ланцюгові мають досить велику продуктивність та якість. Тому не дивлячись на дорожнечу, вони зарекомендували себе як стабільно працюючі та зносостійкі машини.

Основою даного конвеєра є те, що зусилля виконуються за допомогою ланцюга, він може бути один або два. Конструкційні особливості дозволяють виконувати завантаження, переміщення і подальше відвантаження вантажу, що транспортується. Ланцюговий конвеєр має вигляд коробки, всередині якого розташована перегородка або підтримуючі пристрої. Сконструйовано

ланцюговий конвеєр із вузлів типового вигляду. У конструкції конвеєра розрізняють три секції: провідна, проміжна та секція для натягу. Ланцюг виконує роль робочого органу конвеєра на який встановлено спеціальний скребок. Залежно від модифікації конвеєра, ланцюги зазвичай пластинчастого типу. Робота конвеєра здійснюється за рахунок редуктора та електричного двигуна. Це обладнання розташоване на рамі та зв'язується за допомогою передачі ремінного типу або напряму. Ланцюгові конвеєри діляться на безліч підрозділів. Все залежить від конструктивних особливостей [2].

До ланцюгових конвеєрів відносяться пластинчасті, скребкові, ковшові конвеєри (рис.1.2.) та ін.



Рис.1.2. Пластинчатий, скребковий і ковшовий конвеєр [3]

Пластинчасті конвеєри

Пластинчасті конвеєри використовують для транспортування тарно-штучних вантажів, агресивних або нагрітих вантажів. Робочі органи скріплені з тяговим елементом (ланцюгами) транспортують вантаж. Хоча загальні схеми пластинчастого та стрічкового конвеєра схожі, вони конструктивно різняться.

Пластинчастий конвеєр (рис.1.3.) – нескінченне полотно, яке рухається та складається з двох паралельних тягових елементів (також, застосовують конвеєри з одним ланцюгом), до них прикріплені пластини для тарно-штучних

вантажів або лотки, вони транспортують сипучий вантаж. Ланцюги обгинають приводну та натяжні зірочки.

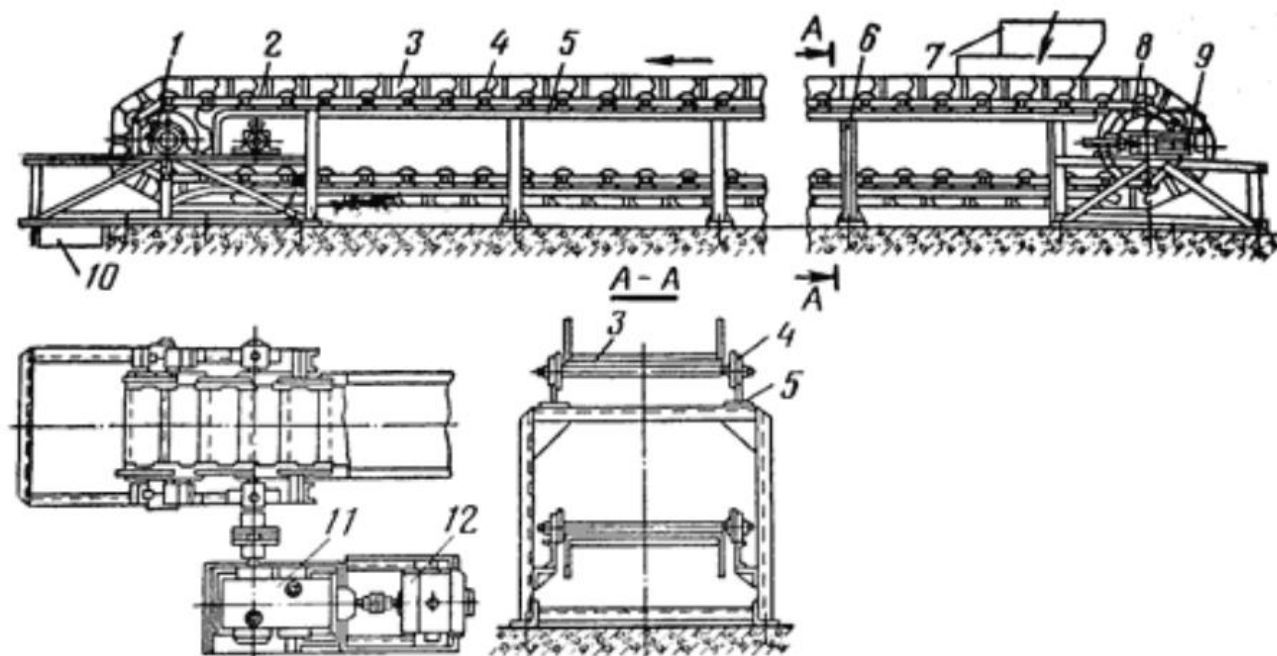


Рис.1.3. Схема пластинчастого конвеєра [4]

1 — приводна зірочка; 2 — ланцюг; 3 — пластина; 4 — каток; 5 — направляюча шина; 6 — станина; 7 — завантажувальний отвір; 8 — натяжна зірочка; 9 — натяжна конструкція; 10 — розвантажувальний отвір; 11 — редуктор; 12 — електродвигун.

Ходові ролики, що котяться при русі конвеєра по напрямних станинах, виконують завдання опори для пластин та ланцюгів. Через редуктор передається обертання від електродвигуна на приводний вал.

В порівнянні з стрічковим конвеєрами, в яких натяжний пристрій виконує передачу тягового зусилля тертям, у пластинчастих конвеєрах – передається зачепленням. Попередній натяг обирають мінімальним для ліквідації прогину тягового елемента.

Скребкові конвеєри

Скребкові конвеєри (рис.1.4.) – конвеєри, які для переміщення використовують скребки, розташовані на тяговому елементі. Вони використовуються для переміщення сипучих вантажів, у яких відсутня упаковка.

Їх особливість в тому, що транспортувати вантаж вони можуть у горизонтальному або похилому положенні. Також, вантаж на такий конвеєр можна закладати в будь-якій точці. Отже, конвеєри даного типу можуть завантажуватися і розвантажуватися по всьому жолобі. Особливість конструкції – це те, що контур скребків повинен повторювати контур перерізу жолоба.

Скребкові конвеєри використовують, коли вантаж потрібно транспортувати на відстань до 100 метрів. Швидкість робочого органу конвеєрів, становить від 20 сантиметрів в секунду до півметра. Інколи зустрічаються конвеєри з швидкістю до 1 метра в секунду. Через постійну необхідність при роботі долати опір, конвеєри характеризуються значною витратою енергії.

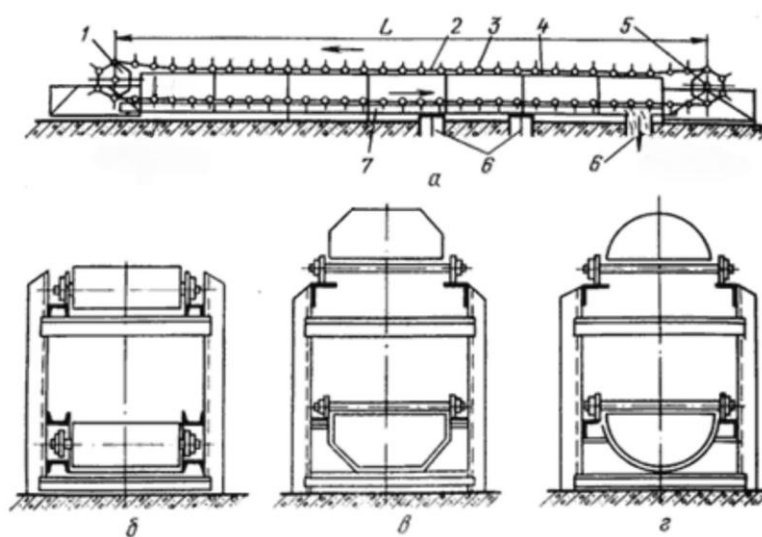


Рис.1.4. Схема скребкового конвеєра [4]

а — загальний вигляд: 1 — натяжний пристрій; 2 — тяговий елемент; 3 — скребок; 4 — направляюча шина; 5 — приводний пристрій; 6 — розвантажувальний пристрій; 7 — жолоб; б — розріз конвеєра з скребками прямокутної форми; в — скребки трапецієдальної форми; г — скребки напівкруглої форми.

Ковшові конвеєри

Ковшові конвеєри (рис.1.5.) використовуються для транспортування та між операційного переміщення в процесі технологічного процесу тарно-штучних та сипучих вантажів. Вони складаються з тягового елемента, зірочок та несучих елементів.

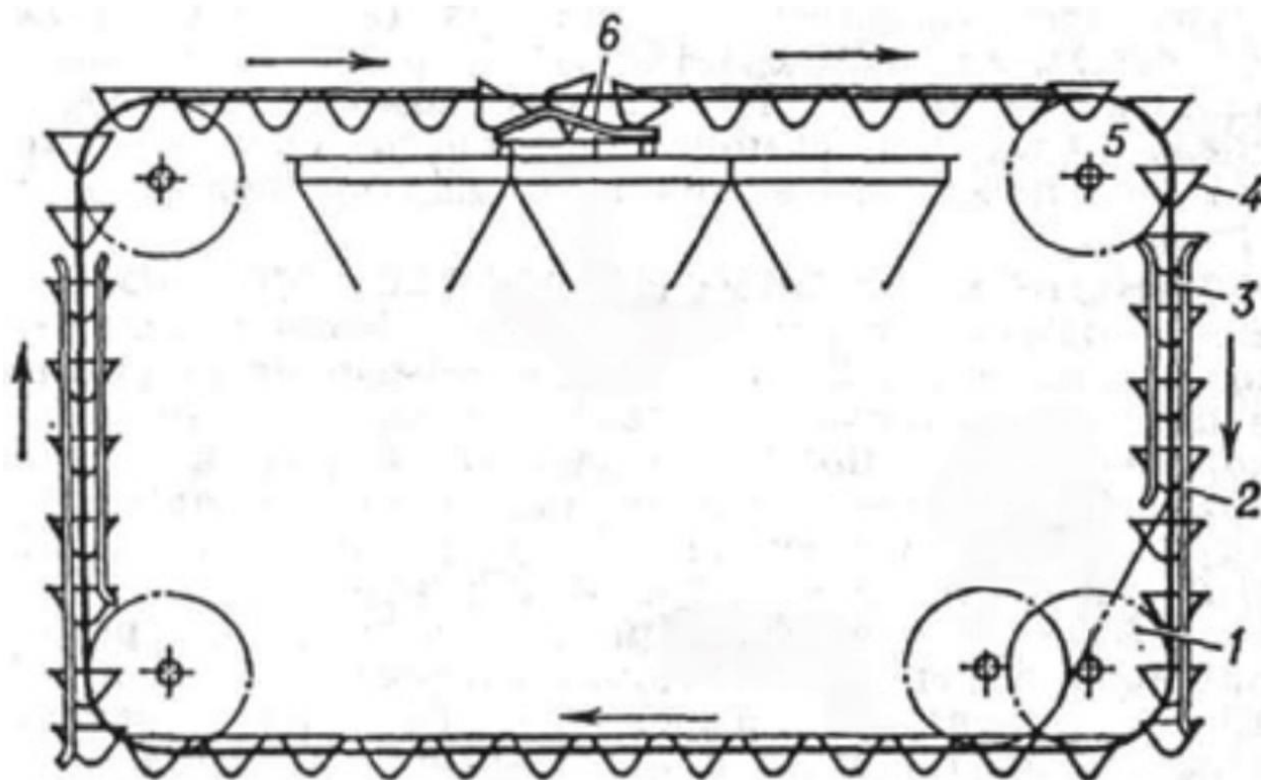


Рис.1.5. Схема ковшового конвеєра [4]

1 – натяжна зірочка; 2 – напрямляючі; 3 - тяговий ланцюг; 4 – ківші; 5 - привідна зірочка; 6 – розвантажувальний пристрій.

Перевагою цих конвеєрів є те, що розвантаження можливе в будь-якому місці. Ківші доходять до спеціальних упорів і перекидаються, висипаючи вантаж. Потім вони займають вихідне положення.

Різні конвеєри можуть виконувати одну й ту ж транспортну операцію. При раціональному виборі типу конвеєра, що забезпечує найбільший технічний

і економічний ефект в переробній і харчовій промисловості, необхідно враховувати наступні чинники:

- Властивості вантажів.
- Необхідну продуктивність.
- Потрібний ступінь автоматизації виробничого процесу.
- Спосіб зберігання вантажу.
- Характеристики приміщення для конвеєра.
- Розміри простору для установки.
- Особливості специфікації виробництва.
- Можливість зміни траси транспортування.
- Вимоги охорони праці [4].

1.2. Сфери використання типових конвеєрів

Конвеєри виконують різні завдання у виробничих приміщеннях, такі як:

- Переміщення з однієї точки в іншу.
- Транспортування вантажів, які занадто важкі для працівників.
- Переміщення товару, поки над ним працюють, як на автомобільному заводі.
- Захист від травм при повторювальних рухах працівників та захист продукції від пошкодження.
- Доставка продукції до робота або отримання від нього [5].

Ланцюговий конвеєр – машина для транспортування вантажів, яку використовують в різних галузях промисловості. Його складові це: ланцюг, тяговий та направляючий пристрій, передавальний та натяжний пристрій тощо. Основною функцією є транспортування матеріалів, допомагаючи досягти

ефективного та продуктивного виробництва. Завдяки використанню різноманітних передових технологій в конструкції конвеєра, він вважається надійним та довговічним.

Ланцюговий конвеєр виконує основну роль у різних галузях промисловості. По-перше, він широко використовується в гірничодобувній промисловості. Ланцюговий конвеєр може транспортувати великі матеріали на великі відстані в шахтах. Він витримує навантаження та високошвидкісне транспортування, при цьому забезпечуючи безпечне та ефективне переміщення матеріалів. Також, його використовують для очищення резервуарів для зберігання руди, сортування руд та інших процесів.

По-друге, ланцюговий конвеєр застосовують в металургійній промисловості. Він допомагає в транспортуванні та переробці в металургійному процесі. Нормальна праця при високій температурі та суровому середовищі, виконується завдяки спеціальній структурній конструкції. Конвеєр має кращу зносостійкість, що задовольняє потреби металургійної промисловості.

Також, ланцюговий пластинчастий конвеєр відіграє основну роль у цементній промисловості. У процесі виробництва цементу є необхідність транспортувати сировину до обладнання. Ланцюговий конвеєр переміщає матеріали на різних етапах процесу для забезпечення безперервності виробничої лінії. Він може контролювати та регулювати матеріали з високою точністю та підвищувати ефективність виробництва.

Конвеєр широко використовується в хімічній промисловості, електроенергетиці, переробці зерна тощо. Він може транспортувати хімічні продукти, такі як порошок та гранули. Також, використовується для виробництва електроенергії на різних процесах транспортування матеріалів. Він

застосовується для транспортування та змішування в процесі зберігання та переробки зерна.

Ланцюговий конвеєр – це ефективне та потужне обладнання на багатьох галузях промисловості. Він міцний та надійний, адаптований для потреб переміщення у різних галузях промисловості [6].

Сфера використання типових конвеєрів:

- Обробна промисловість: переміщення матеріалів у виробничій лінії автомобілів, складанні електронних виробів тощо.
- Логістика: автоматизація складу та сортувального центру.
- Галузь харчування: транспортування інгредієнтів зі сховища до зони приготування їжі.
- Медицина: переміщення ліків і медичних приладів для підвищення ефективності роботи спеціалістів.
- Сільське господарство: використання в автоматизованому посіві та збиранні врожаю для переміщення врожаю з ферми до складу.
- Громадські місця: транспортування багажу та засобів самообслуговування пасажирів.
- Захист навколишнього середовища: переміщення сміття та відходів для ефективної переробки.
- Будівництво: допомога в переміщенні важких вантажів [7].

1.3. Опис систем керування конвеєрних ліній

Одним з головним елементом автоматизації є системи керування конвеєрними лініями. Вони підвищують ефективність, гнучкість та безперервність транспортування. Правильність вибору системи дозволить облегшити подальше використання всієї лінії.

До основних компонентів системи керування входять програмовані логічні контролери (ПЛК), які обробляють сигнали від датчиків та керують виконавчими механізмами. Не менш важливими елементами є датчики та сенсори. Їх використовують для моніторингу системи та виявлення наявності виявлення вантажу, контролю положення стрічки тощо. Електроприводи керують рухом конвеєрів, враховуючи необхідну швидкість та напрямок транспортування. Також, системи безпеки включають аварійні вимикачі, системи захисту від перевантаження та інші механізми для забезпечення безпечної роботи.

Типи систем керування:

- Локальні: виконують керування невеликими ділянками лінії та окремими конвеєрами.
- Централізовані: керування усією конвеєрною лінією з одного центру управління.
- Гнучкі: адаптація до змін у виробничому процесі.

Функції та операції керування:

- Послідовний автоматичний пуск конвеєрів з необхідною витримкою часу між пусками окремих приводів.
- Використання пульта керування для пуску усієї або частини конвеєрної лінії; до запуск з пульта керування з попереджувальним звуковим сигналом.
- При спрацьовуванні засобів захисту та контролю – автоматичне відключення приводів конвеєра.
- Керування з кнопок блоку управління кожним конвеєром.

Система проводів, прокладених уздовж кожного конвеєра забезпечує аварійну зупинку [8].

1.4. Переваги та недоліки конвеєрних ліній

Розглянемо переваги ланцюгового конвеєра. По-перше, на конвеєрах можливе налаштування розмірного руху вантажу, що запобігає його падінню зі стрічки. Також, дані конвеєри оснащені спеціальними пристроями, як: антиковзкі накладки, бортики та спеціальні обмежувачі. Пристрій ланцюгових конвеєрів дозволяє проводити налаштування, які задають маршрут та кількість вантажу, що переміщується. До того ж вони є досить ергономічні, тому це дозволяє використовувати їх в невеликих приміщеннях. Виготовляють дані конвеєри з оцинкованої, конструкційної або нержавіючої сталі [2].

Конвеєрні системи є одним з головних інструментів в автоматизації, які використовуються в різних сферах промисловості. Вони забезпечують швидкість, точність та ефективність в переміщенні вантажів. Конвеєр вважається найефективнішим обладнанням на підприємстві, і ось чому:

- Автоматизація виробничих процесів

Конвеєри допомагають ефективно та безперервно транспортувати вантажі вздовж виробничих ліній. Це дозволяє підвищити продуктивність та зменшити час виробництва продукції.

- Логістика

З початком використання конвеєрів стало легше сортувати товари, вивантажувати вантажі та готувати замовлення. Процес управління складом став економічним та швидшим.

- Гнучкість

Адаптивність під різні види виробництва або складських потреб, дозволяє підвищити продуктивності та швидкість виробництва.

- Зменшення витрат та помилок

З використанням конвеєрів людські помилки мінімізовані та знижуються витрати на робочу силу, тому що автоматизовані системи працюють безперервно та надійно.

- Енергоефективність

Новітні технології дозволяють зменшити споживання енергії та викиди в атмосферу [9].

Переваги ланцюгового конвеєра:

- Надійність. Виготовленні з міцної сталі для роботи роками з мінімальними поломками.
- Довговічність. Стійкі до зносу та стирання при інтенсивному використанні.
- Вантажопідйомність. Піднімає вантажі, які неможливо переміщати вручну.
- Чистота. Запобігання розливанню матеріалу та утримання пилу за допомогою закритих ланцюгів.
- Компонування. Можуть бути поєднані горизонтально або під нахилом уздовж нелінійних шляхів.
- Обслуговування. За рахунок герметичності підшипників, необхідний догляд зводиться до мінімуму.
- Масштабованість. Використання великих систем на відміну від інших видів конвеєрів.

Ці переваги стають основними причинами при виборі конвеєра для автоматизації транспортування вантажів на різних виробництвах. Але також, потрібно звернути увагу на недоліки.

Недоліки ланцюгового конвеєра:

- Високі початкові витрати. Потрібні значні капіталовкладення порівняно з ручною працею.
- Фіксований шлях. Переміщують матеріали за визначеним шляхом.
- Збій. Припинення роботи всієї лінії може викликати одна помилка.
- Шум. Деякі ланцюги можуть бути шумними.
- Захисне огороження. Відкриті ланцюги потребують використання захисних засобів.
- Навчання. Оператори повинні бути повністю навчені користуванню для оптимальної роботи.

При виборі конвеєру звертають увагу на те, щоб продуктивність та ергономічні переваги покривали недоліки. Важливими аспектами при виборі конвеєра є необхідна вантажопідйомність, цілі ефективності та бажана пропускна здатність. Також, не потрібно забувати за просторові обмеження та обмежений бюджет [10].

1.5. Постановка задачі

Метою даної роботи є розроблення автоматизованої системи керування, яка забезпечить ефективну та надійну роботу лінії ланцюгових конвеєрів, для підвищення продуктивності та оптимізації виробничих процесів.

Щоб досягти поставленої мети потрібно перш за все проаналізувати існуючі системи керування та виявити переваги та недоліки. Після цього можна перейти до проектування структури автоматизованої системи. Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації є наступним етапом. Далі потрібно розробити структурну та функціональну схеми керування системи.

Після цих етапів змодельовано роботу системи у віртуальному середовищі. В кінці розрахуємо ефективність впровадження системи та порівняємо з вже існуючими.

Розробка автоматизованої системи вимагає врахування багатьох факторів, які в свою чергу залежать від конкретної потреби: тип продукції, навантаження, габарити, умови виробництва тощо. Кожен з цих факторів має вплив на вибір обладнання, схему автоматизації та логіку керування.

Ланцюгові конвеєри використовуються через свою високу вантажопідйомність, та надійність. Вони ідеально підходять для транспортування важких або сипучих матеріалів. Для розробки ідеальної автоматизованої системи необхідно збалансувати переваги та потенційні обмеження конвеєра, враховуючи всі фактори виробництва.

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ КОНВЕЄРА

2.1. Технічне завдання на конвеєр, вивчення параметрів та умов проектування

Перший етап у виробництві конвеєра це вивчення технічного завдання, яке задав замовний. Воно містить основні параметри та вимоги виготовленого конвеєра або системи. Технічне завдання постає головним документом, який описує основні технічні та функціональні характеристики обладнання.

Дані, які наведені в технічному завданні:

- Призначення: переміщення певних деталей або матеріалів між технологічними операціями.
- Вага вантажу: максимальне та сумарне навантаження на лінію.
- Розміри: довжина, ширина, висота.
- Робоче середовище: вологість, температура, запиленість, агресивні середовища.
- Швидкість транспортування: циклічного ао безперервного режиму в м/с.
- Автоматизація: потреба у встановленні додаткових датчиків та контролерів, пульта керування та аварійної зупинки.
- Матеріали: враховуючи навантаження, доступність на ринку, корозійну стійкість.

Також, в технічному завданні вказанні вимоги для умов експлуатації, ергономіки та обслуговування обладнання. Після вивчення всіх даних формується технічне бачення, яке стає основою для подальших розрахунків компонентів конвеєра.

2.2. Розрахунок тягового зусилля. Підбір елементів

Другим етапом виконуються інженерні розрахунки на основі даних з технічного завдання. Також, здійснюють підбір механічної структури ланцюгового конвеєра.

1. Вступ

1.1. Цей розрахунок поширюється на конвеєр скребковий нестандартизований типу КПСн-320/35, призначений для транспортування шроту в лінії переробки насіння соняшника на ПрАТ «АДМ Іллічівськ», м Іллічівськ.

2. Вихідні дані.

2.1. Продуктивність $Q = 20,0$ т/год.

2.2. Довжина конвеєра, умовна, $L = 35$ м.

2.3. Транспортований матеріал: шріт.

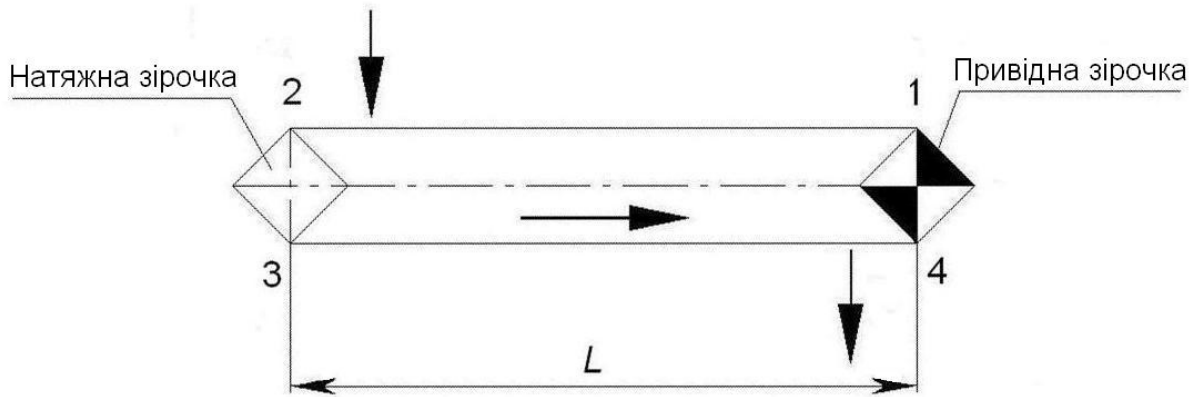
2.4. Об'ємна маса транспортованого матеріалу $\gamma = 0,4$ т/м³.

2.5. Кут нахилу траси конвеєра $\beta = 0^\circ$.

2.6. Ширина жолоба конвеєра $B = 320$ мм.

2.7. Ширина скребка $B_c = 300$ мм.

3. Схема конвеєра



4. Розрахунок основних параметрів

4.1. Визначення висоти шару транспортованого матеріалу:

$$h = (0,3...0,6)B_c = (0,3...0,6) \cdot 300 = 90...180 \text{ мм}$$

де: B_c - ширина скребка, $B_c = 300 \text{ мм}$.

Приймаємо $h = 110 \text{ мм} = 0,11 \text{ м}$

4.2. Визначення необхідної швидкості руху тягового елемента:

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot B \cdot h \cdot \psi \cdot \gamma \cdot K_\beta} = \frac{20}{3600 \cdot 0,32 \cdot 0,11 \cdot 0,85 \cdot 0,4 \cdot 1} = 0,46 \text{ м/с}$$

де: $\psi = 0,85$ - коефіцієнт заповнення жолоба конвеєра з урахуванням об'єма, який займає тяговий елемент;

$K_\beta = 1$ - коефіцієнт, залежний від кута нахилу конвеєра;

$\gamma = 0,4 \text{ т/м}^3$ - прийнята розрахункова об'ємна маса транспортованого матеріалу.

Приймаємо швидкість руху тягового елемента $v = 0,5 \text{ м/с}$.

5. Визначення продуктивності конвеєра

При швидкості руху тягового елемента $v = 0,5 \text{ м/с}$ продуктивність складатиме:

$$Q = 3600 \cdot B \cdot h \cdot \psi \cdot K_{\beta} \cdot \gamma \cdot v = 3600 \cdot 0,32 \cdot 0,11 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 0,5 = 21,5 \text{ т / год.}$$

При прийнятих параметрах продуктивність конвеєра забезпечена.

6. Тяговий розрахунок

6.1. Погонне навантаження від переміщення вантажу:

$$q_{\Gamma} = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{20}{3,6 \cdot 0,5} = 11,1 \text{ кг/м};$$

6.2. Погонна маса тягового елемента (для ланцюга типу М112 ГОСТ 588):

$$q_{\text{т.е.}} = 20 \text{ кг/м.}$$

6.3. Методом обходу по контуру схеми конвеєра визначаємо натяг і опір рухові тягового елемента.

$$S_{\min} = (100 \dots 300 \text{ кг}) \text{ для ланцюгів з низькими скребками.}$$

Натяг в точці **1**:

$$S_1 = S_{\min} = 100 \text{ кг}$$

Натяг в точці **2**:

$$S_2 = S_1 + q_{T.E.} \cdot L \cdot w_p = 100 + 20 \cdot 35 \cdot 0,04 = 128 \text{ кг},$$

де $w_p = 0,04$ - коефіцієнт опору руху обертання підтримуючих роликів.

Натяг в точці **3**:

$$S_3 = K \cdot S_2 = 1,1 \cdot 128 = 140,8 \text{ кг},$$

де $K = 1,1$ - коефіцієнт опору руху тягового елемента по зірочці.

Натяг в точці **4**:

$$S_4 = S_3 + q_{T.E.} \cdot L \cdot w_{T.E.} + q_{\Gamma} \cdot L \cdot w_{\Gamma} = 140,8 + 20 \cdot 35 \cdot 0,4 + 11,1 \cdot 35 \cdot 0,66 = 677,2 \text{ кг}$$

де $w_{T.E.} = 0,4$ - коефіцієнт опору руху тягового елемента по жолобу.

$w_{\Gamma} = 0,66$ - коефіцієнт опору руху вантажу по жолобу.

Визначаємо сумарне зусилля на привідній зірочці:

$$W_0 = S_4 - S_1 + (K - 1) \cdot (S_4 + S_1) = 677,2 - 100 + (1,1 - 1) \cdot (677,2 + 100) = 655 \text{ кг}.$$

6.4. Визначаємо розрахункову потужність рушія:

$$N = \frac{W_0 \cdot \nu \cdot n_y}{102 \cdot \eta} = \frac{655 \cdot 0,5 \cdot 1,1}{102 \cdot 0,73} = 4,8 \text{ кВт}$$

де: $n_y = 1,1$ – установочний коефіцієнт потужності;

$\eta = 0,73$ – к.к.д. рушія на базі моторедуктора.

Приймаємо $N = 7,5$ кВт.

6.5. Визначаємо крутний момент на привідній зірочці:

$$M_{kp} = \frac{K_3 \cdot W_0 \cdot D_0}{2} = \frac{1,15 \cdot 655 \cdot 0,269}{2} = 101,3 \text{ кг} \cdot \text{м} = 1013 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

де: $D_0 = 0,269$ – діаметр ділильного кола привідної зірочки, м;

$K_3 = 1,15$ – коефіцієнт запасу.

6.6. Визначаємо кількість обертів привідної зірочки:

$$n = \frac{60 \cdot \nu}{\pi \cdot D_0} = \frac{60 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 0,269} = 35,5 \text{ об/хв.}$$

6.7. Визначаємо розрахункове тягове зусилля ланцюга:

$$S_p = K_3 \cdot (S_4 + S_{дин}) = 1,15 \cdot (677,2 + 330,7) = 1159 \text{ кг}$$

де: $S_{дин}$ - динамічне навантаження на ланцюг від привідної зірочки:

$$S_{дин} = \frac{6 \cdot \pi^2 \cdot (q_{\Gamma} + C' \cdot q_{\Gamma.E.}) \cdot L \cdot v^2}{g \cdot z_p^2 \cdot t_{\Gamma}} = \frac{6 \cdot 3,14^2 \cdot (11,1 + 1,1 \cdot 20) \cdot 35 \cdot 0,5^2}{9,81 \cdot 6,5^2 \cdot 0,125} = 330,7 \text{ кг}$$

де: C' – коефіцієнт участі маси холостої вітки тягового елемента в коливальному процесі, $C'=1,1$ при $L=51,5$ м;

z_p – розрахункова кількість зубів зірочки, $z_p = 6,5$ (для двох західної зірочки).

6.8. Визначаємо розрахункове розривне зусилля ланцюга:

$$S_{розр} = n \cdot S_p = 9 \cdot 1159 = 10431 \text{ кг.}$$

де $n = 9$ – коефіцієнт запасу міцності ланцюга.

7. Висновки

7.1. Згідно з результатами розрахунків вибираємо мото редуктор, тяговий ланцюг і зірочку.

7.1.1. Мото редуктор циліндричний типу SEW FA87 DRS132M4, з номінальною потужністю $N = 7,5$ кВт, номінальним крутним моментом $M_{кр} = 1940$ Н·м., номінальною кількістю обертів на вихідному валу $n = 37$ об/хв.

7.1.2. Ланцюг пластинчатий типу M112-1-125-1 ГОСТ 588, з розривним навантаженням 11200 кг (обирається за рис.2.1. та таблицею 2.1.).

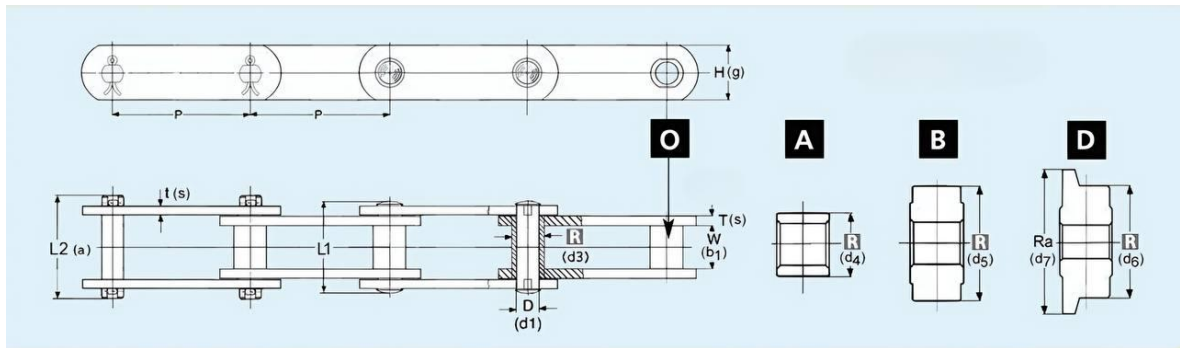


Рисунок 2.1. – Креслення ланцюга [11]

Тягові пластинчасті ланцюги серії М виробництва Sircatene, Італія, KettenWulf, Німеччина, Donghua, Китай. Конструкція передбачає чотири варіанти: втулкові, роликові, каткові та каткові з ребордою [11].

Таблиця 2.1. – ЛАНЦЮГИ ТЯГОВІ ПЛАСТИНЧАСТІ тип М ГОСТ 588-81

Тип	Крок (мм)	Вага ролика (кг/м)	Втулка Ø (мм)	Ролік Ø (мм)	Ширин (мм)	Штифт Ø (мм)	Довжина штифта (мм)	Товщина пластини (мм)	Висота (мм)	Поверхня з'єднання (см²)	Граничне навантаже ння (Н)
	P	q	d3	d4 / d5 / d6/d7	W(b1)	D(d1)	L1 / L2(a)	T/t(s)	H(g)	f	F
M 20	50-100	0,85-1	9	12,5 / 25 / 30	16	6	32 / 35	2,5	18	1,32	20000
M 28	50-160	1,1-1,5	10	15 / 30 / 36	18	7	36 / 43	3	20	1,75	28000
M 40	63-200	1,6-2,2	12,5	18 / 36 / 42	20	8,5	40 / 49	3	25	2,38	40000
M 56	63-200	2,3-3,3	15	21 / 42 / 50	24	10	47 / 54	4	30	3,3	56000
M 80	80-200	3,5-4,6	18	25 / 50 / 60	30	12	57 / 65	5	35	4,5	80000
M 112	80-250	4,7-6,7	21	30 / 60 / 70	32	15	65 / 74	6	40	6,75	112000
M 160	100-315	6,8-9,7	25	36 / 70 / 85	37	18	75 / 86	7	46	9,36	160000
M 224	125-315	9,7-13	30	42 / 85 / 100	43	21	88 / 100	8	50	12,6	224000

7.1.3. Двох західна привідна зірочка з діаметром діляльного кола $D_0 = 0,269$ м, з кількістю зубів $z=13$.

7.2. Отримані дані є підставою для розробки технічного завдання (ТЗ) на конвеєр скребковий.

2.3. Конструкція та принцип роботи ланцюгового конвеєра КПСн-320

1. Конвеєр складається з послідовно з'єднаних закритих привідної, натяжної та лінійних секцій. В середині секцій знаходиться тяговий елемент,

верхня вітка якого розташована на підтримуючих роликах, закріплених до бокових секцій.

2. Секція привідна складається з таких вузлів:

- корпус з дном і торцевою стінкою;
- кришка з оглядовим люком;
- вал на підшипниках з привідною зірочкою;
- ущільнення привідного валу;
- пристрій контролю обриву ланцюга;
- ролик підтримуючий;
- рушій;
- кронштейн реактивної опори рушія.

3. Корпус секції привідної - зварної конструкції, з дном, боковини та торцеву стінку. Боковини мають торцеві фланці для з'єднання з лінійною секцією, отвори для кріплення кришки секції та підтримуючого ролика.

4. На боковинах корпусу приварені опори для виносних підшипників, передбачені пази для встановлення привідного валу з зірочкою і місця для кріплення пристрою контролю обриву ланцюга.

5. Вал з привідною зірочкою змонтований на виносних корпусних підшипниках типу UCP 314.

6. До торцевої стінки привідної секції за допомогою болтів закріплений кронштейн, до якого фіксується реактивна опора рушія.

7. Привідна секція укомплектована пристроєм контролю обриву ланцюга прапорного типу з кінцевим вимикачем типу ВП 15К 21А221-54-У2.8, який спрацьовує в разі натискання на прапорець і зупиняє рушій.

8. Секція натяжна складається з таких вузлів:

- корпус з дном;
- з'ємна торцева стінка;
- кришка з оглядовим люком;
- вісь з щоками, підшипниками і зірочкою;
- натяжні гвинти з гайками;
- ролик підтримуючий.

9. Корпус секції натяжної - зварної конструкції, з боковими, торцевими фланцями, перемичками, дном і отворами для приєднання кришки і підтримуючого

ролика.

10. Боковини корпусу мають горизонтальні пази і направляючі для розміщення

натяжної вісі з рухомими щоками та забезпечення ходу натяжки.

11. Вісь з натяжною зірочкою встановлена на фланцевих корпусних підшипниках типу UCF 310, які закріплені до рухомих щок.

12. На одному з кінців натяжної вісі встановлений пристрій контролю швидкості, який складається з нерухомо закріпленого на щоці кронштейна з місцем для встановлення індуктивного датчика, та капролонового ротора з металевими елементами, що закріплений на вісі та обертається під час роботи конвеєра.

13. Натяжні гвинти зафіксовані в щоках і заведені в отвори торцьової стінки.

14. Натяжними гвинтами здійснюється на тяжіння ланцюга з зусиллям 100...150 кг та ходом 250 мм.

15. Секції лінійні – зварної конструкції, з дном і боковинами, з'єднаними суцільними зварними швами.

16. Боковини лінійних секцій мають торцеві фланці для з'єднання з іншими секціями, отвори для кріплення кришки секції та підтримуючих роликів.

17. Переріз всіх секцій – 320x350 мм (b×h), товщина боковин – 3 мм, днища – 4 мм, торцевих стінок привідної та натяжної секцій – 8 мм, кришок – 2 мм.

18. Всі кришки мають на тильній стороні наклеєне ущільнення з гумового шнура типу ПР.

19. Люки оглядові розташовані на кришках привідної і натяжної секцій та призначені для відстеження роботи конвеєра, контролю проходження тягового елемента і заповнення секції транспортованим матеріалом.

20. Підтримуючі ролики виготовлені на підшипниках ковзання з фторопластовими втулками і закріплені до боковин секцій болтами М12.

21. З'єднання секцій між собою – фланцеве, за допомогою болтів.

22. З'єднувальні стики по фланцях між секціями ущільнюються по місцю при монтажі конвеєра за допомогою гумового або силіконового шнура, або герметика.

23. Рушій конвеєра виконаний на базі циліндричного моторедуктора, який встановлений на привідний вал зі шпонкою і зафіксований від обертання болтовим з'єднанням з кронштейном привідної секції через гумові букси.

24. Тяговим елементом конвеєра є ланцюг пластинчатий типу М112-1-125-1 ДСТУ 588, з привареними металевими скребками, кроком 250 мм, і закріпленими зачисними гумо-тканевими накладками з кроком 2500...2750 мм.

25. Тяговий елемент заведений у секції конвеєра через зірочки привідного валу і натяжної вісі. Нижня (робоча) вітка тягового елемента розташована на дні секцій, верхня (холоста) вітка розташована на підтримуючих роликах секцій.

26. Принцип роботи конвеєра – переміщення транспортованого матеріалу по днищу короба за допомогою скребків тягового елемента.

27. При запуску конвеєра обертання від рушія через привідний вал з зірочкою передається на тяговий елемент, який переміщує транспортований матеріал.

28. В робочому режимі конвеєра на тяжіння тягового елемента здійснюється по чергово натяжними гвинтами в інтервалі 5...7 мм.

29. Конвеєр поставляється без опор. Виготовлення і встановлення опор виконує Замовник по місцю при монтажі конвеєра.

30. Завантаження конвеєра здійснюється через завантажувальний патрубок на кришці натяжної секції.

31. Гравітаційне розвантаження відбувається через розвантажувальний патрубок привідної секції.

32. Всі секції конвеєра, завантажувальний і розвантажувальний патрубки повинні бути змонтовані відповідно до вимог технологічної частини проекту, складально-монтажного креслення і інструкції по монтажу конвеєра.

2.4. Процес створення конструкторської документації. Авторський нагляд

Розробка конструкторської документація є одним з ключових етапів у створенні автоматизованої конвеєрної системи. Цей документ не тільки

інженерна основа для виробництва компонентів конвера, а й важлива частина, яке узгоджується між замовником, виробником та постачальником комплектуючих.

1. Процес створення конструкторської документації

КД створюється в декілька етапів, кожен з яких передбачає використання спеціалізованого програмного забезпечення (SolidWorks та AutoCad), де відбулося розроблення креслень (див. Додаток А).

Основні види документації:

- Збірні креслення: показують загальний вигляд, положення окремих елементів, габаритні розміри, точки кріплення та монтажу.
- Креслення деталей: окремі креслення для кожного елемента – кронштейн, рамки, вал та секції зображенні на кресленні Містять розміри, допуски, шорсткість, твердість.
- Специфікації: документи, в яких зазначені всі складові, їхні номери, найменування, кількість тощо. Вони використовуються для планування та закупівлі та складання виробничого плану.
- Схеми монтажу електроніки: розміщення датчиків, проводів, електро обладнання тощо.
- 3D-моделі вузлів: допомагають візуально звірювати весь механізми, для перевірки правильності виробництва.

2. Розподіл праці в КБ

Робота з конструкторською документацією поділяється на:

- Ведучого конструктора: відповідальний за технічну реалізацію замовлення загалом.
- Технічного конструктора: займається моделюванням вузлів та деталей.
- Інженера-електрика: проектує систему керування, впровадження датчиків, двигунів, контролерів.
- Перевіряючого: перевіряє все на помилки та відповідальність стандартам.

Конструкторська документація створюється у відповідності до ДСТУ та ЄСКД.

3. Ознайомлення з авторським наглядом

Авторський нагляд – важливий елемент реалізації проекту, який відповідає за правильне виконання технічної документації під час виробництва. Також, контролює, щоб кожна виготовлена деталь була виготовлена згідно креслення, а у випадку помилки – швидко скоригувати рішення.

Авторський нагляд займається:

- Перевіркою розмірів деталей згідно креслення.
- Погодженням змін у конструкції при виникненні проблем.
- Контролем зварювальних вузлів згідно з технічними умовами.
- Знаходженням та усуненням дефектів, які можуть виникнути під час виготовлення.
- Внесенням змін до креслень, якщо виникають технічно обґрунтовані зміни.

Акт авторського нагляду оформлюється при кожному візиті конструктора на виробництві.

2.5. Процес виготовлення, закупівлі деталей, збирання. Процес автоматизації

Це один з ключових етапів життєвого циклу виготовлення конвеєра. Після того, як повний комплект конструкторської документації перевірили та затвердили, його передають до виробництва.

1. Закупівля комплектуючих у зовнішніх постачальників

З використанням специфікації деталей, менеджер розробляє список необхідних компонентів:

- Базові комплектуючі: підшипники, шпонки, мотор-редуктори, ланцюги, зірочки тощ.
- Електроніка: датчики, кабелі, електрощитові компоненти.
- Матеріал: труби, листи, профілі.

Для цього проводиться комплекс заходів:

- Пошук постачальників з урахуванням якості, ціни, термінів постачання та наявності конкретних елементів.
- Перевірка товарів на відповідність з технічними характеристиками.
- Логістика, контроль доставки та оплати.

2. Виготовлення деталей

Використовуючи креслення відбувається поетапне виготовлення деталей:

- Механічна обробка: розкрій листового металу, фрезерування отворів, свердління кріпильних елементів, обробку валів.
- Зварювання: збирання каркасу конвеєра, зварювання додаткових елементів, приділивши увагу точності та контролю геометрії.
- Фарбування: наноситься захисне антикорозійне покриття у відповідності з технічним завданням замовника.
- Маркування: на деталі наноситься маркування відповідно до документації, що підвищує зручність монтажу та подальшого обслуговування.

Збирання обладнання:

- Після виготовлення та надходження всіх комплектуючих відбувається процес остаточного збирання:
- Встановлення зірочок та ланцюгів, монтування привідних валів, закріплення натяжних механізмів
- Підключення датчиків контролю швидкості та положення, обмежувачі руху та вимикачі.
- Монтується системи живлення та керування: кабелі, реле, ПЛК, пульт керування.

Після встановлення необхідних елементів проводиться візуальний та технічний контроль перед випробуванням.

2.6. Заводські випробування. Тестування обладнання та перевірка системи керування

Заводські випробування – вирішальний етап перевірки коректної роботи конвеєра перед передаточою замовнику. Вони проводяться в холостому режимі на майданчику виробництва та включають різні тести на кожну секцію конвеєра.

1. Підключення до електромережі

Система керування підключається до трифазної електромережі (380 В) та перевіряється:

- Коректність підключення фаз.
- Робота автоматичних вимикачів.
- Живлення приводу мотор-редуктора.
- Правильність роботи пульта керування.

2. Механічна перевірка

На цьому етапі приділяють увагу на:

- Обертання валу в холостому режимі.
- Відсутність шумів та вібрацій.
- Коректну роботу натяжного механізму ланцюга.
- Плавність запуску та зупинки руху.

3. Перевірка автоматизованої системи

Проводиться тестування за закладеною логікою:

- Реагування датчиків на об'єкти та поломки.

- Активація/де активація приводу у відповідь на сигнали.
- Коректна робота при аварійних ситуаціях.
- Контроль відображення на пульті керування.
- Перевірка циклічної роботи при різних ситуаціях.

4. Відправка виробу

Після успішних тестів, конвеєр демонтується, пакується та готується до транспортування. Також, замовник отримує пакет документації, а саме:

- Технічний паспорт виробу.
- Інструкція з монтажу та експлуатації.
- Гарантійні умови.

РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛАНЦЮГОВОГО КОНВЕЄРА

озробка системи автоматизації

Сучасні ланцюгові конвеєри - це не просто механічні пристрої для транспортування матеріалів. Їх ефективність може значно посилитись завдяки автоматизації, яка робить їх розумними помічниками людини.

Автоматизація конвеєрів дозволяє:

- більшити швидкість та точність транспортування товарів;
- меншити ризик помилок та пошкоджень товарів;
- оптимізувати використання складських просторів;
- низити витрати на ручну працю.

На підставі аналізу технологічного процесу керування лінією скребкових конвеєрів було вирішено, що необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

- контроль швидкості обертів валу натяжної станції скребкового конвеєра
- контроль обриву ланцюга конвеєра
- контроль підпору конвеєра
- контроль струму приводу конвеєра
- можливість керування роботою конвеєра з пульта керування
- можливість аварійної зупинки за місцем

За для виконання цих параметрів було розроблено функціональну схему автоматизації, що забезпечує контроль та регулювання описаних вище параметрів. Функціональна схема описана нижче на рисунку 4.1..

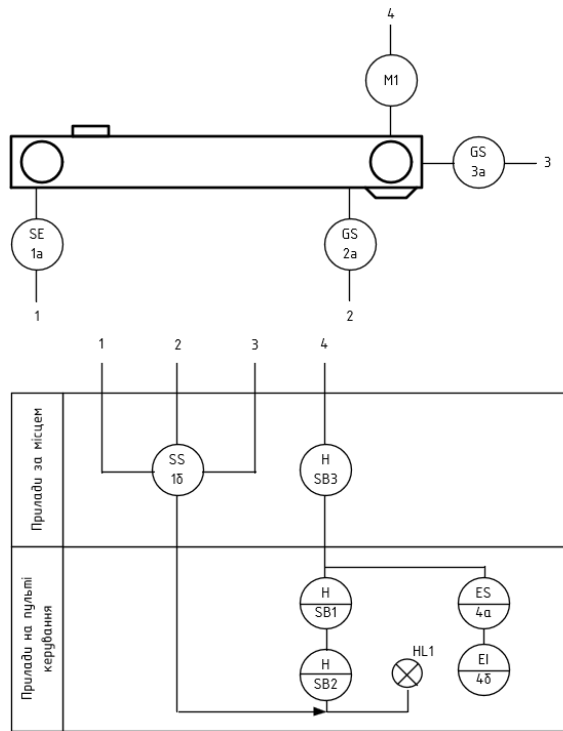


Рисунок 3.1. – Функціональна схема автоматизації конвеєра

Контур 1 - забезпечує контроль швидкості обертів валу натяжної станції скребкового конвеєра та відключення приводу конвеєра у разі зниження швидкості понад 20% від номінальної. Контур складається з:

Позиція 1a - індуктивний датчик Pepperl Fuchs NEB12-18GM50-E2-V1 розташовується поруч із імпелером встановленим на валу натяжної станції. Датчик формує імпульси з частотою відповідної швидкості обертання валу.

Характеристики:

- Робоча напруга: 10 ... 30 В, постійний струм
- Частота перемикавання: 0 ... 500 Гц
- Гарантована робоча відстань: 0 ... 9.72 мм
- Функція перемикавання: Нормально відкритий
- Тип виходу: PNP

Позиція 1б - Пристрій контролю швидкості УТКС-1М-131 - обробляє сигнали від індуктивного датчика швидкості, датчика обриву ланцюга (поз. 2а) та датчика підпору (поз. 3а). Також, формує сигнал аварії для зупинки приводу конвеєра, забезпечує індикацію за місцем.

Характеристики:

- Напруга живлення: 187 ... 242 В
- Напруга вхідного сигналу датчиків: 10 ... 28 В, постійний струм
- Діапазон частот вхідних сигналів датчика швидкості: 1 ... 90 Гц
- Найбільша величина зниження швидкості від номінального значення:
- Найбільша витримка часу на запуск конвеєра, з імпульсами від датчиків швидкості: 12 сек.
- Найбільша витримка часу на запуск конвеєра, без імпульсів від датчиків швидкості: 4 сек.
- Захист від пилу та вологи: IP55

Контур 2 - забезпечує контроль обриву ланцюга конвеєра та відключення приводу конвеєра. Контур складається з:

Позиція 2а - індуктивний датчик Pepperl Fuchs NEB12-18GM50-E2-V1. Датчик контролює поворот механізму контролю обриву ланцюга. Сигнал від датчика надходить на Пристрій контролю швидкості (поз. 1б) та ініціює зупинку конвеєра.

Характеристики:

- Робоча напруга: 10 ... 30 В, постійний струм
- Частота перемикання: 0 ... 500 Гц
- Гарантована робоча відстань: 0 ... 9.72 мм

- Функція перемикавання: Нормально відкритий
- Тип виходу: PNP

Контур 3 - забезпечує контроль підпору конвеєра та відключення приводу конвеєра. Контур складається з:

Позиція 3а - індуктивний датчик Pepperl Fuchs NEB12-18GM50-E2-V1. Датчик контролює поворот механізму контролю підпору конвеєра. Сигнал від датчика надходить на Пристрій контролю швидкості (поз. 1б) та ініціює зупинку конвеєра.

Характеристики:

- Робоча напруга: 10 ... 30 В, постійний струм
- Частота перемикавання: 0 ... 500 Гц
- Гарантована робоча відстань: 0 ... 9.72 мм
- Функція перемикавання: Нормально відкритий
- Тип виходу: PNP

Контур 4 - забезпечує керування роботою конвеєра з пульта керування, можливість аварійної зупинки за місцем та контроль струму приводу конвеєра. Контур складається з:

- Позиції SB1, SB2 - кнопки управління для пуску та зупинки конвеєра на панелі.
- Позиція SB3 – кнопка аварійної зупинки за місцем.
- Позиція HL1 – сигнальна лампа зеленого кольору, показує роботу електромотора (поз. M1).

Позиція 4а – Вимірювальний перетворювач струму Weidmüller ACT20P-CML-10-AO-RC-S - перетворює сигнал від трансформатора струму приводу конвеєра на уніфікований сигнал.

Характеристики:

- Вхідний діапазон вимірювання: 0...1/5/10 А
- Частота на вході: 15 ... 400 Гц
- Вихідна напруга: 0...10 В, 2...10 В, 0...5 В, 1...5 В, -5...+5 В, -10...+10 В
- Вихідний струм: 0...20 мА, 4...20 мА, -20...+20 мА
- Кількість аналогових виходів: 1

Позиція 4б – Вимірник-індикатор ОВЕН ИТП11 для індикації струму приводу конвеєра.

Характеристики:

- Напруга живлення: токова петля 4...20 мА
- Тип вхідного сигналу: 4...20 мА
- Кількість каналів виміру: 1
- Захист від пилу та вологи з боку лицьової панелі: IP54
- Захист від пилу та вологи з боку клем: IP20

приклад автоматизації ланцюгового конвеєра

загальна характеристика

В основі автоматизації лежить система керування, що складається з трьох основних компонентів (рис.3.2.):

датчики - ці "всевидячі очі" системи збирають інформацію про стан конвеєра, його швидкість, навантаження, рівень заповнення бункерів, стан стрічки та інші параметри;

контролери - "мозок системи", який обробляє дані, отримані від датчиків, аналізує їх та приймає рішення;

привідні механізми - "м'язи" конвеєра, які приводять у рух стрічку, регулюють її швидкість та потужність, а також активують захисні механізми.

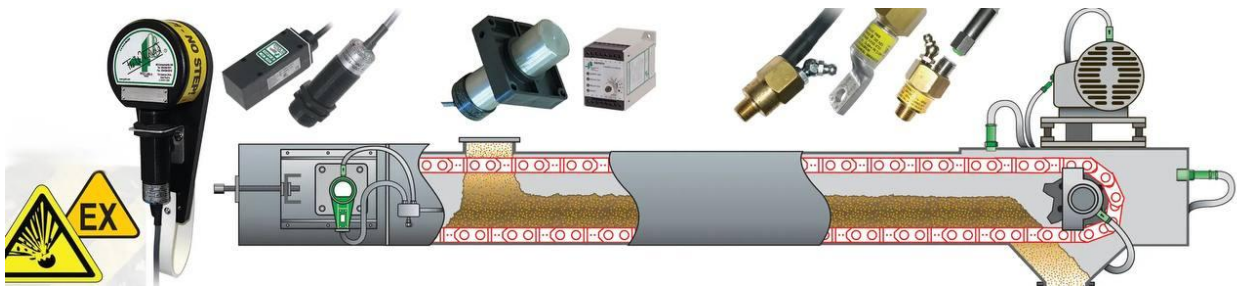


Рисунок 3.2. – Конвеєр та основні компоненти автоматизації [12]

Система керування постійно контролює та регулює роботу конвеєра, щоб забезпечити його оптимальну та безпечну роботу, за допомогою різноманітних датчиків (рис.3.3.). Перш за все, це стосується швидкості руху ланцюга. Її регулюють для забезпечення оптимального транспортування матеріалу, враховуючи його тип, обсяг та інші фактори. Контроль навантаження запобігає перевантаженню конвеєра, що може призвести до обриву ланцюга, пошкодження

роликів та інших елементів.

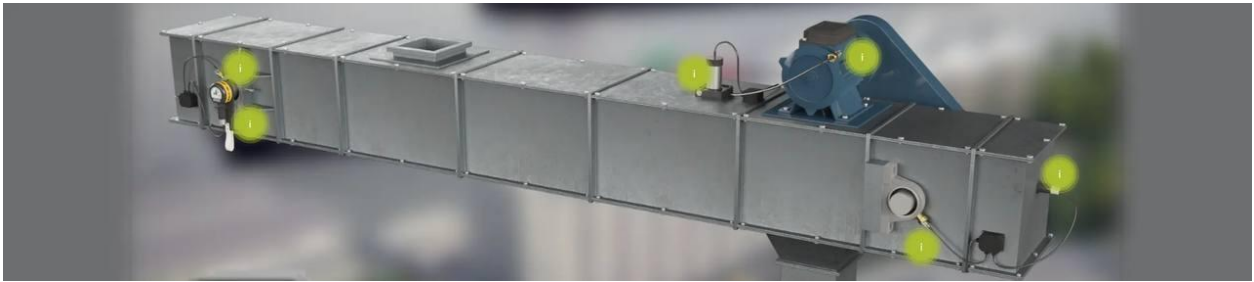


Рисунок 3.3. – Розміщення датчиків на реальному конвеєрі [12]

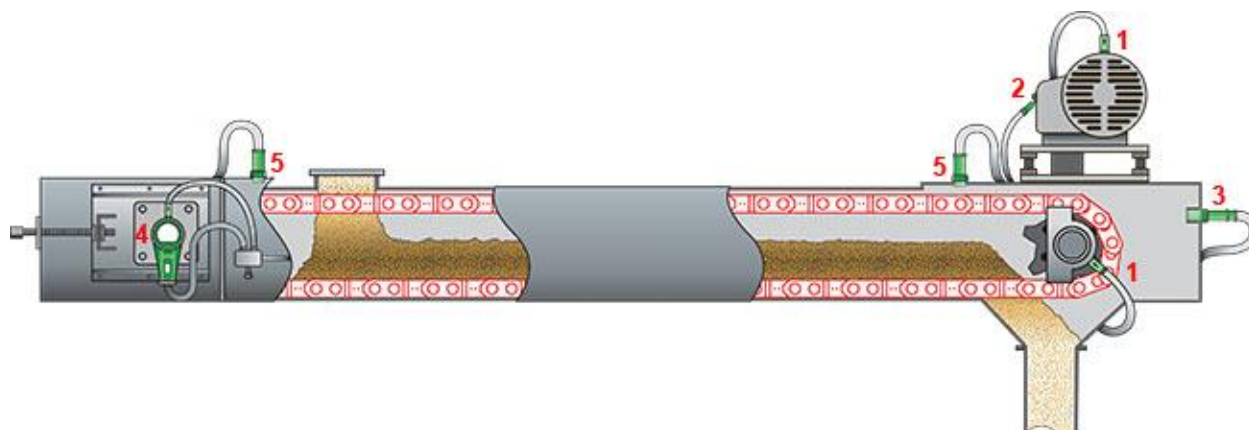
Датчики стану ланцюга виявляють пошкодження, знос, розтягування, а система керування зупиняє конвеєр, щоб запобігти аварії. Регулярне змащення, самозмащувальні ролики та контроль температури допомагають запобігти заклинюванню роликів, що може призвести до зупинки конвеєра. Датчики рівня гарантують безперебійну роботу конвеєра, даючи сигнали про мінімальний або максимальний рівень матеріалу в бункерах.

Оператор конвеєра має можливість візуально контролювати його роботу за допомогою:

- исплеїв, на яких відображаються текстові та графічні дані про стан конвеєра, його параметри та аварійні ситуації;
- анелей керування, з їх допомогою оператор може керувати роботою конвеєра, змінювати параметри та давати команди;
- систем SCADA, які забезпечують візуалізацію інформації про роботу не лише одного конвеєра, а й всієї транспортної системи.

ідбір системи та датчиків для конкретного конвеєра

Загальні області для моніторингу включають (рис.3.4.): температуру підшипника, швидкість/рух, індикацію рівня/заглушки та виявлення провисання / обриву ланцюга.



Р и с у н о к 3.5. Датчик температури підшипника

Датчики температури підшипників (рис.3.5.) – це економічно ефективний спосіб моніторингу обладнання на наявність проблем з профілактичним обслуговуванням та захисту персоналу у вибухонебезпечних пилових середовищах. Гарне профілактичне обслуговування скорочує час простою обладнання та знижує загальні витрати на обслуговування. Водночас моніторинг температури у вибухонебезпечних пилових зонах допомагає запобігти загрозі потенційного вибуху та катастрофи, пов'язаної з безпекою.



Рисунок 3.5. – Датчик температури підшипника серії ADB

Серію ADB можна використовувати в будь-яких сферах застосування, де потрібен моніторинг температури підшипників. Вони розроблені таким чином, щоб глибину занурення зонда можна було регулювати залежно від застосування.

Така регульованість дозволяє розмістити кінчик зонда в оптимальному положенні для контролю температури підшипника.

Датчик вкручується безпосередньо в корпус підшипника, використовуючи різьбу існуючої маслянки. Корпус ADB має вбудовану маслянку, що дозволяє змашувати підшипник без необхідності знімати датчик.

2. Датчик температури поверхні

Датчик температури поверхні (рис.3.6.) — це пристрій, який вимірює температуру зовнішньої частини стрічки або роликів під час роботи конвеєрної системи. Його використовують для запобігання перегріву, контролю стану обладнання та забезпечення стабільних умов транспортування матеріалів. Залежно від потреб, застосовують контактні датчики (термопари, терморезистори) або безконтактні інфрачервоні сенсори, які зчитують температуру з відстані.



Рисунок 3.6. – Датчик температури 4B ADB Lug

Серія ADB Lug — це термістор NTC для поверхневого монтажу, платиновий RTD (PT100) або пристрій безперервного моніторингу температури типу 4-20 мА "Milli Temp". Він призначений для безпосереднього кріплення болтами до корпусу підшипника, двигуна, коробки передач, корпусу машини або будь-якого іншого пристрою, де потрібен моніторинг температури поверхні.

Датчик рівня ємності

Датчик рівня ємності (рис.3.7.) — це пристрій, який визначає рівень сипучої речовини всередині резервуара шляхом вимірювання змін ємності між електродами. Коли в ємності змінюється рівень матеріалу, змінюється й діелектрична проникність між електродами, що дозволяє точно визначити висоту заповнення. Такі датчики мають високу точність, не мають рухомих частин і добре працюють з агресивними, в'язкими чи забрудненими середовищами.



Рисунок 3.7. – Індикатор рівня ємності Binswitch Elite

Датчик Binswitch Elite виявляє рівень або закупорювання сипучих гранульованих твердих речовин або рідин у резервуарах, бункерах або силосах і може використовуватися як детектор закупорювання або дроселя в жолобах, конвеєрах та елеваторних ногах.

Датчик повністю інкапсульований у нейлоновий корпус діаметром 30 мм, стійкий до корозії та стирання, пилонепроникний та водонепроникний. Binswitch Elite працює, виявляючи зміну ємності за наявності матеріалу.

Релейний вихід, який користувач може вибрати, можна магнітно калібрувати для нормального увімкнення або вимкнення живлення, а під час калібрування датчик автоматично компенсує накопичення матеріалу, екрани або приєднані металеві зонди.

Датчик швидкості

Датчик швидкості (рис.3.8.) — це пристрій, призначений для вимірювання швидкості руху об'єкта, наприклад, обертання вала, руху транспортного засобу або лінії конвеєра. Він може працювати на основі різних принципів: електромагнітного, оптичного або індуктивного. Найпоширенішим є індуктивний датчик, який генерує імпульси під час проходження металевих елементів, що обертаються, і на основі частоти цих імпульсів обчислюється швидкість. Такі датчики широко застосовуються в промисловості, транспорті та автоматизованих системах управління.



Р

Датчик швидкості M800 Elite призначений для виявлення прослизання стрічки, недостатньої швидкості стрічки, зупинки, низької або нульової швидкості на ковшових елеваторах, конвеєрах, шлюзах, змішувачах, вентиляторах, шліфувальних машинах та багатьох інших обертових машинах. Повністю герметичний та простий у калібруванні, M800 Elite працює в найсуворіших умовах.

З

Індуктивний датчик, розташований у носовій частині корпусу M800 Elite, виявить металеву ціль. Цією цілью може бути існуюча головка болта або пристрій, прикріплений до валу. Під час встановлення M800 Elite налаштовується на нормальні оберти валу машини шляхом калібрування за допомогою наданого магніту. Внутрішній мікропроцесор встановлює реле сигналізації та вимикання.

Д

а

т

ч

атчик виявлення провисання/обриву ланцюга

Датчик виявлення провисання або обриву ланцюга (рис.3.9.) — це пристрій, який контролює натяг ланцюгової передачі в конвеєрних або транспортних системах. Його основне завдання — вчасно виявити ослаблення натягу (провисання) або повний обрив ланцюга, щоб запобігти аварійним ситуаціям, пошкодженню обладнання та простою виробництва. Зазвичай такий датчик спрацьовує при зміні положення контрольного важеля, ролика або перемикача, який реагує на фізичний контакт із ланцюгом. У разі виявлення несправності датчик надсилає сигнал на зупинку системи або повідомлення оператору.



Рисунок 3.9. – Датчик виявлення провисання/обриву ланцюга моделі WDA

Безконтактний магнітний датчик наближення з розширеним діапазоном дії, не піддається впливу пилу чи накопичень матеріалів, використовується для виявлення рухомих чорних матеріалів на відстані до 7,5 см від датчика.

Датчик WDA може використовуватися на ковшових елеваторах для вимірювання швидкості та вирівнювання, виявляючи металеві ковші елеватора або залізні болти, прикріплені до пластикових ковшів. Більш спеціалізоване використання датчика WDA - це детектор обриву/провисання ланцюга на ланцюгових конвеєрах або безконтактний датчик швидкості для шнекових конвеєрів.

Система моніторингу Watchdog™ Super Elite

Система Watchdog Super Elite (рис.3.10.) проста в установці та налаштуванні. Система обробляє сигнали від датчиків перекосу стрічки, швидкості та ковзання стрічки, постійної температури підшипників, перекосу шківів та стану заглушок ковшових елеваторів або стрічкових конвеєрів. У разі виявлення тривоги спрацьовує сигнал тривоги та забезпечує керування вимкненням елеватора/конвеєра та системи подачі.

3,5-дюймовий РК-екран відображає весь стан системи з першого погляду. Налаштування контролера, захищені паролем, можна встановити безпосередньо на РК-екрані або за допомогою комп'ютерного застосунку та передати на WDC4 через SD-карту.



Рисунок 3.10. - Система моніторингу Watchdog™ Super Elite

Крім запропонованих датчиків, на ланцюговий конвеєр для транспортування сипучих матеріалів можуть встановлюватися й інші датчики (рис.3.11.), що забезпечують стабільну та безпечну роботу системи. Серед них — датчики завантаження, які контролюють рівень заповнення жолоба або бункера та датчики для визначення положення затвору. Усі ці елементи допомагають підтримувати безперервність процесу транспортування та запобігати аварійним ситуаціям.

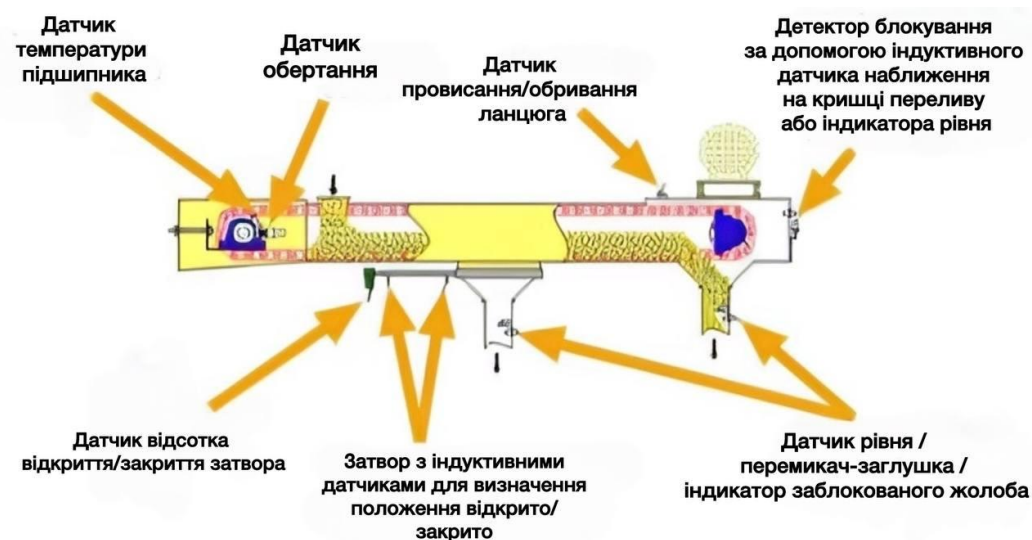


Рисунок 3.11. – Датчики моніторингу роботи конвеєра

Автоматизація управління ланцюговими конвеєрами має ряд суттєвих переваг:

- авдяки оптимальному регулюванню швидкості, навантаження та інших параметрів конвеєр може транспортувати більше матеріалу за одиницю часу;
- втоматизована система використовує ресурси (енергія, матеріали) більш економно, що знижує виробничі витрати;
- ахисні механізми та контроль стану конвеєра значно зменшують ризик аварійних ситуацій та травмування людей;
- втоматизоване управління гарантує більш стабільну та точну роботу конвеєра, що веде до кращої якості продукції;
- втоматизація зменшує потребу в ручному керуванні та обслуговуванні конвеєра, економлячи час та кошти.

Алгоритм роботи одного кола ланцюгового конвеєра

Один із ключових етапів проєктування системи автоматизованого управління конвеєром — це побудова алгоритму його роботи. Такий алгоритм

дозволяє не лише відобразити логіку взаємодії між датчиками, виконавчими механізмами та контролерами, але й забезпечити безпечне функціонування обладнання за різних виробничих умов. Основна мета — запобігти аварійним ситуаціям, мінімізувати простої та автоматизувати прийняття рішень на основі даних з датчиків.

На наступній схемі (рис.3.12.) зображено послідовність дій системи під час одного робочого циклу ланцюгового конвеєра. Алгоритм враховує умови запуску, контроль температури, рівня заповнення, швидкості руху та цілісності ланцюга. У разі відхилення будь-якого параметра система автоматично переходить у відповідний режим: охолодження, очікування, регулювання або ремонт. Такий підхід забезпечує адаптивність і надійність роботи конвеєра в автоматизованому середовищі.

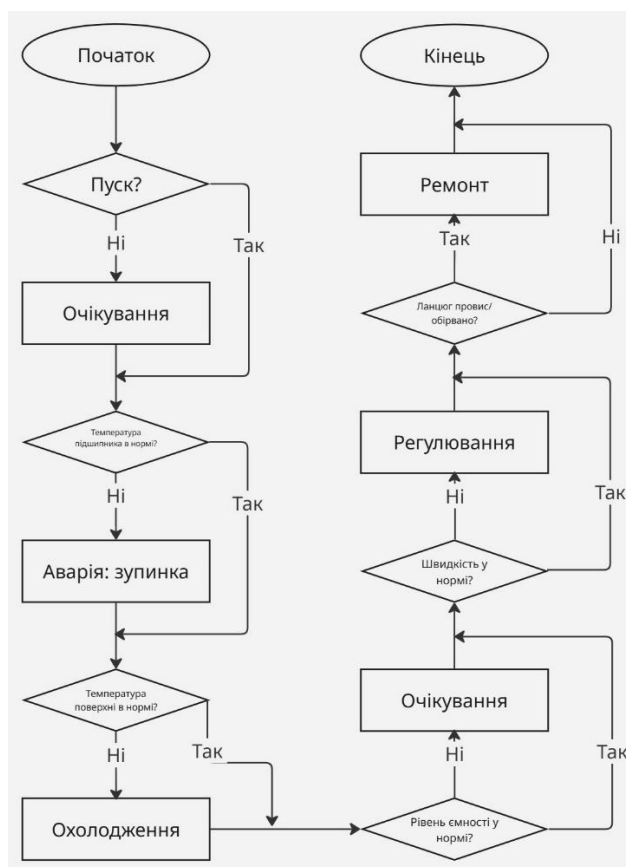


Рисунок 3.12. – Алгоритм роботи одного кола конвеєра

Детальний опис алгоритма допоможе краще розібратися в послідовній та коректній роботі конвеєра.

Пуск?

- Так — користувач натискає кнопку Пуск, або запускається програма керування.
- Ні — система нічого не робить, перебуває в режимі очікування, конвеєр не рухається.

Очікування: PLC/контролер циклічно перевіряє стан кнопки запуску та умови для безпечного старту.

Температура підшипника в нормі? (Датчик 1)

- Так — підшипники не перегріті, можна запускати механіку.
- Ні — відбувається аварійна зупинка системи.

Аварія: зупинка

- Мотор знеструмлюється.
- Ланцюг перестає рухатись.
- Увімкнення аварійної сигналізації.
- Дані з датчика фіксуються.
- Оператору або SCADA надходить тривожний сигнал.
- Подальші дії неможливі до усунення перегріву.

Температура поверхні в нормі? (Датчик 2)

- Так — теплообмін у межах допустимого.
- Ні — система вмикає режим охолодження.

Охолодження

- Вмикається вентилятор/охолоджувач або система подачі рідини.
- Конвеєр зупинений або працює зниженою швидкістю.

- Після досягнення нормальної температури — перехід до наступного кроку.

Рівень ємності в нормі? (Датчик 3)

- Так — конвеєр має матеріал для транспортування.
- Ні — переходить у режим очікування.

Очікування

- Конвеєр не запускається, поки рівень матеріалу не стане достатнім.
- Можлива активація сигналу «порожня ємність» для оператора.

Швидкість у нормі? (Датчик 4)

- Так — швидкість відповідає технічним параметрам.
- Ні — необхідне регулювання.

Регулювання

- Контролер регулює оберти двигуна частотним перетворювачем або релейно-контактним способом.
- Якщо проблема не зникає — надсилається сигнал на обслуговування.
- У разі критичних відхилень — повна зупинка з аварійним повідомленням.

Ланцюг провис / обірвано? (Датчик 5)

- Ні — система працює далі.
- Так — зупинка системи та перехід до ремонту.

Ремонт

- Повна зупинка двигуна та живлення.
- Вивід системи з автоматичного режиму.
- Зовнішній сигнал: "Технічна несправність – провис/обрив ланцюга".

- Оператор/ремонтна служба має усунути несправність.
- Після усунення — перезапуск циклу з блоку "Пуск?"

Кінець

- Завершення одного циклу — або перехід до наступного транспортування, або очікування нового запуску.

ВИСНОВКИ

У межах дипломного проекту було виконано повний цикл технічної розробки та автоматизації ланцюгового конвеєра типу КПСн-320/35. Основною метою проекту стало підвищення ефективності транспортування сипучих матеріалів, забезпечення безперервної та стабільної роботи обладнання, зменшення аварійності та оптимізація енергоспоживання за рахунок впровадження сучасних засобів автоматизації.

Проведено аналіз конструкцій конвеєрного обладнання, визначено оптимальні параметри для проектованої системи, здійснено підбір типу ланцюга, підшипників, зірочок, а також основних геометричних характеристик транспортного пристрою. Розраховані основні тягові зусилля, необхідна потужність приводу, крутний момент, швидкість руху тягового елемента та розривне зусилля ланцюга.

Важливу увагу приділено формуванню системи управління. Розроблено логічний алгоритм роботи одного повного циклу конвеєра з використанням п'яти основних датчиків контролю: температури підшипника, температури поверхні, рівня заповнення, швидкості руху та виявлення провисання або обриву ланцюга. Сформовано умови аварійного реагування та автоматичного переходу системи до захищених режимів. Виконано підбір елементної бази для реалізації контролю, включаючи кінцеві вимикачі, сенсори, виконавчі пристрої.

Графічна частина проекту містить креслення вузлів та елементів конвеєра, принципову схему автоматизації та алгоритм управління. Реалізовані технічні рішення можуть бути використані для впровадження у промислових умовах та адаптовані до конкретних виробничих потреб.

Усі поставлені завдання були виконані, що свідчить про досягнення мети проекту. Отримані результати мають прикладну цінність і можуть бути основою для подальших розробок в галузі автоматизації транспортного обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ЛЕКЦІЯ №5 ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИРОВИНИ І НАПІВФАБРИКАТІВ
URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/lekciya-5-osnovy-rozrahunku-obladnannja-dlja-transportuvannja-syrovyny-i-napivfabrykativ.pdf>
2. ЛАНЦЮГОВИЙ КОНВЕЄР URL: <https://elkonor.com.ua/presentation/lantsyuhovyy-konveyer/>
3. ЛЕКЦІЯ з дисципліни «Машини непереривного транспорту». С. 5
URL: <http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/ptm/metzab2021/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9.pdf>
4. Загальні відомості про транспортуючі машини і перспективи їх розвитку.
URL: <https://studfile.net/preview/8883880/>
5. Типи, категорії та галузі застосування конвеєрів URL: <https://ten24.com.ua/ua/blog/typy-kategorii-i-oblasti-primeneniya-konveyerov/>
6. URL: <https://www.donglong-conveyor.com/uk/what-is-a-chain-conveyor-and-what-are-its-functions-what-industries-are-it-suitable-for/>
7. Китай Ланцюговий конвеєр Виробники, постачальники, фабрика. URL: <https://uk.scfillingmachinery.com/chain-conveyor>
8. Комплекс автоматизованого керування конвеєрами URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BA%D0%B5%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%94%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8

9. Конвеєр: універсальний інструмент автоматизації URL:
<https://konsort.com.ua/konveyer-universalnyj-instrument-avtomatyzacziyi/>
10. Які переваги та недоліки конвеєрних ланцюгів URL:
<https://ua.chinachainfactory.com/info/what-are-the-advantages-and-disadvantages-of-c-85163130.html>
11. Ланцюги пластинчасті тягові серії FV URL: <https://motor-reduktor.com.ua/ua/lancug-din-8165>
12. CHAIN CONVEYOR MONITORING URL:
<https://go4b.co.uk/products/chain-conveyor-monitoring>
13. Заєць С.С., Система прогнозування стану процесу механічної обробки /Заєць С.С., Максимчук І.В., Педько К.В //Науковий вісник КУЕІТУ.–2012 с. 56-62.
14. Шевченко В.В., Аналіз акустичної емісії в процесах механічної обробки з використанням вейвлет–пакетів/ Шевченко В.В., Заєць С.С., Олінійчук А.В. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях 7 (1229) с.233-238.
15. Кирийчук Ю., Огляд методів, модулів тестування підсистем та програми загалом/ Кирийчук Ю., Стахова А., Назаренко Н., Заєць С./ Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» 2025р. с 180-186.