

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГУМОВИХ КОНВЕЄРНИХ
СТРІЧОК ТА ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-20
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Грунський Денис Олександрович

Керівник: _____ Дирда Віталій Ілларіонович

Рецензент: _____

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. професор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

» _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Грунському Денису Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів гумових конвеєрних стрічок та заходи з підвищення їх довговічності

керівник роботи д.т.н. проф. Дирда В.І.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ року № _____

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2021

3. Вихідні дані до роботи Існуючі конструкції конвеєрів. Існуючі конструкції гумових стрічок для стрічкових конвеєрів. Показники стану охорони парці в базовому господарстві. Техніко-економічні показники роботи базового господарства

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Теоретичний розділ. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

РЕФЕРАТ

Дана магістерська робота на тему: Обґрунтування параметрів гумових конвеєрних стрічок та заходи з підвищення їх довговічності.

Робота включає в себе вступ, зміст, 5 розділів, висновки, літературу. В першому приведено аналіз базового.

Перший розділ присвячено аналізу підприємства та будові стрічкових конвеєрів, а також проведено аналіз відмов гумово-тканинних стрічок.

Другий розділ присвячено розгляду можливості підвищення довговічності стрічок за рахунок гумування барабанів та проведено розрахунок основних параметрів конвеєрів і стрічок.

В третьому розділі розроблено методику експериментальних досліджень зносостійкості і розривної міцності стрічок конвеєрів.

Четвертий розділ присвячено питанням поліпшення умов праці та захисту у надзвичайних ситуаціях робітників.

В розділі 5 приведена техніко-економічна оцінка та показана економічна доцільність прийнятих рішень.

Магістерська робота включає в себе пояснювальну записку, яка складається із 94 сторінок друкованого тексту, та 12 аркушів графічної у вигляді слайдів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Характеристика діяльності ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання».....	9
1.2. Конструкція, типи стрічкових конвеєрів	12
1.4. Гумовотканинні стрічки.....	17
1.5. Зноси стрічок.....	30
1.6. Барабани	35
1.7. Загальні висновки та задачі роботи.....	37
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ КОНВЕЄРНОЇ СТРІЧКИ З БАРАБАНОМ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНВЕЄРА.....	38
2.1. Питання взаємодії конвеєрної стрічки з барабаном	38
2.2. Феноменологічні моделі взаємодії конвеєрної стрічки з барабаном ...	42
2.3. Вибір товщини футерівки з міркувань зниження вібронапруженості..	48
2.4. Рекомендації для інженерної практики.....	48
2.5. Розрахунок стрічкового конвеєра.....	49
2.6. Висновок.....	62
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГУМОТКАНИННИХ СТРІЧОК ТА МЕТОДИКА ЇХ ВИПРОБУВАННЯ.....	63
3.1. Дослідження надійності конвеєрної стрічок в різних умовах експлуатації.....	63
3.2. Загальна методика випробувань.....	66
3.3. Методика та випробування елементів стрічки на стирання.....	67
3.4. Дослідження зразків стрічки на деформації розриву.....	72
3.5. Методика проведення лабораторних випробувань гумової стрічки для визначення твердості по Шору А	74
3.6. Висновки.....	75

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	76
4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання».....	76
4.2. Аналіз шкідливих та НВФ на ділянці з виготовлення конвеєрів.....	79
4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів.....	80
4.4. Дії у разі виникнення НС	81
4.6. Висновок.....	82
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	90
ДОДАТКИ.....	93

ВСТУП

Останнім часом, як у всьому світі так і в Україні суттєво зростає товарообіг, а разом із цим, зростає об'єм транспортувальних та вантажно-розвантажувальних робіт у всіх галузях народного господарства. Серед транспортувальних засобів лідируючу позицію займають стрічкові конвеєри завдяки високій надійності, простоті конструкції та можливості переміщення вантажів на великі відстані [1]. Найбільшого використання стрічкові конвеєри знайшли у сільському господарстві та гірничовидобувній промисловості завдяки своїй продуктивності та простоті, так продуктивність конвеєрів сягає 30 тис. т/год. та має можливість переміщення вантажів від декількох метрів до 10 - 15 км [2].

Але не дивлячись на переваги використання стрічкових конвеєрів є і недоліки, а саме знос стрічки та привідних барабанів і підтримуючих роликів із-за їх взаємодії.

Проблемі взаємодії конвеєрної стрічки з барабаном присвячена численна література, незначна частина якої цитується нижче [1 - 5]. Трохи менше уваги у відомих роботах приділялося окремим випадкам, коли барабан футеровано високофрикційним матеріалом; проблемі ж вибору оптимальної товщини футерівки барабана приділялося зовсім недостатньо уваги.

Разом з тим, як показав світовий досвід конвеєробудування, ця проблема є досить актуальною для конвеєрного транспорту та в ряді причин досить важкої для аналітичного розв'язку. Причина полягає, насамперед, у відсутності адекватних фізичних і математичних моделей, у різноманітні діючих факторів різної фізичної природи, особливо в зоні контакту стрічки й барабана при зволоженні й влучанні матеріалу, що транспортується.

Усе це разом обумовило створення цілого ряду емпіричних методів розрахунків, у яких коефіцієнти (насамперед, такі як коефіцієнт зчеплення, величина площі фактичного контакту стрічки й барабана і т.д.) визначалися

експериментально для окремих випадків експлуатації конвеєрів. На базі таких методів створювалися розрахункові методики для проектування конвеєрів різного технологічного призначення; при цьому коефіцієнти уточнювалися для кожного конкретного випадку. Такому підходу сприяла й тривала практика експлуатації конвеєрів і накопичена при цьому досить важлива й досить велика експериментальна інформація [3].

Усе це привело до того, що ряд провідних світових фірм, таких як REMA TIP TOP GmbH, NILOS GmbH & Co і ряд інших, стали пропонувати вже готові концепції розв'язку проблеми футерівки барабанів і розроблені ними гумові покриття (у тому числі й необхідні клеї) різного розміру для всіх існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів; при цьому для вибору товщини гумової футерівки даються самі загальні рекомендації, що не завжди враховують усю повноту експлуатаційних вимог [4, 5]. Ситуація погіршується й тим, що закордонні фірми використовують свої марки гум, параметри яких, як правило, у технічній документації не приводяться. Усе це, а також досить висока вартість, ускладнює самостійну роботу вітчизняних виробників стрічкових конвеєрів, а економічне становище далеко не завжди дозволяє використовувати послуги закордонних фахівців.

Апробація роботи. Грунський Д.О. Обґрунтування товщини гумової футерівки барабанів стрічкових конвеєрів / Грунський Д.О. // Міжвідомчий збірник наукових праць ІГТМ ім. М.С. Полякова НАНУ. Геотехнічна механіка . – Вип. 151. – Дніпро: Інтеграл, 2021. – С. 157- 169.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Характеристика діяльності ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання»

Повна назва підприємства: Товариство з обмеженою відповідальністю «Дніпровський завод конвеєрного обладнання». Коротка назва ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання».

Юридична адреса ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання»: 49000 м. Дніпро, вул. Ярослава Мудрого, 36, Дніпропетровська обл.

ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання» працює на українському ринку обладнання з 2017 року, а з 2019 є одним з найбільших в Україні.

Продаж та обслуговування конвеєрного обладнання, в тому числі оригінальних запасних частин – стратегічний напрямок бізнесу компанії. Серед інших напрямків – продаж техніки. Схема компанії наведено на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Схема підприємства

На підприємстві ведеться планування продажів конвеєрного обладнання (рис. 1.2).

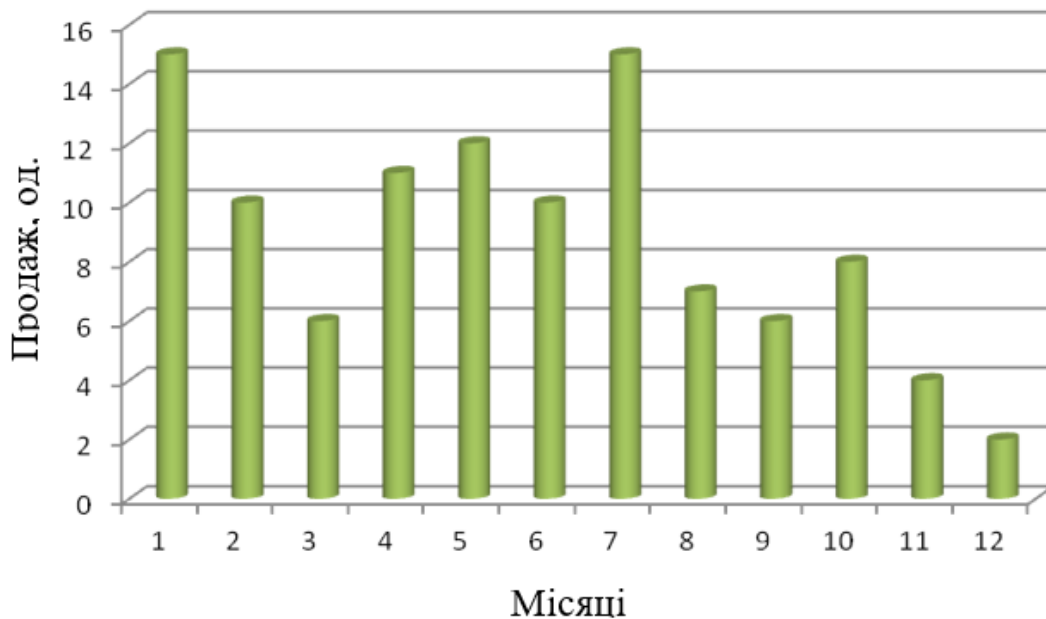


Рис. 1.2. Плановий обсяг продажу обладнання ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання» 2021 р.

З рис.1.2 бачимо, що плановий обсяг продажу за звітний період становить 106 одиниць техніки, в грошовому еквіваленті приблизно 530 млн. грн. на 1.10.2021 р виконано перевиконання плану на 12 %, це пов'язано з початком імпорту конвеєрів до Казахстану (розробка родовищ і обладнання кар'єрів).

ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання» — входить в трійку кращих заводів України і ТОП-5 імпортерів конвеєрного обладнання в Україні.

Компанія входить в трійку лідерів серед виробників конвеєрного обладнання у світі за об'ємом після-продажного сервісу.

Дилерські центри ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання» знаходяться в Днепропетровській, Запорізькій, Київській, Херсонській областях, і також в Харківському і Полтавському регіонах. Географія надання послуг сервісу та поставок запчастин охоплює 80% України. На даний момент філіальна частина нараховує 11 філіалів, у містах Дніпро,

Кривий Ріг, Таврійськ, Мелітополь, Донецьк, Кропивницький, Лубни, Хмельницький і Київ.

Всі регіональні центри надають клієнтам повний комплекс послуг при постачанні і обслуговуванні конвеєрної техніки, в т.ч.: продаж техніки, допомога у фінансуванні, сервісне обслуговування, поставки запасних частин [6].

Структура сервісної служби ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання» являє собою досить насичену і розгалужену структуру (рис. 1.3.)

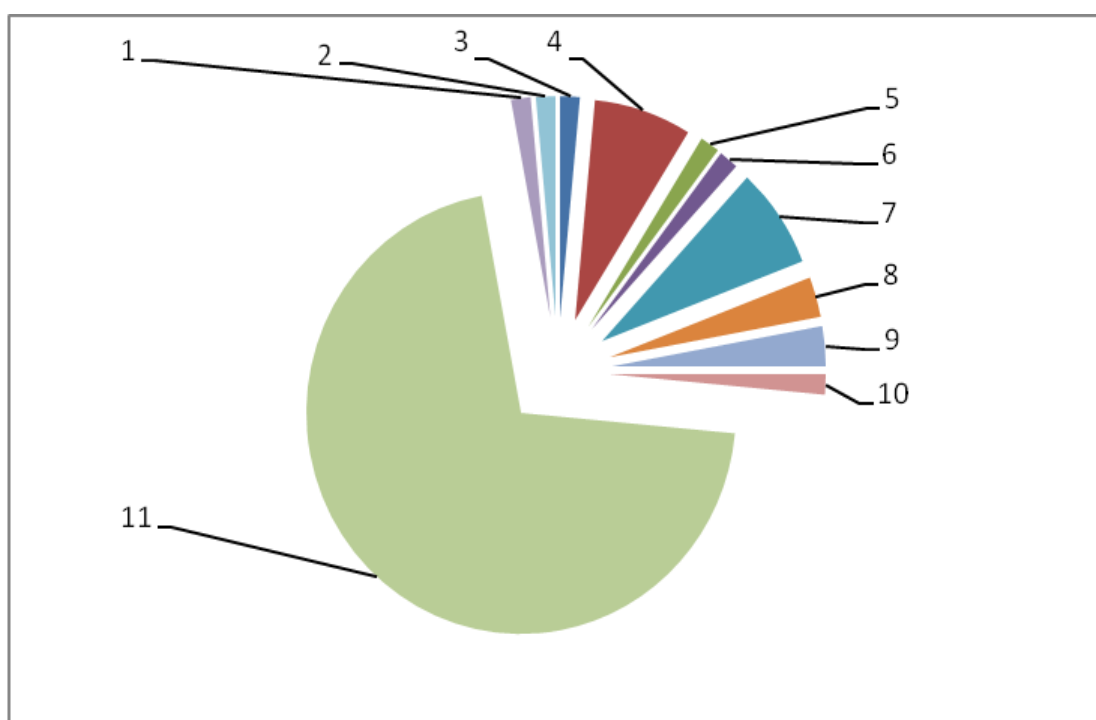


Рис. 1.3. Структура сервісної служби ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання»

1 - менеджер з відвантаження техніки, 1 люд.; 2 - менеджер, що приймає техніку, 1 люд.; 3 - керівник відділу сервісу, 1 ; 4 - керівники регіонів, 5 люд.; 5 – заступник керівника Таврійського регіону, 1 люд.; 6 - керівник диспетчерського відділу, 1 люд.; 7 – диспетчери, 5 люд.; 8 - продукт спеціалісти, 2 люд.; 9 - менеджери з гарантії; 2 люд.; 10 - бухгалтер, 1 люд.; 11 - сервісні інженери; 48 люд.

Персонал сервісної служби можна умовно поділити на офісних працівників – 19 люд., та ті, що працюють в складських та службових приміщеннях – 49 люд. Загальний обсяг персоналу складає 152 люд.

Планування діяльності служби сервісу ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання» здійснюється безпосередньо керівником сервісної служби. Поточне планування діяльності сервісних інженерів здійснює диспетчерська служба. В кожному регіоні є диспетчер, який розробляє графік роботи інженера та делегує йому завдання в режимі онлайн. В кінці кожного місяця підраховуються пробіг службової машини та аналізуються планові показники з дійсними.

У кожного працівника сервісної служби є доступ до єдиної бази, де проводиться основні операції щодо планування їх діяльності, також сервісні інженери мають свій склад запчастин для проведення планових технічних робіт та спеціальні інструменти для проведення капітального та поточного ремонту[6].

Капітальний ремонт включає повне розбирання, дефектацію і відновлення усіх відпрацьованих та пошкоджених елементів, вузлів, а також пов'язані з цим регулювання і випробування.

Поточний ремонт передбачає забезпечення або відновлення працездатності машин і виконання регулювальних операцій, а також заміну елементів, що відпрацьовали свій ресурс [4].

Враховуючи сучасний стан наявної конвеєрної техніки у сільськогосподарських підприємствах та рівень технічної експлуатації виникає необхідність визначення стратегічних напрямків для підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту машин.

1.2. Конструкція, типи стрічкових конвеєрів

Конвеєр і вхідні в його конструкцію елементи представлені на рис.1.4. Безперервний рух вантажу здійснюється за допомогою нескінченної

транспортної стрічки 1. Стрічка, як правило, приводиться до руху приводним барабаном 2 на одному кінці та проходить навколо вільно обертового барабана 7 на іншому кінці, який часто буває натяжним, тому що встановлюється в натяжний пристрій 8 і представляє загальну конструкцію. На схемі (рис. 1.4) наведений варіант окремого натяжного пристрою. Залежно від призначення конвеєра в конструкції передбачаються відхиляючі барабани або ролики з метою зміни кута нахилу траси, збільшення тягової здатності й натягу стрічки. Зовнішня поверхня стрічки може підтримуватися за допомогою вільно обертових роликів 5 або відповідного настилу. Якщо стрічка підтримується за допомогою центральних горизонтальних і бічних похилих роликів, за рахунок яких відбувається поперечний вигин стрічки (рис. 1.4, пер. А-А), то конструкція представляє жолобчастий конвеєр.

Для плавного переходу стрічки з жолоба на приводний або натяжний барабани встановлюються перехідні секції. Стрічкові безроликові конвеєри марки ТБ застосовуються для переміщення насипного або штучного вантажу по горизонталі або під кутом не більш 15° . Робоча гілка стрічки, що несе на собі вантаж по всій довжині, опирається на суцільний металевий настил або шини, холоста гілка – на напівкруглі ребра або також суцільний настил.

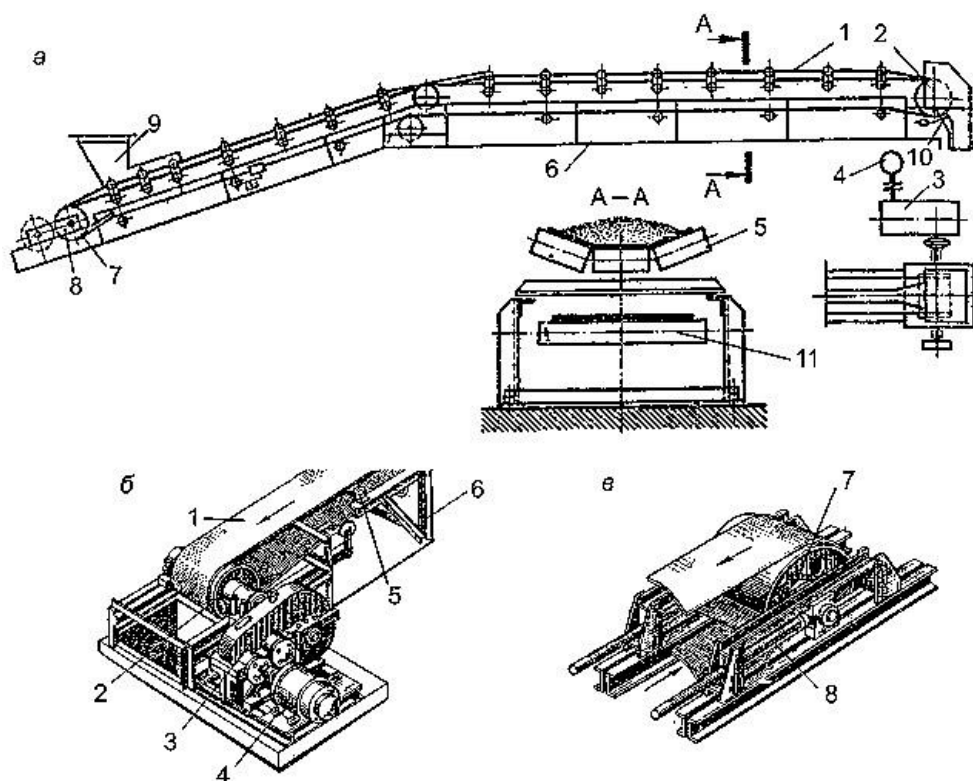


Рис. 1.4. Конструкція стрічкового конвеєра

Рух на провідний барабан передається від привода, який складається з редуктора 3, електродвигуна 4, з'єднаних муфтами, а також можливо передачами. Усі вузли, в тому числі завантажувальний 9, розвантажувальний 10, що очищаються, направляються й інші пристрої закріплюються на звареній рамі 6. Конвеєр може бути призначений для горизонтального або похилого переміщення сипучого матеріалу, кускових або штучних вантажів.

Стрічкові конвеєри різняться по типах залежно від виду траси, що транспортується: горизонтальні, похилі, крутонаклонные, з мінливим кутом нахилу, горизонтально-похилі, похило-горизонтальні, Г-Подібні, L-Подібні, Z-Подібні, U-Подібні.

Горизонтальний стрічковий конвеєр є одним з найпоширеніших видів транспортерів, які мають широку сферу застосування (рис. 1.5). Вони використовуються як у промисловому виробництві, так і на базах і складах. Залежно від конкретного місця застосування вони можуть мати будь-яку довжину.



Рис. 1.5. Горизонтальний стрічковий конвеєр

Система стрічкових конвеєрів може становити в довжину 10-12 км.

Похилий стрічковий конвеєр відрізняється тим, що його рухлива стрічка розташовується під кутом (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Похилий конвеєр

Кут нахилу залежить від характеру матеріалу, що транспортується й типу стрічки, він може бути регульований. При куті нахилу більш 18° транспортування здійснюється за рахунок особливої конструкції стрічки – шевронної (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Похилий конвеєр із шевронною стрічкою

Пересувний стрічковий конвеєр оснащується колесами для вільного пересування в просторі (рис. 1.8). Це дозволяє робити розвантаження в

будь-якому зручному місці. Конвеєр легко встановлюється під борт вантажного транспорту. Цей вид транспортерів застосовується для розвантаження сипучих, штучних і кускових вантажів.

Відзначимо, що продуктивність стрічкових конвеєрів досягає 30000 т/година. По ширині конвеєрні стрічки використовуються від 300 мм (вузькі) до 2000 мм (широкі). Конвеєри переміщують вантаж з різною швидкістю, від 0,5 до 5 м/с.



Рис. 1.8. Пересувний стрічковий конвеєр

1.3. Конвеєрна стрічка

Конвеєрна стрічка є найважливішою складовою деталлю стрічкового конвеєра. Стрічка є одночасно вантажонесучим й тяговим органом стрічкового конвеєра. Її міцний матеріал допомагає транспортувати найрізноманітніші сипучі, кускові й штучні вантажі. Конвеєрна стрічка дозволяє переміщати матеріали на більші відстані. Її застосування робить виробничий процес економічним і фактично безперебійним. Матеріали й конструктивні особливості стрічок залежать від типу продукції, що транспортується. Стрічка виконує пересування вантажу на всій власній довжині горизонтально, похило під легким нахилом або прямим кутом. Конвеєрні стрічки застосовуються практично у всіх сферах промисловості. Без них складно представити хімічне й харчове виробництво.

Конвеєрні стрічки повинні мати високу міцність для забезпечення передачі тягового зусилля, поперечною гнучкістю, що сприяє утвору жолоба, обмеженим подовженням для забезпечення мінімального ходу натяжних пристроїв конвеєра, зносостійкістю обкладки, стійкістю до ударних навантажень, порізів і поривів, розшаруванню, гниттю, цвілі, впливу мікроорганізмів і комах, навколишнього середовища. Стрічки повинні мати мінімальну товщину для зменшення можливості розшарування при обгинанні барабанів, зберігати міцнісні й геометричні характеристики в процесі експлуатації. Оптимальною вважається конвеєрна стрічка, що має мінімальну вартість і достатню довговічність. Спеціальні типи стрічок повинні мати також негорючість, зберігати працездатність при низьких температурах, мати низьке набрякання в різних середовищах, забезпечувати, можливо, більш тривалий опір тепловим навантаженням, дозволяти транспортування неупакованих харчових продуктів.

1.4. Гумовотканинні стрічки

На виробництвах в основному використовується гумовотканинна стрічка, тому що вона має невелику вагу, гнучкість, еластичність, міцність, при необхідності має спеціальні покриття, рифлення, шеврони, гофроборти, є відносно дешевим виробом. Гумовотканинні стрічки в порівнянні з гумовотросовими мають меншу масу на 25-30 %, що дозволяє заощаджувати електроенергію при експлуатації, знижує ризик samozапалювання стрічок (при ушкодженні гумовотросової стрічки відбувається іскріння металевих тросів).

Від умов експлуатації залежить кількість спеціальних прокладок. Більш міцна й довговічна гумовотканинна стрічка в каркасі може мати до 6 – 8 шарів тканинних прокладок.

Гумовотканинні стрічки мають тяговий каркас, що складається з пакета тканинних прокладок із проміжним гумовим шаром і обкладок (рис. 1.9) [3].

Каркас є найважливішою частиною конвеєрної стрічки, тому що він забезпечує міцність на розрив і подовження, необхідну при роботі стрічки під навантаженням, а також загальну й поперечну твердість, необхідну для транспортування вантажу.

Міцний каркас дозволяє збільшити надійність металевих з'єднань та/або кріпильних деталей.

Тканеві прокладки багатошарових стрічок складаються з ниток основи, розташованих уздовж стрічки, і поперечних утокових ниток, що переплітають несучі нитки, що й обгинають основні. Конструктивне та технологічне виконання основних і утокових ниток визначає тип тканини. Тканина по основі й утку має різну міцність і подовження. Для забезпечення кращого жолобоутворення та ударної міцності використовують по основі поліефірні нитки, а по утку – поліамідні.

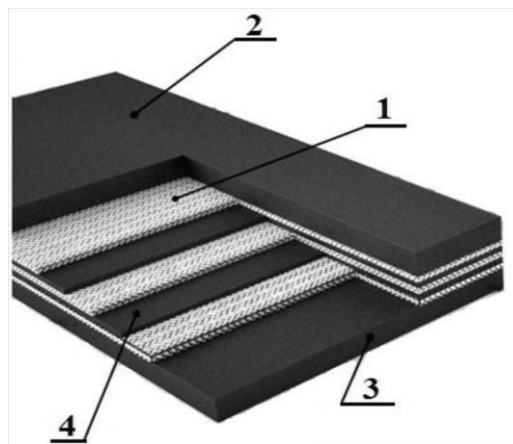


Рис. 1.9. Багатошарова гумовотканинна стрічка:
1 – тканевые прокладки; 2 – гумова робоча обкладка; 3 – гумова неробоча обкладка; 4 – гумовий проміжний шар (сквидж)

Тканевые прокладки тягового каркаса сучасних вітчизняних і закордонних гумовотканинних конвеєрних стрічок у більшості випадків виготовляють із тканин на основі синтетичних волокон, одержуваних у результаті переробки нафти, природного газу, кам'яного вугілля.

Гумовотканинні стрічки можуть бути як багатопрокладковими, двухпрокладковими, так і однопрокладковими підвищеної міцності. Між прокладками є гумові прошарки, які поєднують елементи каркасу та гарантують максимальну адгезію каркасу й обкладки, стійкість до ударних і розривних навантажень. Тканини перед гумуванням обробляють просочувальними складами. Обкладка гумова робоча захищає виріб від зношування, ушкоджень, впливу агресивних середовищ, погодних і атмосферних навантажень, а також виконує технологічні функції, наприклад, створює певне тертя між матеріалом, що транспортується та поверхнею стрічки. Вибір матеріалу обкладки визначається умовами, у яких конвеєрна гумовотканинна стрічка буде експлуатуватися. Робоча обкладка може бути зі спеціальним покриттям. Обкладка опорна – неробоча гумова гарантує збереження і цілісність вантажонесучого вузла, оберігає поверхню від вм'ятин і ушкоджень, а також створює певні фрикційні тягові умови на провідному барабані. Конструкція стрічки може мати спеціальні конструктивні доповнення у вигляді брекерних прокладок (розріджена тканина), закладених між тканевим каркасом і робочою обкладкою. Уведення брекера підвищує міцність зв'язку між обкладкою й тканевим каркасом і збільшує опір стрічки пробою, а також збільшує поперечну міцність стрічки. Конвеєрні стрічки можуть мати гумовий борт, який охороняє виріб від розшаровування й деструктивного впливу агресивних середовищ.

Транспортуючі стрічки мають відмінності по типу вихідного волокна, що використовується при виготовленні кордової тканини та її плетиві. Для виробництва високоміцних кордових тканин останнім часом застосовуються синтетичні волокна. Українські підприємства в серійному виробництві конвеєрних стрічок застосовують поліамідні й комбіновані тканини. Вид кордної тканини із синтетичних волокон маркується таким чином. Поліамідна група (ГОСТ 18215-80): ТК – капрон, ТА – анід, поліамід (Р) та нейлон (N). Поліефірна група: ТЛ – лавсан, ТЛК – лавсано-капрон (лавсан по

основі), Е – поліестер, БКНЛ (ГОСТ 19700-74) – бельтинг із комбінованих ниток лавсану (нитки лавсану обмотані бельтингом, що представляють собою сувору бавовняну тканину гарнітурного плетіння). Тип тканини БКНЛ у цей час застосовується рідше в порівнянні із тканинами типу ТК, ТЛК, ЕР, ЕРР та ін. Останнім часом випуск кордових тканин для транспортерних стрічок налагоджений на основі синтетичних матеріалів, таких як поліестер (Е), поліамід (Р) і нейлон (N). Також при виготовленні кордної тканини використовуються арамідні волокна (D). Арамідні волокна (група ароматичних поліімідів) мають найнижче відносне подовження й становлять $\delta = 1,3-1,5\%$, усі інші синтетичні волокна – $\delta = 1,5-3,5\%$.

Конвеєрну стрічку виготовляють виробники Contitech (Німеччина), Sava (Словенія), Gummilabor (Італія), Fenner Dunlop (Австралія), AMMERAAL (Голландія), YOKOHAMA (Японія), C&T Chemical Company, Inc., Habasit (США) і ін.

Звичайно конвеєрна стрічка має гумові обкладки. Умовна міцність при розтяганні гум для зовнішніх обкладок стрічок наведена в табл. 1.1. Міцність зв'язку між тканинними прокладками та гумою в стрічці повинна бути 6 Н/мм, а між обкладками й тканинним каркасом 5 Н/мм. Після процесу просочування на верхню (робочу) і нижню (приводну) поверхні стрічки (обкладка) наноситься покриття із ПВХ, поліуретану для захисту каркасу та збільшення терміну служби. Тип, якість і товщина покриття вибирається згідно з умовами експлуатації.

Таблиця 1.1 Умовна міцність гуми при розтяганні, МПа

Для гуми класу										
А	Б	І	С	М	Т-1	Т-2	Т-3	Г-1	Г-2	П
24,5	19,6	15,0	10,0	14,7	11,0	10,0	11,0	14,7	14,7	9,8

Примітка.

Гуми класу А, Б, І, С – загального призначення:

А – гума підвищеної міцності для тяжких умов експлуатації конвеєрних стрічок;

Б – гума підвищеної міцності для середніх умов експлуатації транспортерних стрічок;

І – для нормальних умов експлуатації конвеєрних стрічок;

С – для легких умов експлуатації конвеєрних стрічок;

М – морозостійка гума, для експлуатації конвеєрних стрічок при температурі до -60°C ;

Т1 – теплостійка гума, для експлуатації транспортерних стрічок при температурі до $+100^{\circ}\text{C}$;

Т2 – теплостійка гума, для експлуатації конвеєрних стрічок при температурі до $+150^{\circ}\text{C}$;

Т3 – теплостійка гума, для експлуатації транспортерних стрічок при температурі до $+200^{\circ}\text{C}$;

Г1 – гума важкозаймиста, застосовується у вугільних і сланцевих шахтах;

Г2 – гума важкозаймиста й морозостійка для вугільних шахт;

П – харчова гума для транспортерних стрічок, що контактують із продуктами живлення.

Гумовотканинна стрічка може мати різні показники максимально розрахункового робочого навантаження тягової прокладки залежно від режиму експлуатації конвеєра, середнього кута нахилу конвеєра, виду стрічки, числа тягових прокладок каркасу, які впливають на коефіцієнт запасу міцності транспортерної стрічки (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 Максимально припустиме робоче навантаження тягової прокладки

Вид стрічки	Кут встановлення конвеєра (по осі кінцевих барабанів), град.	Число тягових прокладок	Максимально припустиме робоче (розрахункове) навантаження тягової прокладки при номінальній міцності, Н/мм				
			400	300	200	100	55
Загального призначення, морозостійка, харчова, важко займиста морозостійка	Від 0 до 10	До 5	50	36	25	12	7,0
		Св.5	45	32	22	11	6,0
	Від 10 до 18	До 5	45	32	22	11	5,5
		Св.5	40	30	20	10	5,5
Теплостійка	Від 0 до 18	Від 3 до 6	-	20	13	10	-

Транспортерні стрічки EP, які складаються із поліефірних ниток основи й поліамідних ниток утка, забезпечують мале розтягування, високу міцність на розрив і ударну міцність та дозволяють використовувати їх для вулканізованих і механічних з'єднань. Стрічки Normalgum – Італія складаються з декількох шарів (2-5) тканинного каркасу EP (поліестер/поліамід) з обкладками, який придатний для високих навантажень, має низьку розтяжність із високою поперечною еластичністю, здатний зм'якшувати місцеву деформацію від ударних навантажень у завантажувальних і перевантажувальних зонах і т.д., й можуть застосовуватися при температурі від -35 до +80°C [7].

Гумові обкладки конвеєрних стрічок мають особливі властивості протистояти стиранню, зношуванню, порізам навіть при наявності високих температур, стійкістю до масел і кислот. Технічна характеристика транспортерних стрічок Normalgum з наступними корисними робочими навантаженнями: 16, 21, 26, 32, 40 і 52 Н/мм ширини стрічки представлена в табл. 1.3.

Використовуються для транспортування: вапняку, цементу, бетону, коксу, шлаків, щебенів, інертних матеріалів, корисних копалин, осколків скла, солі, вологого піску і т.д., відповідно до кількості шарів тканинного каркаса. Стрічки Normalgum випускаються шириною: 300,400, 450, 500, 600, 650, 700, 800,1000, 1200, 1400, 1600 мм. У якості високоякісних матеріалів пропонуються тканеві каркаси для конвеєрних стрічок із чистого полієфіру. Наприклад, корпорація REMA TIP TOP (Німеччина) поставляє конвеєрні стрічки DBP-POWAPLY із тканинним матеріалом типу EE (табл. 1.4).

Стрічки поставляються з гумовими обкладками, які добре проявляють себе в різних умовах експлуатації: від областей застосування з ріжучими й абразивними навантаженнями до менш складних випадків, коли на стрічці транспортуються малоабразивні матеріали [1].

Особливий інтерес представляють конвеєрні стрічки з кордною тканиною з ароматичних поліімідів або арамидного волокна. Арамидне полотно D суміщає високу міцність, високу еластичність і досить маленьку вагу в порівнянні з металевими каркасами ST аналогічної міцності. Технічна характеристика транспортерної стрічки Extra D представлена в табл. 1.5 [1].

Таблиця 1.3 Технічна характеристика транспортерної стрічки EP-Normalgum

Тип		EP-160	EP-200	EP-250	EP-315	EP-400	EP-500
Кількість прокладок		2	2	2	3	3	4
Товщина обкладок	мм	2-1	3-2	4-2	4-2	4-2	5-2
Товщина стрічки	мм	4,5	6,2	7,4	8	8,3	10,5
Вага стрічки	кг/м ²	5,2	7,4	8,8	9,6	10	12,6

Робочий натяг	Н/мм	16	20	25	32	40	52
Подовження	%	1,3					
Діаметр приводного барабана	мм	200	250	250	315	315	500
Розтягання	%	2					

Таблиця 1.4 Технічна характеристика стрічки DBP-POWAPLY

Тип стрічки	Максимальне натягування, кН/м	Параметр	Структурні шари				
			2	3	4	5	6
EE-200	20	Вага, кг/м ²	2,5				
		Товщина, мм	1,8				
EE-250	25	Вага, кг/м ²	2,6				
		Товщина, мм	1,9				
EE-315	32	Вага, кг/м ²	2,7	3,7			
		Товщина, мм	2,2	2,9			
EE-400	40	Вага, кг/м ²	3,3	4,0	5,0		
		Товщина, мм	2,6	3,1	4,1		
EE-500	50	Вага, кг/м ²	3,4	4,1	5,3	6,3	
		Товщина, мм	2,5	3,6	4,3	5,2	
EE-630	63	Вага, кг/м ²	3,9	4,9	5,5	6,6	7,5
		Товщина, мм	3,0	4,1	4,9	5,5	6,3
EE-800	80	Вага, кг/м ²	4,7	5,1	6,6	6,9	7,9
		Товщина, мм	3,9	4,0	5,7	6,2	6,7
EE-1000	100	Вага, кг/м ²	5,9	6,1	6,8	8,2	8,2
		Товщина, мм	4,7	5,1	5,5	7,2	7,6

Таблиця 1.5. Технічна характеристика транспортерної стрічки Extra D

Тип		D-800	D-1000	D-1250	D-1600	D-2000	D-2500
Товщина обкладок	мм	5-2	5-2	5-2	6-3	6-3	6-3
Товщина стрічки	мм	8,4	9	10,6	13	14	15
Вага стрічки	кг/м ²	8,6	8,9	10,2	12,9	13,6	14,8
Робочий натяг	Н/мм	80	100	125	160	200	250
Подовження	%	0,3					
Діаметр приводного барабана	мм	500	630	800	1000	1250	1500

Для того, щоб збільшити тягову здатність конвеєрних стрічок та синхронного транспортування без проковзування, нижня сторона виконана із приводними зубами із загальноприйнятим профілем як у зубчастих ременів. Наприклад, конвеєрна стрічка Ultrasync - США (рис. 1.10, 1.11) має наступні переваги:

- можливість синхронного руху, без проковзування;
- зниження переднатяження стрічки;
- зниження енерговитрат і навантаження на підшипникові вузли;
- ширина до 1000мм;
- харчовий допуск.

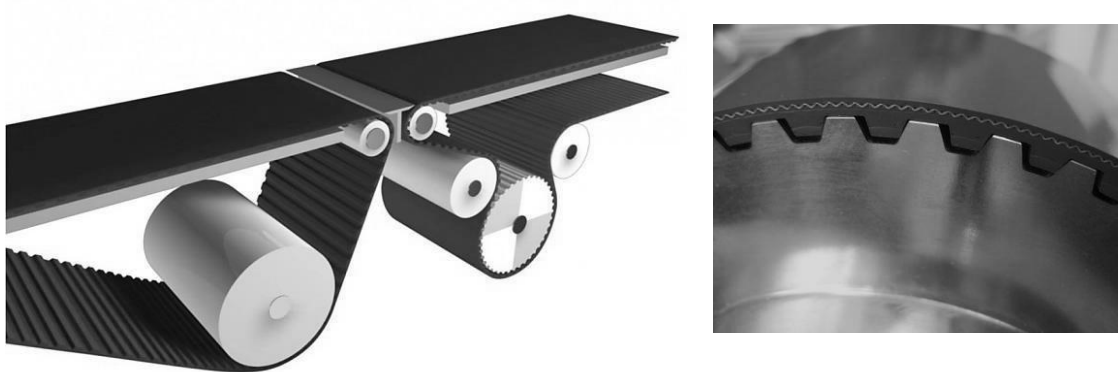


Рис. 1.10. Конвеерна стрічка Ultrasync

Стрічки Ultrasync (США) виготовляються на основі корду з поліестерової тканини, для особливо міцних стрічок у якості корду використовується тканина на основі арамід (кевлара).

У якості обкладок використовується термопластичний поліуретан Coranу:

- механічно міцний матеріал, гнучкий;
- стійкий до масел і жирам, харчовий, клас хімічної стійкості.
- Amtel (термопластичний еластомір):
- твердість 90 по Шору, температурний діапазон -20 - +110°C;
- механічно дуже міцний матеріал;
- гнучкий при низьких температурах;
- стійкий до масел і жирів, харчовий, клас хімічної стійкості.



Рис. 1.11. Застосування стрічки Ultrasync у хлібпеченні

Аналогом збільшення тягової здатності конвеерної стрічки є спеціальні виступи на внутрішній стороні, які зачіпаються з роликками, що мають відповідні пази, наприклад, конструкція стрічки Soliflex PRO (США), що

гарантує відсутність ризику проковзування (рис. 1.12). Структура стрічки виконана із суміші поліуретану та поліестеру, які вирізняються стійкістю до забруднень, також вони не всмоктують сторонні запахи та зберігають гладкість поверхні (через стійкість до порізів і подряпин) протягом тривалого часу. Застосовуються стрічки Soliflex PRO у всіх галузях промисловості з високими санітарногігієнічними нормами, в тому числі на фабриках птахо- і м'ясопереробки, у молочному виробництві, хлібопекарнях, на овочевих базах.



Рис. 1.12. Конструкція стрічки Soliflex PRO

Позначення гумовотканинних конвеєрних стрічок проводиться відповідно до ДСТУ 20 – 80 у наступній послідовності: тип стрічки, ширина, кількість тканевих прошарків, тип тканини й міцність на розрив, товщина робочої та опорної обкладок, клас гуми обкладок, вид борту (вказується тільки для стрічок типу 2: «ГБ» – гумовий борт; «НБ» – нарізний борт).

Сьогодні в конвеєрах загального призначення широко використовується конвеєрна стрічка із цільнотканим каркасом. Конвеєрна стрічка, виготовлена за технологією цільнотканого каркасу, має ряд переваг у порівнянні з багатопрокладочними та гумотросовими стрічками. При однакових міцнісних характеристиках вони мають в 1,5 і більше рази меншу вагу, що у свою чергу: знижує погонне навантаження, споживання електричної енергії. Цільнотканий каркас забезпечує високу внутрішню міцність зчеплення та опір перегинам, добре витримує ударні навантаження, при цьому можливо застосування барабанів меншого діаметру. Унікальна

технологія виробництва стрічки не дозволяє проникненню вологи в каркас, що суттєво збільшує строк її служби в порівнянні із багатошаровими конвеєрними стрічками (у середньому в 1,5 - 2 рази). Основу стрічки становить цільноткане полотно підвищеної міцності, просочене пастою ПВХ (полівінілхлорид) (рис. 1.13). У якості зовнішньої оболонки (обкладки) залежно від призначення й умов експлуатації використовується гума або ПВХ. Каркас і гумова обкладка з'єднуються в стрічку методом вулканізації. Для виробництва даного типу конвеєрних стрічок використовується 3 види ПВХ:

- антистатичний ПВХ – інноваційний матеріал, забезпечує властивість антистатичності не тільки корду, але й робочої поверхні стрічки;
- ПВХ із підвищеною абразивостійкістю (щільність 74-92 А);
- ПВХ із підвищеною масложиростійкістю.

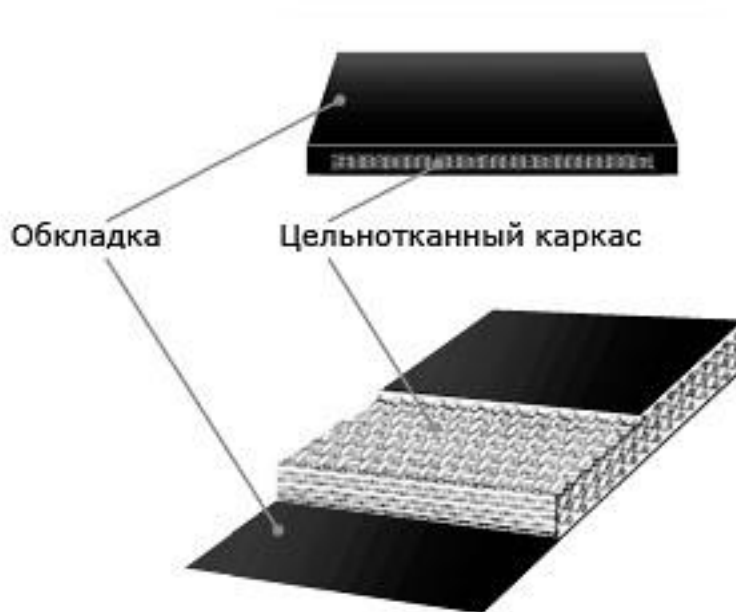


Рис. 1.13. Конвеєрна стрічка із цільнотканим каркасом

Конвеєрна стрічка із цільнотканим каркасом виготовляється багатьма закордонними й вітчизняними компаніями. Вони поставляють конвеєрні стрічки, виготовлені з різних еластомерних матеріалів (спеціальні види гуми) на основі кордів з поліамідних, поліестерових тканин і системи Zip Link - США стабільного каркасу з поліефірного моноволокна (інноваційна

конструкція конвеєрних стрічок полягає в миттєвому з'єднанні: швидко, просто, якісно). Дані стрічки мають чудову функціональність, тривалий термін служби та високі експлуатаційні якості:

- діапазон робочих температур -40°C $+150^{\circ}\text{C}$;
- зберігає однакові властивості по всій довжині стрічки;
- може бути використаний на плоских й на жолобчастих конвеєрах;
- винятково висока бічна стійкість Zip Link, що значно спрощує витримання рівного ходу стрічки;
- великий вибір захисних покриттів.

Стрічки незамінні при роботі в тяжких умовах і специфічних областях застосування.

Основні галузі застосування:

- автомобільна промисловість;
- сільське господарство;
- хімічна промисловість;
- деревообробка;
- харчові виробництва.

Спеціальні стрічки для харчової промисловості, що мають допуск для прямого контакту із продуктом:



Рис. 1.14. Застосування конвеєрної стрічки з покриттям Butyl

Butyl – робоче покриття з бутилової гуми; застосовуються у виробництві молочних виробів, для заморожок: морозиво, фрукти, городина, пельмені і т.д. (рис. 1.14); Silam HVS – стрічки із силіконовим покриттям, вони незамінні при виробництві карамельних виробів, жувальної гуми, транспортуванні гарячої випічки, у хімічній промисловості; Nitrile – робоче покриття на основі карбоксилатних нітрільних каучуків з найвищою зносостійкістю, застосовується в цукровій промисловості; Fabric – тканинне покриття; використовується в харчовому виконанні при хлібопеченні.

1.4. Зноси стрічок

Промислова конвеєрна лента широко застосовується в різних виробничих процесах. Далеко не всі користувачі дотримуються технічних рекомендацій з вантажопідйомності та температурного режиму експлуатації, у зв'язку з чим полотно зазнає надмірного навантаження. У результаті, з'являються розриви, порізи та інші види ушкоджень. Важливо вчасно робити ремонт, який буває поточним і відбудовним. У другому випадку мається на увазі екстрений монтаж з відновленням полотна до первісного стану.

Найчастіше трапляються такі ушкодження конвеєрної стрічки:

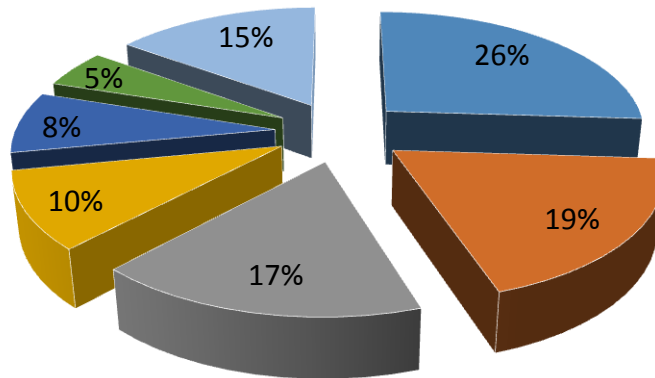
- порізи поздовжнього та поперечного напрямку;
- бічні зрізи (при неправильному завантаженні й вивантаженні);
- обтріпування бортів конвеєра;
- наскрізні пробої (при падінні гострих предметів).

Зношування конвеєра – природній і неминучий процес, однак якщо стрічку доводиться міняти чи не щомісяця, виходить, на виробничій/транспортувальній лінії гарантовано є більш серйозні проблеми. Вони ж є основними причинами зношування, і, як наслідок, додаткових витрат і недоотриманого прибутку.

Усі причини швидкого зношування конвеєрної стрічки можна умовно, але досить чітко, згрупувати. Крім того, статистика дозволяє виділити найбільш часті помилки (рис. 1.15):

В 26 % випадків конвеєрна лента швидко зношується через те, що вона просто неправильно підібрана. Обраний не той тип полотна, матеріал робочої поверхні, твердість або інші параметри:

- порушена пряmolінійність конвеєра (19 %);
- допоміжні ролики заклинені або зношені настільки, що не можуть обертатися (17 %);
- стрічку зношує розсипаний матеріал (10 %);
- полотно не відповідає діаметру барабанів (8 %);
- вантаж падає із занадто великої висоти (5 %).



- Неправильно підібрана конвейерна лента
- Порушена пряmolінійність конвеєра
- Допоміжні ролики заклинені або зношені настільки, що не можуть обертатися
- Стрічку зношує розсипаний матеріал
- Полотно не відповідає діаметру барабанів
- Вантаж падає із занадто великої висоти
- Інші причини

Рис. 1.15. Діаграма основних причин зношення конвеєрних стрічок



Рис. 1.16. Дефект стрічки (надрив)

Розглянемо типові проблеми та причини їх виникнення.



Рис. 1.17. Утворення тріщини та порив стрічки

1. Стрічка буксує на ведучому валу. Причини:

- Стрічка перевантажена.
- Вал перекошений.
- Кут охопту вала занадто малий.
- На поверхню вала або нижню частину полотна потрапили

мастильні матеріали.

У першому випадку підвищується навантаження на всі причетні вузли, що також тягне їх прискорене зношування, а сама стрічка швидше виходить з ладу через зростання тертя.

2. Зношується робоча поверхня. Причини:

- Пробуксовка.
- Занадто сильне провисання між підтримувальними роликками.
- Тертя об сторонні предмети.
- Невідповідність типу покриття матеріалам, що транспортуються

(низька стійкість до абразивних, масложирових та інших впливів).

3. Зношується несучий шар. Причини:

- Заклинений ряд роликів верхньої області конвеєра.
- Зношування провідного або додаткового барабана.
- Влучення транспортованого матеріалу під полотно.

4. Обрив у місці стикування кінців. Причини:

- Перевантаження конвеєра.
- Влучення на барабан транспортованого матеріалу.
- Неправильний добір діаметра валів.
- Недотримання технологій стикування.



Рис. 1.18. Розшарування стрічки у місцях склеювання

5. Повздовжні порізи. Причини:

- Руйнування підтримувальних роликів – стрічка опирається на кронштейни для них і швидко стирається.
- Стирання поверхонь.

6. Пробій (розрив) поверхні. Причини:

- Неправильний вибір навантажувального лотка, через що матеріал, що транспортується, падає на конвеєр з великої висоти.

7. Швидке зношування країв. Причини:

- Неправильне центрування, через яке стрічка третяся об станину.
- Неправильний добір типу стрічки, наприклад, використання на лініях з більшою кількістю води або масла стрічок з незапаяним краєм.



Рис. 1.19. Бічний знос стрічки

8. Розбухання й розшарування стрічки. Причини:

- Використання полотна з незапаяним краєм, або відкритим кордом на ділянках, де використовується вода або масло.
- Механічне ушкодження країв.
- Влучення води або масла в мікропорізи на поверхні.

Це – лише найбільш часті проблеми, що виникають на виробництвах, однак на термін служби стрічки впливають і інші фактори. Приміром, при неправильному зберіганні або транспортуванні вона може одержати критичні ушкодження ще до початку експлуатації. Проте суттєво продовжити термін її служби можна правильним і своєчасним обслуговуванням виробничої лінії.

1.6. Барабани

Барабани є одним з основних елементів стрічкового конвеєра. Залежно від виконуваної функції в роботі конвеєра, вони можуть бути: приводні й

натяжні. В свою чергу, натяжні барабани бувають хвостовими, головними, оборотними, обвідними, притискними, відхиляючими. У зв'язку з чим барабани мають різні конструкції. Заводи виготовлювачі комплектуючих стрічкових конвеєрів пропонують широку лінійку конструкцій барабанів. Барабан приводної встановлюється на вал, так як він передає рух конвеєрній стрічці за рахунок переданого крутного моменту й певної швидкості (рис. 1.20).

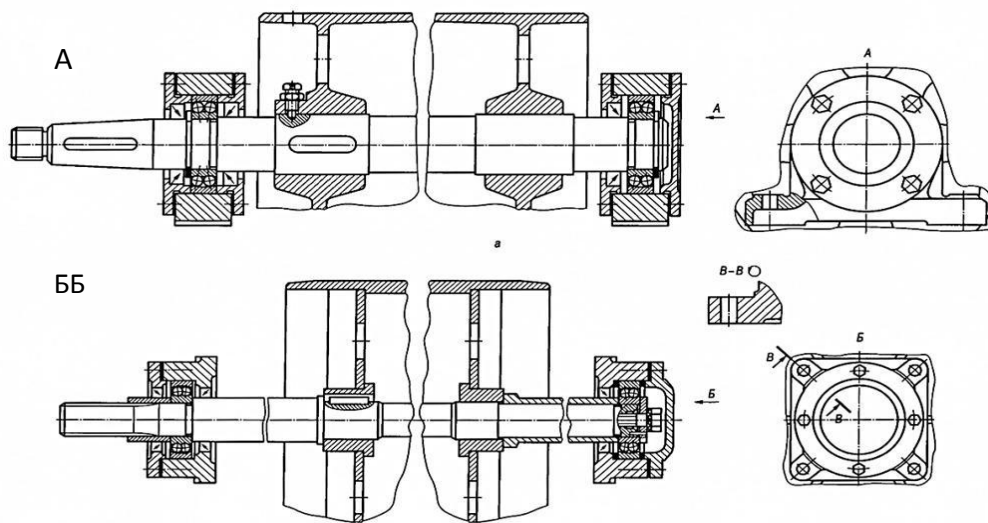


Рис. 1.20. Барабани приводні на валу: А – литий; Б - зварений

Кожний барабан розрахований на певну потужність конвеєра. Тому до найважливіших параметрів цього механізму належать міцнісна та функціональна характеристики. Чим більше величина крутного моменту й чим вище припустиме навантаження на стрічку, що рухається, тем вище міцнісна характеристика барабана. Функціональна характеристика визначається розрахунковими формулами сили тертя між стрічкою й барабаном. Для збільшення сили тертя (коефіцієнта тертя) стрічки на барабані, поверхня його може бути футерована гумою, еластоміром, наприклад, нітриловий каучук (твердість 60-80) або уретан (твердість 80-90). Такі фрикційні покриття можуть бути застосовані у формі труби, листа або розпиленням (рис. 1.21).

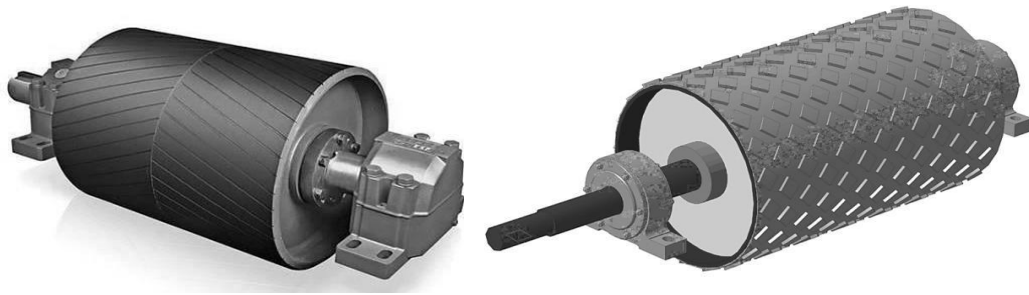


Рис. 1.21. Приводні барабани, футеровані гумою

1.7. Загальні висновки та задачі роботи

Проаналізовано роботу підприємства та встановлено, що підприємство розвивається і входить до п'ятірки найкрупніших в Україні з виробництва конвеєрів.

На підприємстві використовують різні типи стрічок в основному виробництва України та Китаю, ще до 2013 року використовували стрічки Російського виробництва. На сьогодні на ринок України зайшли німецькі виробники стрічок але їх вартість вдвічі, а то і втричі більша.

Як стрічки ведуть себе в роботі невідомо тому метою роботи є обґрунтування параметрів гумово-тканинних стрічок різних виробників та обґрунтування їх довговічності.

В роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз будови та роботи стрічкових конвеєрів, а також аналіз відмов стрічок;
- розробити заходи щодо гумування барабану;
- розрахувати основні параметри стрічкового конвеєра та стрічки;
- розробити методику експериментальних досліджень та провести їх;
- розробити заходи з охорони праці та провести техніко-економічну оцінку роботи.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ КОНВЕЄРНОЇ СТРІЧКИ З БАРАБАНОМ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНВЕЄРА

2. 1. Питання взаємодії конвеєрної стрічки з барабаном

Викладемо наявну експериментальну інформацію із цього питання у вигляді коротких емпіричних узагальнень.

В основу механіки взаємодії стрічки з барабаном покладена теорія Ейлера про ковзання гнучкої нитки, перекинutoї через гладкий циліндр. Для тягового зусилля W Ейлер одержав вираз виду [8]:

$$W = S(e^{\mu\alpha} - 1), \quad (2.1)$$

де S – натяг нитки;

μ – коефіцієнт тертя;

α – кут обхвату.

Для сучасних конвеєрів формула Ейлера слухна при малих швидкостях руху, чистих контактних поверхнях і малій ширині стрічки. Проте, практично всі існуючі теорії в тому або іншому виді використовують цей вираз.

У подальших роботах коефіцієнт тертя μ тягового зусилля був замінений коефіцієнтом зчеплення f . Фізична сутність цього коефіцієнта адекватна коефіцієнту тертя, але він додатково враховує ряд особливостей у зоні контакту стрічки й барабана. Численні експериментальні дослідження свідчать, що в зоні контакту зусилля носять нелінійний і стохастичний характер, а вплив забруднення, безсумнівно, мають імовірнісну природу.

Коефіцієнт зчеплення не є постійною величиною, а залежить від цілого ряду факторів, серед яких найбільш важливими є:

- ширина стрічки й швидкість її руху; при збільшенні швидкості руху тягова здатність стрічки зростає;

- діаметр барабанів; зі збільшенням діаметра тягова здатність стрічки зростає;

- присос стрічки до барабана; це явище має ймовірну природу характерно для металевих барабанів; при використанні барабанів з гумової футерівки явище присосу, як правило, не спостерігається;

- фрикційні властивості стрічки й футерівки барабана; на ранніх стадіях конвеєробудування використовувалися футерівки із шорсткуватою поверхнею: корунд, бетон, кераміка і т.д. Такі футерівки стирали стрічку, і матеріали зношування переносилися на металевий барабан, створюючи деяку подобу гумового шару. У більш пізніх конструкціях стрічкових конвеєрів використовувалися гумова футеровка, яка на сьогоднішній день домінує в інженерній практиці.

- забруднення або волога в зоні контакту стрічки з барабаном; завдяки імовірнісній природі це явище вивчене недостатньо. У [9] пропонується наступна градація: дуже волого, волого й сухо; при цьому найнижчі значення коефіцієнта зчеплення спостерігаються при дуже вологому контакті. У [10] за умови, що волога в зоні контакту локалізується у вигляді лінз для середньозваженого коефіцієнта зчеплення f_c отримано наступний вираз:

$$f_c = \frac{N_p f_p + S_B \tau_B}{N_p + N_B}, \quad (2.2)$$

де N_p – сумарний тиск на площу контакту, не зайняту рідиною;

f_p – коефіцієнт тертя стрічки по барабану;

S_B – сумарна площа лінз рідини;

τ_B – питомий опір зрушенню рідини;

N_B – сумарний тиск, що припадає на лінзи рідини.

Як видно, опір тертя на лінзах рідини залежить від товщини шару рідини, відносній швидкості руху й площі лінз.

Наявність вологи й твердих часток у зоні контакту знижує коефіцієнт зчеплення й це може привести до пробуксовки стрічки. При цьому, як правило, підвищується відносна швидкість ковзання стрічки по барабану, що приводить до інтенсивного виносу часток і вологи із зони контакту й, в остаточному підсумку, до підвищення коефіцієнта зчеплення й до нормалізації роботи конвеєра.

Експериментально встановлено [11], що працездатність конвеєра в значній мірі залежить від ступеня й характеру забруднення барабана; при цьому забруднення внутрішньої поверхні стрічки частками матеріалу, що транспортується (вугілля, пісок, руда і т.д.) може привести до істотного зниження коефіцієнта зчеплення. Автори встановили емпіричну залежність для середньозваженого коефіцієнта зчеплення у вигляді

$$f_{cp} = \frac{N_{ck} f_{ck} + K \frac{N_k}{r}}{N_{ck} + N_k}, \quad (2.3)$$

де N_{ck} і N_k – нормальний тиск, що припадає відповідно на площі ковзання й на тіла кочення (частки матеріалу);

f_{ck} – коефіцієнт тертя ковзання стрічки по робочій поверхні барабана;

r – радіус часток кочення;

K – коефіцієнт кочення частки між третьовими парами.

Залежність (3) була отримана для матеріалів забруднення із крупністю часток 0,5÷1 мм за умови їх перекочування в зоні контакту; при цьому величина коефіцієнта зчеплення була порядку 0,2 ÷ 0,3.

Експлуатаційний тиск стрічки на барабан звичайно перебуває в межах 0,25 ÷ 0,40 кг/см².

Величина площі фактичного контакту барабана зі стрічкою лежить у межах 5 - 20 %.

При використанні в стрічкових конвеєрах барабанів з гумової футерівкою, тягова здатність стрічки поряд із силами тертя визначається також і величиною деформації шару футерівки. Автори роботи [11] експериментально підтвердили цей важливий факт і встановили, що величина коефіцієнта зчеплення прямо пропорційна товщині гумової футерівки й обернено пропорційна твердості гуми.

Для гладких металевих барабанів тягова здатність стрічки суттєво залежить від ступеня забруднення; наявність навіть незначного забруднення транспортним матеріалом у зоні контакту зменшує тягову здатність в 3-5 раз; при використанні рифленої гумової футерівки цей ефект проявляється в незначному ступені [11].

З наведених коротких узагальнень і цитуємої літератури можна зробити досить важливі висновки:

- гумова футеровка барабана дозволяє: підвищити тягову здатність стрічки; знизити динамічні зусилля в системі «стрічка – приводний барабан»; знизити вібронпруженність в деталях і вузлах конвеєра (футеровка гасить як низькочастотні, так і високочастотні коливання); зменшити зношування стрічок; завдяки наявності спеціальних рифлей усунути або, принаймні, суттєво знизити вплив ефекту забруднення; зменшити можливість автоколивального процесу, зв'язаного або з високими швидкостями стрічки (близько 20 м/сек), або з явищем її пробуксовки: одна з основних причин – забруднення в зоні контакту;

- коефіцієнт зчеплення є важливою розрахунковою величиною; достовірні дані про його значення можна одержати тільки при експериментальних дослідженнях стрічкових конвеєрів в умовах, максимально наближених до експлуатаційних.

2.2. Феноменологічні моделі взаємодії конвеєрної стрічки з барабаном

Крім чисто емпіричного підходу, заснованого на тривалій практиці експлуатації стрічкових конвеєрів, існує, принаймні, ще два підходи для вибору оптимальної товщини гумової футерівки барабана.

Перший, кінематичний підхід, пов'язаний з вибором експлуатаційних параметрів стрічкових конвеєрів, насамперед тягового зусилля; у цьому випадку модель повинна враховувати механізм взаємодії стрічки з гумовою футерівкою барабана.

Другий підхід пов'язаний безпосередньо з розглядом футеровочного шару як термодинамічної системи. Розглянемо ці підходи окремо.

Кінематична модель. Тягове зусилля, яке може передати барабан без врахування втрат, можна представити у вигляді співвідношення

$$W = S_{нб} - S_{сб} = S_{сб} (e^{f\alpha} - 1), \quad (2.4)$$

де S – зусилля набігаючої та збігаючої гілок стрічки;

Величину $T = e^{f\alpha}$ зазвичай називають тяговим фактором.

В [12] є таблиці для залежності коефіцієнта зчеплення від тягового фактора й експериментальні значення f для барабанів у положенні «сухо – волого»; так, для металевих барабанів $f = 0,1 \div 0,35$; для барабанів з гумовою футерівкою $f = 0,15 \div 0,50$.

Як видно з (4) тягове зусилля тим більше, чим вище натяг стрічки й більше коефіцієнт зчеплення. Натяг збільшувати небажано, для збільшення кута обхвату α необхідні досить складні багатобарабанні приводи й відхиляючі барабани. Тому із практичної точки зору найбільш кращим є збільшення коефіцієнта зчеплення, для чого відповідно й використовують гумову футерівку.

У роботі [11] розглянута модель взаємодії стрічки з барабаном, футерованим гумою. Схема розрахунків показано на рис. 1. При розгляді умови рівноваги гнучкої нитки на твердому барабані дотичне до поверхні зусилля буде дорівнює нормальному зусиллю, помноженому на коефіцієнт зчеплення. Якщо ж на барабані є гумова футерівка, то під дією нормального зусилля шар гуми стискується й дотична до поверхні шару, проведена в точці дії нормального зусилля, не збігається із прямою, проведеною із цієї точки перпендикулярно до провідного радіуса, опущеного в цю точку із центру обертання. Тобто крім сили тертя, рівної приблизно нормальному тиску, помноженому на коефіцієнт зчеплення, по дотичній буде діяти й деяка складова нормального тиску $N \cos \beta$ (рис. 2.1).

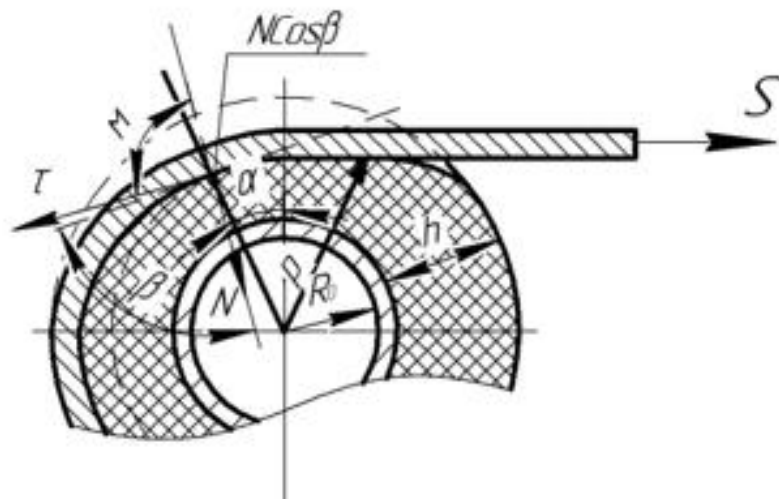


Рис. 2.1. Схема розрахунку гнучкої передачі при наявності товстої футерівки

Автори роботи [11] одержали наступну спрощену формулу, що має, проте, ясний фізичний зміст, що зв'язує основні параметри конвеєра й товщину гумової футерівки:

$$f \alpha = \ln \left(1 + \frac{W}{S} \right) - \frac{hW}{\rho^2 B E}; \quad (2.5)$$

$$\rho = R_0 + h(1 - \Delta),$$

де E – модуль пружності гуми;

B – ширина стрічки;

h – товщина гумової футерівки;

R_0 – радіус металевого барабана;

Δ – відносна деформація стиску гумової футерівки.

З (2.5) можна одержати формулу Ейлера, тобто $W = S(e f \alpha - 1)$.

Як видно з (2.5) при тому самому α тягове зусилля буде тим більше, чим більше співвідношення h/ρ_2 і чим менше модуль пружності гуми, тому автори роботи [11] роблять наступні висновки: для ефективного збільшення тягового зусилля необхідна більша товщина гумової футерівки.

Термодинамічна модель. Така модель докладно розглянута в [12]. Згідно з нею гумову футеровку барабана будемо розглядати як відкриту термодинамічну систему, стан якої найбільше повно характеризується її внутрішньою енергією. Якщо на систему діє поле механічних сил, то перший закон термодинаміки можна записати у вигляді

$$\int_0^{t^*} U_p \dot{\epsilon} dt = \int_0^{t^*} \sigma_{ij} \dot{\epsilon}_{ij} dt - \int_0^{t^*} \dot{\Phi} dt, \quad (2.6)$$

де U_p – частина внутрішньої енергії, яка використовується на зміну структури гуми, тобто на її руйнування;

$\dot{\Phi}$ – частина внутрішньої енергії, що виділяється у вигляді теплоти;

σ – напруження;

ϵ – відносна деформація гуми;

t^* – час до руйнування (відмови) футерівки.

Якщо позначити $\int_0^{t^*} \dot{U}_p dt = \Delta U_p^*$ й припустити, що ΔU_p^* в певних рамках існування термодинамічної системи є постійною матеріалу, то система зруйнується в момент часу t^* при рівності:

$$\Delta U_p^* = \int_0^{t^*} (\sigma_{ij} \dot{\epsilon}_{ij} - \dot{\Phi}) dt \quad (2.7)$$

Для довговічності гумової футерівки, тобто часу t^* або кількості циклів n^* до відмови в [9] отримано вираз

$$n^* = \frac{\Delta U_p^*}{0,5 E_0 \varepsilon^2 \psi_0 \eta_p f(x, y)} \quad (2.8)$$

або з урахуванням старіння, тобто зміни в'язкопружних властивостей гуми в процесі експлуатації

$$\Delta U_p^* = \frac{\eta_p f(x, y) \varepsilon^2 E_0 (n^*)}{2} (\psi_0 n^* - k_\psi n^{*2}), \quad (2.9)$$

де ΔU_p^* – критична енергія локального руйнування футерівки, для гум з наповненням технічним вуглецем 60-65 мас.ч.

$$\Delta U_p^* = (17 \div 25) \cdot 10^{12} \text{ Дж} / \text{м}^3 ;$$

ψ_0 – коефіцієнт дисипації енергії; $\psi_0 = 0,7 \div 0,9$;

k_ψ – коефіцієнт старіння гуми: $k_\psi = (0,35 \div 0,45) \cdot 10^{-8} \text{ с}^{-1}$;

$f_{(x,y)}$ – функція розподілу напружень по координатах гумової футерівки;

E_0 – миттєве значення модуля пружності, $E_0 = (110 \div 140)$ МПа;

η_p – коефіцієнт, що характеризує частину енергії, яка йде безпосередньо на руйнування гумової футерівки, $\eta_p = 0,6 \div 0,8$.

Як видно з формул (8), (9) кількість циклів до руйнування футерівки буде тим більше, чим більше критична енергія руйнування й менше твердість і відносна деформація. Для гуми величина ΔU_p^* є постійною, тому при інших параметрах ($E_0, \psi, \eta_p, \varepsilon, f(x,y)$) довговічність буде суттєво залежати від об'єму футерівки. якщо прийняти ширину й діаметр барабана незмінними, то об'єм футерівки визначається її товщиною.

При малій товщині футерівки, отже, малому об'ємі, буде незначна й кількість енергії, що поглинається гумовим шаром. У цьому випадку механічні параметри гуми, насамперед модуль пружності і коефіцієнт поглинання енергії, будуть швидко змінюватися внаслідок ефектів старіння, і футеровка буде не в змозі поглинати енергію [13]. Ознакою такого стану є різке підвищення твердості (аж до крихкого стану), збільшення твердості й зниження коефіцієнта дисипації.

Звідси можна зробити висновок: якість футерівки прямо пропорційна її товщині (безумовно, у рамках оптимальних параметрів конструкції барабана) і обернено пропорційна твердості гуми.

Динамічний коефіцієнт взаємодії.

У напівемпіричній формулі (1) Ейлер використовував коефіцієнт тертя μ , справедливо вважаючись, що для опису взаємодії нитки й циліндра із гладкою поверхнею цього цілком достатньо. Жуковський розглянув це завдання більш широко й увів поняття коефіцієнта зчеплення, величини трохи меншої, чим коефіцієнт тертя. Математично формула (2.1) побудована таким чином, що тільки коефіцієнти μ або f відбивають все те різноманіття механічних процесів, які відбуваються в зоні контакту. Тому для реальних стрічкових конвеєрів фізична сутність цих параметрів далеко виходить за

рамки коефіцієнта тертя або коефіцієнта зчеплення й більш справедливо говорити про динамічний коефіцієнт взаємодії. Цей коефіцієнт повинен урахувувати реологічні характеристики матеріалу стрічки й футерівки (з урахуванням частоти й амплітуди деформації, тобто вібронавантаженості барабана), площі контакту стрічки й барабана, коефіцієнта тертя гуми по гумі і т.д.

У загальному випадку вираз для динамічного коефіцієнта взаємодії f_q можна представити у вигляді

$$f_q = \mu_p [1 - \exp(-\beta z)]; \quad f_q < \mu_p, \quad (2.10)$$

де μ_p – коефіцієнт тертя гуми по гумі;

β – коефіцієнт, що враховує в'язкопружні властивості стрічки й футерівки;

z – коефіцієнт, що враховує геометричні особливості поверхні футерівки: площа контакту зі стрічкою (тобто розміри рифлей);

$$\beta = \beta(E_l, E_\phi, \psi_l, \psi_\phi, \nu_l, \nu_\phi), \quad z = z(h_\phi, k_\phi),$$

де E_l, E_ϕ – модуль пружності стрічки й футерівки відповідно;

ψ_l, ψ_ϕ – коефіцієнти дисипації енергії;

ν_l, ν_ϕ – коефіцієнти Пуассона;

k_ϕ – коефіцієнт, що враховує геометричні розміри рифлей;

h_ϕ – товщина гумової футерівки.

Як видно з (10) динамічний коефіцієнт взаємодії з достатньою для практики точністю може бути визначений експериментально як інтегральна характеристика особливостей взаємодії в системі «стрічка – барабан – навколишнє середовище». Безумовно, величина f_q величина нелінійна й

стохастична навіть для самих сприятливих умов роботи конвеєра. При спрощеному підході до розрахунків він збігається з коефіцієнтом зчеплення.

2.3. Вибір товщини футерівки з міркувань зниження вібронапруженості

На дузі обхвату, тобто поперед реальної площі контакту, виникає пружна хвиля; її частота відповідає числу обертів барабана. Величина хвилі буде визначатися властивостями гуми й зусиллям натягу стрічки. Така рухома хвиля, завдяки високій дисипації енергії гуми буде сприяти гасінню шкідливих коливань у системі «стрічка – барабан – матеріал, що транспортується» і в цілому сприяти зниженню вібронавантаженості. При малих товщинах футерівки, гасіння коливань буде мінімальним; у міру росту товщини футерівки будуть поліпшуватися й динамічні характеристики системи а, отже, знижуватися вібронапруженість.

2.4. Рекомендації для інженерної практики

Формули (2.5) і (2.8) свідчать про наступне: чим більше товщина футерівки, тим більше тягове зусилля, тим менше вібронапруженість і кращі динамічні характеристики системи «стрічка – барабан»; обмеження по товщині гумової футерівки обумовлені наступними факторами:

- економічною доцільністю;
- міцністю зв'язку "гума – метал";
- величиною напружень зрушення-стиску в гумі.

У світовій практиці деякі фірми, наприклад, *NILOS GmbH & Co*, пропонують двошарову футерівку. В ідеалі футерівка повинна бути тришаровою: нижній шар h_1 з високонаповненої гуми, що володіє великою адгезією до металу; середній шар h_2 з середньо наповненої амортизаційної

гуми з високими вібропоглинаючими властивостями; верхній шар h_3 повинен складатися зі зносостійкої гуми; при цьому $h_1 < h_2 < h_3$.

Для існуючих стрічкових конвеєрів можна рекомендувати наступний параметричний ряд товщин гумової футерівки: 8, 10, 16, 20, 26 мм.

Геометричні розміри рифлей і канавок диктуються розмірами барабана й ступенем забруднення в зоні контакту. Рекомендовані розміри ромбічних рифлей наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Рекомендовані ромбічні рифли

$h\phi$, мм	10	16	20	26
a , мм	40	80	100	120
b , мм	20	40	50	60
c , мм	4	6(7)	7 (8)	8
d , мм	4	5 (6)	6 (7)	8

*Примітка: у дужках зазначені цифри можливих варіантів геометричних розмірів рифлей; a , b – діагоналі ромба, c – ширина канавки, d – глибина канавки.

2.5. Розрахунок стрічкового конвеєра

Розрахувати стрічковий конвеєр, призначений для транспортування пшениці. Конвеєр похило-горизонтальний (рис. 2.1), розвантаження фронтальне через двобарабанний розвантажувальний візок. Конвеєр розміщений в закритому приміщенні з **середніми** умовами експлуатації.

Продуктивність конвеєра $Q = 80$ т/год, розміри ділянок траси конвеєра:

$$L_1 = 120 \text{ м}; L_2 = 100 \text{ м}; L_3 = 4 \text{ м}; L_4 = 96 \text{ м}; L_5 = 110 \text{ м}; L_6 = 10 \text{ м};$$

$$H = 20 \text{ м}; H_1 = 0,8 \text{ м}; h_T = 1,65 \text{ м}.$$

Насипна щільність пшениці $\rho = 0,75$ т/м³ (додаток 1), кут природного укосу вантажу у спокої $\varphi_{cn} = 30^\circ$ (додаток 1), кут природного укосу вантажу під час руху $\varphi_p = 0,7\varphi_{cn} = 0,7 \cdot 30 = 21^\circ$.

Привід конвеєра – однобарабанный з футерованим барабаном, кут охоплення 210° .

Кут нахилу дільниці траси конвеєра L_2 :
 $\beta = \arctg(H / L_2) = \arctg(20 / 100) = 11^\circ$ У привідного барабана встановлений відхиляючий барабан, який збільшує кут охоплення стрічки, на згині нижньої вітки – відхиляючий барабан, на згині верхньої вітки – роликів батарея.

Визначаємо ширину стрічки:

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q}{k_n \rho v k_\beta}} + 0,05 \right) = 1,1 \left(\sqrt{\frac{80}{625 \cdot 0,75 \cdot 2,5 \cdot 0,85}} + 0,05 \right) = 0,366 \text{ м}, \quad (2.11)$$

де $Q = 80$ т/год – продуктивність конвеєра (додаток 1);

$k_n = 625$ – коефіцієнт продуктивності при $\alpha_{жс} = 30^\circ$ і $\varphi_p = 21^\circ$ [14];

$\rho = 0,75$ т/м³ – насипна щільність вантажу (додаток 1);

$v = 2,5$ м/с – швидкість стрічки [14];

$k_\beta = 0,85$ – коефіцієнт який враховує зсипання вантажу на похилих ділянках конвеєра [14].

Приймаємо стандартну ширину стрічки $B = 400$ мм. [14].

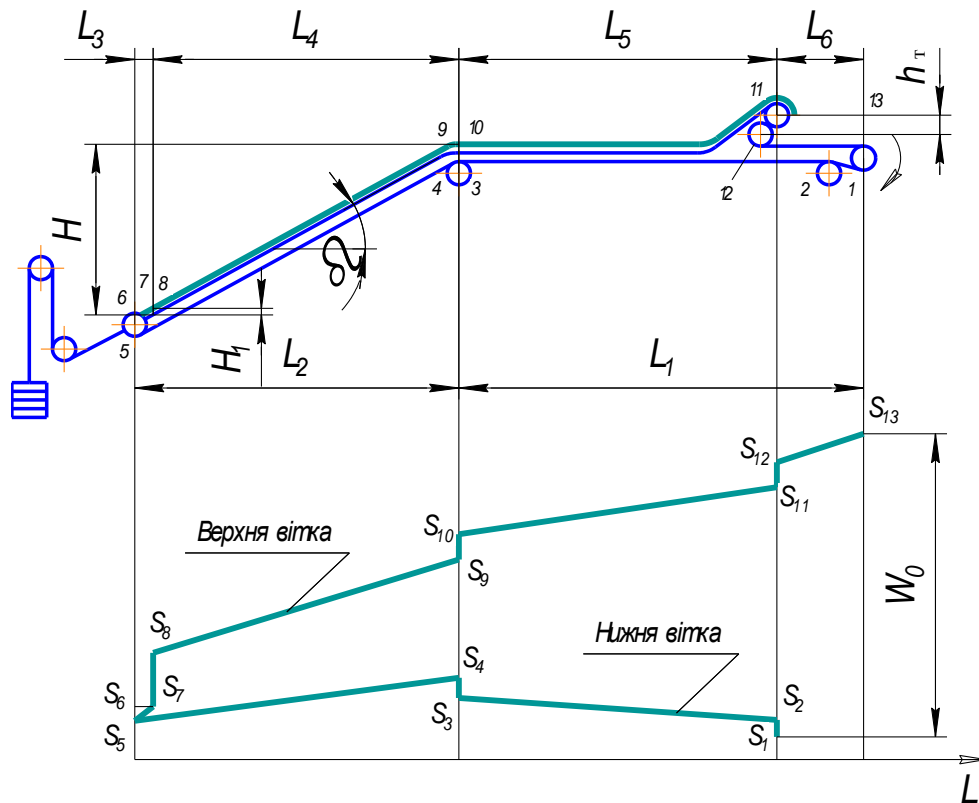


Рис. 2.2 – Схема траси стрічкового конвеєра і діаграма натягу стрічки

Згідно рекомендацій таблиці [14], враховуючи ширину стрічки приймаємо роликові опори: робочої вітки – трироликову, холостої вітки – одно роликову.

Діаметр роликів роликової опори приймаємо $d_p = 108\text{мм}$, враховуючи рекомендації таблиці [14].

Відстань між роликовими опорами робочої вітки конвеєра приймаємо рівною $l_p = 1,5\text{м}$ [14]. Відстань між роликовими опорами в зоні завантаження приймаємо $l_3 = 0,5l_p = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75\text{м}$. На похилих ділянках робочої вітки встановимо три роликові опори з відстанню $0,65\text{ м}$. На неробочій вітці роликові опори встановлюємо на відстані $l = (2...3)l_p = 2 \cdot 1,5 = 3\text{м}$.

Попередньо визначаємо тягове зусилля:

$$W_0 = k_0 L g \left[(q + q_0 + q_p) \omega + (q_0 + q'_p) \omega' \right] + qgH,$$

де $k_0 = 1,15...1,5$ – узагальнений коефіцієнт місцевих опорів;

$L = L_1 + L_2 = 120 + 100 = 220$ м – загальна довжина транспортування вантажу;

q – розподілена маса насипного вантажу, кг/м;

q_0 – розподілена маса стрічки, кг/м;

q_p, q'_p – розподілена маса обертових частин роликів робочої та холостої вітки відповідно ($q_p = 8,4$ кг/м, $q'_p = 2,5$ кг/м [14]);

ω та ω' – значення коефіцієнтів опору руху стрічки робочої та холостої вітки конвеєра відповідно ($\omega = 0,025$, $\omega' = 0,022$ [14]).

Розподілена маса насипного вантажу:

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{80}{3,6 \cdot 2,5} = 8,9 \text{ кг/м.}$$

Розподілена маса стрічки:

$$q_0 = 0,0011(\delta_0 \cdot i_n + \delta_1 + \delta_2) \cdot B = 0,0011(1,2 \cdot 4 + 3 + 1) \cdot 400 = 3,9 \text{ кг/м,}$$

де δ_0 – товщина прокладки (приймають $\delta_0 = 1,2$ мм для тканини міцністю 55 Н/мм, $\delta_0 = 2$ мм для тканини міцністю 400 Н/мм).

δ_1, δ_2 – товщини відповідно верхньої і нижньої обкладок (для малоабразивних насипних вантажів $\delta_1 = 3$ мм, $\delta_2 = 1$ мм; для середньоабразивних: дрібнокускових $\delta_1 = 3...4,5$ мм $\delta_2 = 1$ мм; середньокускових $\delta_1 = 4,5...8$ мм, $\delta_2 = 2$ мм; для сильноабразивних $\delta_1 = 4,5...10$ мм, $\delta_2 = 2...3$ мм; для штучних вантажів $\delta_1 = 2...3$ мм, $\delta_2 = 1...2$ мм.

$i_n = 4$ – число прокладок [14].

$$W_0 = 1,5 \cdot 220 \cdot 9,81 \left[(8,9 + 3,9 + 8,4) \cdot 0,025 + (3,9 + 2,5) 0,022 \right] + 8,9 \cdot 9,81 \cdot 20 = 3918 \text{ Н.}$$

Попередньо визначаємо максимальний натяг стрічки:

$$S_{\max} = k_3 W_0 \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} = 1,3 \cdot 3918 \frac{4,33}{4,33 - 1} = 6623 \text{ Н,}$$

де $k_3 = 1,2 \dots 1,3$ – коефіцієнт запасу щеплення стрічки з барабаном;

$e^{\mu\alpha}$ – тяговий фактор ($e^{\mu\alpha} = 4,33$ [14] для кута охоплення барабана стрічкою $\alpha = 210^\circ$ та коефіцієнта тертя між стрічкою та барабаном $f = 0,4$).

Уточнюємо кількість прокладок:

$$i = \frac{S_{\max} C_{\Pi}}{k_p B} = \frac{6623 \cdot 12}{55 \cdot 400} = 3,61 \approx 4,0$$

де $C_{\Pi} = 12$ – запас міцності стрічки [14];

$k_p = 55 \text{ Н/мм}$ – межа міцності на розрив однієї прокладки [14].

Для конвеєра з гумовотканинною стрічкою діаметри барабанів визначаються:

$$D_{\sigma} = K_a \cdot K_{\sigma} \cdot i,$$

де $K_a = 125$ – коефіцієнт, який залежить від типу прокладок [14];

K_{σ} – коефіцієнт, який залежить від призначення барабану (для привода з одним приводним барабаном $K_{\sigma} = 1$; двобарабанного приводу $K_{\sigma} = 1,1$; для натяжного – $K_{\sigma} = 0,9$; для відхиляючого – $K_{\sigma} = 0,5$).

- Приводний барабан $D_{\Pi} = 125 \cdot 1 \cdot 4 = 500 \text{ мм}$, приймаємо $D_{\Pi} = 500 \text{ мм}$.

- Натяжний барабан $D_H = 125 \cdot 0,9 \cdot 4 = 450$ мм, приймаємо $D_H = 500$ мм.
- Відхиляючий барабан $D_B = 125 \cdot 0,5 \cdot 4 = 250$ мм, приймаємо $D_B = 250$ мм.

Натяг стрічки у відповідних точках (рис. 2.1):

$$S_{с6} = S_1;$$

$$S_2 = kS_1 = 1,03S_1,$$

де $k = 1,03$ – коефіцієнт опору на відхиляючому барабані [14], оскільки кут обхвату стрічкою відхиляючого барабана менше 90° .

$$S_3 = S_2 + (q_0 + q'_p)gL_1\omega' = 1,03S_1 + (3,9 + 2,5) \cdot 9,81 \cdot 120 \cdot 0,022 = 1,03S_1 + 166\text{Н};$$

$$S_4 = kS_3 = 1,03(1,03S_1 + 166) = 1,061S_1 + 171\text{Н};$$

$$\begin{aligned} S_5 &= S_4 + (q_0 + q'_p)gL_2\omega' - q_0gH = \\ &= 1,061S_1 + 171 + (3,9 + 2,5) \cdot 9,81 \cdot 100 \cdot 0,022 - 3,9 \cdot 9,81 \cdot 20 = \\ &= 1,061S_1 - 456\text{Н}; \end{aligned}$$

$$S_6 = kS_5 = 1,03(1,061S_1 - 456) = 1,092S_1 - 470\text{Н};$$

$$\begin{aligned} S_7 &= S_6 + (q_0 + q_p)gL_3\omega = \\ &= 1,092S_1 - 470 + (3,9 + 8,4) \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 0,025 = \\ &= 1,092S_1 - 458\text{Н}; \end{aligned}$$

$$S_8 = S_7 + W_3 = 1,092S_1 - 458 + 188 = 1,092S_1 - 270\text{Н},$$

де W_3 – опір руху стрічки на завантажувальній ділянці;

$$W_3 = \frac{cQ}{3,6} (v - v_0 + f_1 \sqrt{2gH_1}) = \frac{1,5 \cdot 80}{3,6} (2,5 - 0 + 0,74 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,8}) = 188 \text{Н},$$

де $c = 1,5$ – коефіцієнт, який враховує опір руху від тертя вантажу при завантаженні;

$v_0 = 0$ – складова швидкості вантажу вздовж стрічки;

$H_1 = 0,8 \text{м}$ – висота падіння вантажу на стрічку;

$f_1 = 0,74$ – коефіцієнт тертя вантажу по гумі (додаток 1).

$$\begin{aligned} S_9 &= S_8 + (q_0 + q_p + q)gL_4\omega + (q_0 + q)g(H - H_1) = \\ &= 1,092S_1 - 270 + (3,9 + 8,4 + 8,9) \cdot 9,81 \cdot 96 \cdot 0,025 + (3,9 + 8,9) \cdot 9,81(20 - 0,8) = \\ &= 1,092S_1 + 2640 \text{Н}; \end{aligned}$$

$$S_{10} = kS_9 = 1,03 \cdot (1,092S_1 + 2640) = 1,125S_1 + 2719 \text{Н};$$

$$\begin{aligned} S_{11} &= S_{10} + (q_0 + q_p + q)gL_5\omega = \\ &= 1,125S_1 + 2719 + (3,9 + 8,4 + 8,9) \cdot 9,81 \cdot 110 \cdot 0,025 = 1,125S_1 + 3291 \text{Н}; \end{aligned}$$

$$S_{12} = (S_{11} + qgh_T)k^2 = (1,125S_1 + 3291 + 8,9 \cdot 9,81 \cdot 1,65)1,03^2 = 1,194S_1 + 3644 \text{Н},$$

де $h_T = 1,65 \text{м}$ – висота падіння вантажу при розвантаженні.

$$S_{13} = S_{12} + (q_0 + q_p + q)gL_6\omega = 1,194S_1 + 3644 + (3,9 + 8,4 + 8,9) \cdot 9,81 \cdot 10 \cdot 0,025 =$$

$$= 1,194S_1 + 3696\text{Н} = S_{\text{наб}}.$$

Для подальших розрахунків необхідно вирішити систему рівнянь:

$$\begin{cases} S_{13} = 1,194S_1 + 3696 \\ S_{13} = e^{\mu\alpha} S_1 = 4,33S_1 \end{cases};$$

Звідки:

$$1,194S_1 + 3696 = 4,33S_1;$$

$$S_1 = S_{\text{сб}} = \frac{3696}{(4,33 - 1,194)} = 1179\text{Н}.$$

$$S_{13} = S_{\text{наб}} = 1,194 \cdot 1179 + 3696 = 5104\text{Н}.$$

Визначимо числові значення натягів стрічки у характерних точках:

$$S_2 = 1,03 \cdot 1179 = 1214\text{Н};$$

$$S_3 = 1,03 \cdot 1179 + 166 = 1380\text{Н};$$

$$S_4 = 1,061 \cdot 1179 + 171 = 1422\text{Н};$$

$$S_5 = 1,061 \cdot 1179 - 456 = 795\text{Н};$$

$$S_6 = 1,092 \cdot 1179 - 470 = 817\text{Н};$$

$$S_7 = 1,092 \cdot 1179 - 458 = 829\text{Н};$$

$$S_8 = 1,092 \cdot 1179 - 270 = 1017\text{Н};$$

$$S_9 = 1,092 \cdot 1179 + 2640 = 3927\text{Н};$$

$$S_{10} = 1,125 \cdot 1179 + 2719 = 4045\text{Н};$$

$$S_{11} = 1,125 \cdot 1179 + 3291 = 4617\text{Н};$$

$$S_{12} = 1,194 \cdot 1179 + 3644 = 5052\text{Н};$$

За розрахованими натягами в точках будемо діаграму натягу стрічки конвеєра (рис. 2.1).

Максимальний прогин стрічки між роликками має задовольняти умови:

Для ненавантаженої (холостої) вітки $l = 3\text{м}$

$$y_{\max} = \frac{gq_0 l^2}{8S_2} \leq 0,025l;$$

$$\frac{9,81 \cdot 3,9 \cdot 3^2}{8 \cdot 1214} = 0,035 \leq 0,025 \cdot 3 = 0,075\text{м}.$$

Для робочої вітки $l = 1,5\text{м}$

$$y_{\max} = \frac{g(q + q_0)l_p^2}{8S_{10}} \leq 0,025l_p;$$

$$\frac{9,81 \cdot (8,9 + 3,9) \cdot 1,5^2}{8 \cdot 4045} = 0,009 \leq 0,025 \cdot 1,5 = 0,038\text{м}.$$

Отже, прогини стрічки при мінімальному її натягу відповідають допустимій нормі.

Фактичний запас міцності стрічки:

$$C_{\text{п}} = \frac{Bik_{\text{п}}}{S_{\text{наб}}} = \frac{400 \cdot 4 \cdot 55}{5104} = 17,24 \geq 12.$$

Тягове зусилля на привідному барабані визначається:

$$W_0 = S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}} = 5104 - 1179 = 3925 \text{Н}.$$

Потужність двигуна для приводу конвеєра визначається:

$$P_{\text{дв}} = \frac{k_3 W_0 v}{1000 \eta_0} = \frac{1,1 \cdot 3925 \cdot 2,5}{1000 \cdot 0,92} = 11,7 \text{кВт},$$

де $k_3 = 1,1 \dots 1,2$ – коефіцієнт запасу потужності;

$\eta_0 = 0,92$ – К.К.Д. приводу.

За каталогом (додаток 2) вибираємо асинхронний двигун типу 4А160М6У3 з частотою обертання $n_{\text{дв}} = 1000 \text{об/хв}$, потужністю $P_{\text{дв}} = 15 \text{кВт}$, момент інерції ротора двигуна $J_{\text{р}} = 0,18 \text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Кутова швидкість обертання вала електродвигуна:

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 105 \text{рад/с}.$$

Крутний момент електродвигуна:

$$T_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} = \frac{15000}{105} = 143 \text{ Нм.}$$

Пусковий момент електродвигуна:

$$T_{\text{дв.п}} = 1,5T_{\text{дв}} = 1,5 \cdot 143 = 215 \text{ Нм.}$$

Для з'єднання вала двигуна і редуктора за пусковим моментом приймаємо муфту МУВП-6 з гальмівним шківом (додаток 4), яка здатна передати крутний момент 250 Нм і має момент інерції $J_{\text{м}} = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Частота обертання вала приводного барабана:

$$n_{\text{б}} = \frac{60v}{\pi D'_{\text{п}}} = \frac{60 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 0,556} = 85,9 \text{ об/хв,}$$

де $D'_{\text{п}} = D_{\text{п}} + 2 \cdot \Delta_{\text{ф}} = 0,5 + 2 \cdot 0,028 = 0,556 \text{ м}$ – діаметр приводного барабана з урахуванням футерування;

$\Delta_{\text{ф}} = 28 \text{ мм}$ – товщина гумового футерування.

Передатне число редуктора приводу конвеєра:

$$u_0 = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{б}}} = \frac{1000}{85,9} = 11,6$$

Враховуючи розрахункове передаточне відношення та потужність приводу приймаємо редуктор Ц2-500 з передаточним відношенням $u_{\text{ф}} = 12,5$.

Фактична швидкість стрічки:

$$v_{\text{ф}} = \frac{\pi D'_{\text{п}} n_{\text{дв}}}{60 u_{\text{ф}}} = \frac{3,14 \cdot 0,556 \cdot 1000}{60 \cdot 12,5} = 2,33 \text{ м/с.}$$

Фактична продуктивність конвеєра:

$$Q_{\phi} = k_n k_{\beta} (0,9B - 0,05)^2 v_{\phi} \rho = 625 \cdot 0,85 \cdot (0,9 \cdot 0,4 - 0,05)^2 \cdot 2,33 \cdot 0,75 = 89 \text{т/год.}$$

Статичний опір у період пуску двигуна:

$$\begin{aligned} W_{\text{ст.п}} &= k_{\text{п.с}} (W_0 - qgH) + qgH = \\ &= 1,2 \cdot (3925 - 8,9 \cdot 9,81 \cdot 20) + 8,9 \cdot 9,81 \cdot 20 = 4361 \text{Н,} \end{aligned}$$

де $k_{\text{п.с}} = 1,2$ – коефіцієнт підвищення опору під час пуску.

Статичний момент у період пуску двигуна:

$$T_{\text{ст.п}} = \frac{W_{\text{ст.п}} D'_{\text{п}}}{2u_{\phi} \eta_0} = \frac{4361 \cdot 0,556}{2 \cdot 12,5 \cdot 0,92} = 105 \text{Нм.}$$

Зведений момент інерції поступально і обертально-рухомих частин вантажу конвеєра і привода:

$$\begin{aligned} J_0 &= \frac{(2q_0 + q)(1 + K_{\text{и}})LD_{\text{п}}'^2}{4u_{\phi}^2 \eta_0} + (1 + \psi)(J_{\text{п}} + J_{\text{м}}) = \\ &= \frac{(2 \cdot 3,9 + 8,9)(1 + 0,08)220 \cdot 0,556^2}{4 \cdot 12,5^2 \cdot 0,92} + (1 + 0,15)(0,18 + 0,08) = 2,55 \text{кг} \cdot \text{м}^2, \end{aligned}$$

де $K_{\text{и}} = 0,08$ – коефіцієнт, який враховує інерцію обертючих мас роликів і барабанів конвеєра;

$\psi = 0,15$ – коефіцієнт, який враховує маси деталей привода, які обертаються повільніше ніж вал електродвигуна.

Час пуску конвеєра:

$$t_{\pi} = \frac{J_0 \omega_{\text{дв}}}{(T_{\text{дв.п}} - T_{\text{ст.п}}) k_y} = \frac{2,55 \cdot 105}{(215 - 105) 0,7} = 2,48 \text{ с.}$$

де $k_y = 0,7 \dots 0,8$ – коефіцієнт, який враховує пружне подовження стрічки.

Мінімально допустимий час пуску конвеєра:

$$t_{\pi, \text{min}} = \frac{v_{\phi}}{J_{\pi}} = \frac{2,33}{0,2} = 8 \text{ с,}$$

де $J_{\pi} = 0,2$ – допустиме прискорення пуску.

Гальмівний момент на валу двигуна, який запобігає зворотному руху стрічки під дією сили ваги вантажу при вимкненні струму:

$$T_{\tau} = [qgH - c_0(W_0 - qgH)] \frac{D'_{\pi}}{2u_{\phi}} \eta_0 =$$

$$= [8,9 \cdot 9,81 \cdot 20 - 0,5(3925 - 8,9 \cdot 9,81 \cdot 20)] \frac{0,556}{2 \cdot 12,5} \cdot 0,92 = 13,4 \text{ Н} \cdot \text{м,}$$

де $c_0 = 0,5$ – коефіцієнт можливого зменшення опору при вільному русі стрічки.

Визначаємо час гальмування:

$$t_{\tau} = \frac{2l_{\text{вб}}}{v_{\phi}} = \frac{2 \cdot 2}{2,33} = 1,7 \text{ с,}$$

де $l_{\text{вб}} = 2 \text{ м}$ – величини вибігу.

Гальмівний момент на валу двигуна для обмеження вибігу конвеєра після вимикання електродвигуна:

$$T_{\tau} = \frac{(2q_0 + q)(1 + K_{и})LD_{п}^{\prime 2}\eta_0\omega_{дв}}{4u_{\phi}^2 t_{\tau}} - [qgH + c_0(W_0 - qgH)] \frac{D_{п}^{\prime}}{2u_{\phi}} \eta_0$$

$$= \frac{(2 \cdot 3,9 + 8,9)(1 + 0,08) \cdot 220 \cdot 0,556^2 \cdot 0,92 \cdot 105}{4 \cdot 12,5^2 \cdot 1,7} - [8,9 \cdot 9,81 \cdot 20 + 0,5(3925 - 8,9 \cdot 9,81 \cdot 20)] \frac{0,556}{2 \cdot 12,5} \cdot 0,92 = 98 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

За каталогом (додаток 5) вибираємо колодкове гальмо типу ТКГ-200 (діаметр шківів 200 мм, найбільший гальмівний момент 300 Н·м, електрогідропривод гальма типу ТЕ-30). Гальмо відрегулювати на розрахунковий гальмівний момент.

2.6. Висновок

1. Найбільш підходящим матеріалом для футерівки барабанів є гума спеціальних марок, що приєднується до барабана за допомогою клеїв або в процесі вулканізації.

2. Гумові футерівки барабанів дозволяють поліпшити динамічні й технологічні показники стрічкових конвеєрів, підвищити їх довговічність і надійність.

3. Товщина гумової футерівки залежить від багатьох механічних, технологічних і економічних факторів; тенденції вибору параметрів футерівки свідчать про те, що у світовій практиці використовують покриття все більшої товщини; для прикладу, фірма *NILOS GmbH & Co* рекомендує вибирати товщину футерівки від 7 до 25 мм залежно від конструкції й призначення стрічкового конвеєра.

4. Для існуючих стрічкових конвеєрів можна рекомендувати наступний параметричний ряд товщин гумової футерівки: 8, 10, 16, 20, 26 мм.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГУМОТКАНИННИХ СТРІЧОК ТА МЕТОДИКА ЇХ ВИПРОБУВАННЯ

3.1. Дослідження надійності конвеєрної стрічки в різних умовах експлуатації

Конвеєрне встаткування істотно міняється, при цьому постійно зростає його надійність при експлуатації й зменшується трудомісткість робіт з обслуговування й експлуатації. Застосування особливо міцних конвеєрних стрічок, шарнірних підвісних роликкоопор, роликів з довгочасним змащенням, удосконалених навантажувальних і перевантажувальних пунктів, широке застосування засобів автоматизації, телемеханіки й комп'ютерної техніки, різного роду модернізованих допоміжних пристроїв у значній мірі сприяє поліпшенню технічного оснащення конвеєрів і підвищує надійність їх роботи.

Конвеєрні стрічки як і вся деталі піддаються зносу, види зносу наведено на рис. 3.1.

За даними різних джерел [14] вартість конвеєрної стрічки складає від 50 до 70% вартості конвеєра, а амортизаційні відрахування на стрічку складають 80 % амортизаційних відрахувань на ремонт всього конвеєра.

Відмови стрічок наведено на рис. 3.2 і 3.3.

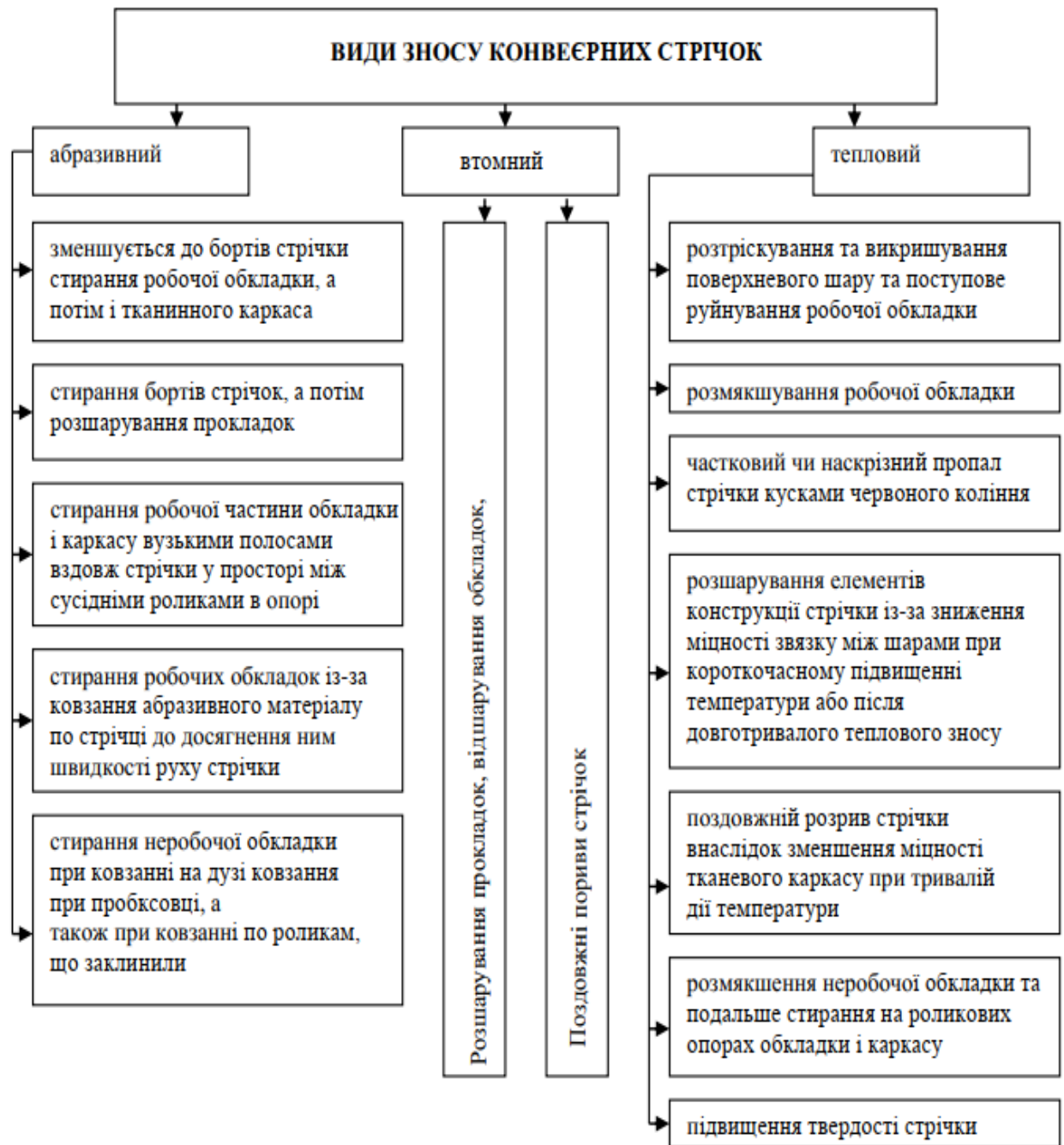


Рис. 3.1. Види зносу гумових стрічок

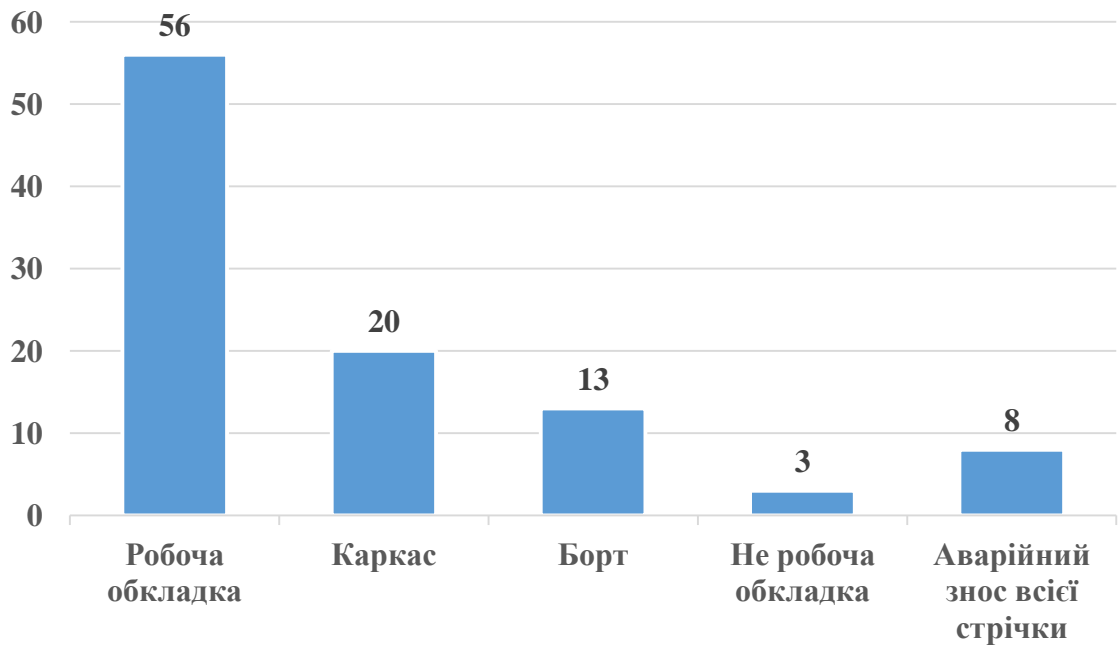


Рис. 3.2. Розподіл відмов стрічки конвеєра

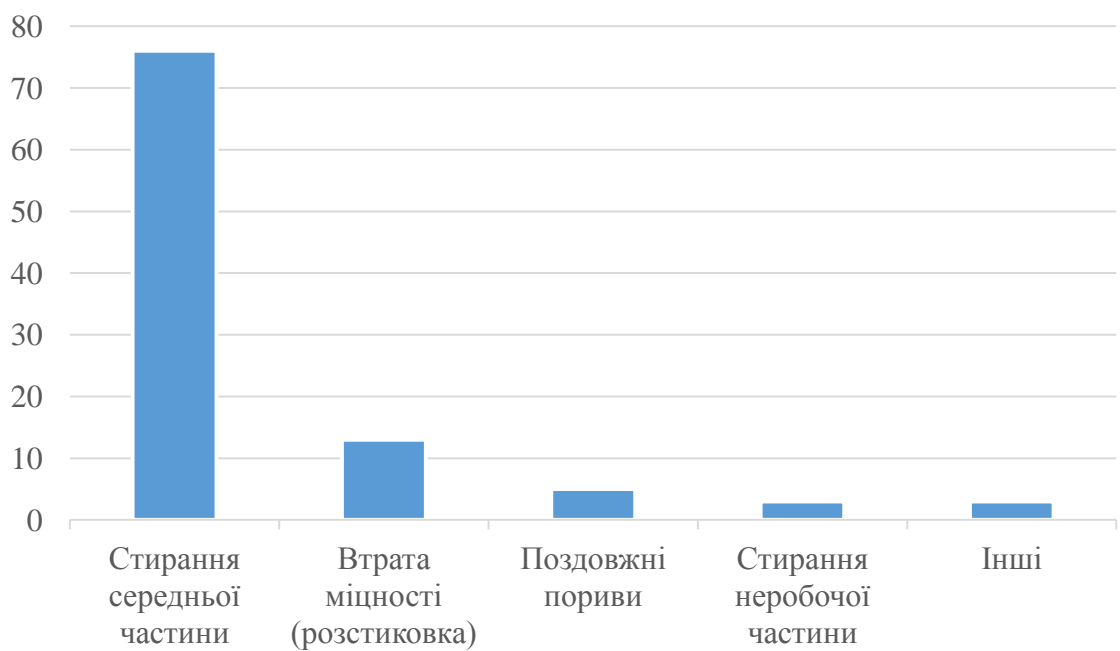


Рис. 3.3. Види зносу стрічок конвеєра

Аналіз роботи конвеєрів оснащених різними типами стрічок показує, що від правильності вибору типу і конструкції стрічки, залежить її довговічність і економічність.

3.2. Загальна методика випробувань

На підприємстві «Дніпровський завод конвеєрного обладнання» використовуються різні стрічки і тому дана робота присвячена порівняльним випробуванням та обґрунтуванню їх використання.

Так досліджуватись будуть стрічки наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Типи стрічок, що використовуються на підприємстві

Марка стрічки	Виробник	Кількість шарів	Ціна м ² , грн
TK-200 5/2	Китай	5	420
TK-200 5/2	Україна	5	550
PHOENIX» — EP 1600/5	Німеччина	5	860
UNIFLEX PVC	Німеччина	5	900

Як видно з таблиці вартість китайської та української стрічки майже однакова, а стрічки німецького виробництва майже в два рази дорожчі. Тому необхідно дослідити надійність стрічок та надати рекомендації щодо їх використання, бо підприємство виготовляє конвеєри як для сільського господарства, де транспортується зернова маса, комбікорми та інше і також для гірничої промисловості де потрібно транспортувати породу з карєру, яка подається на конвеєр у вигляді кусків розміром до 250 мм і має гострі кромки та дуже міцна. А ще підприємство постачає конвеєри для металургійних підприємств де транспортують не тільки важкі заготовки, а і гарячі. Тому вибір типу стрічки дуже важливий, і суттєво впливає на собівартість конвеєра.

Основні навантаження та деформації які сприймає стрічка є знос (стирання) та розтяг, а також теплова дія від проскальзування стрічки по барабану і від проскальзування матеріалу. Тому подальші дослідження будуть направлені на ці види зносу стрічки.

3.3. Методика та випробування елементів стрічки на стирання

3.1.1. Проведення випробування

Випробування на стирання проводиться на машині тертя МІ-2 "Грасселі" (рис. 3.4) згідно методики [15]. Зразки для випробування на стирання, з поверхнею яка підлягає стиранню, у формі квадрата зі стороною 20 мм оснащені заплічками шириною 4 мм і висотою 3 мм, які служать для закріплення в рамках тримача (рис. 3.5). Частина яка підлягає стиранню і, що виступає над рамкою тримача, повинна мати висоту $(3,5 \pm 0,5)$ мм.



Рис. 3.4. Установка МІ-2 з відео фіксацією процесу стирання

Зразки (6 шт.) готовимо шляхом вирізання з готової стрічки конвеєра. На поверхні зразків не повинно бути тріщин, пор, раковин і інших дефектів.

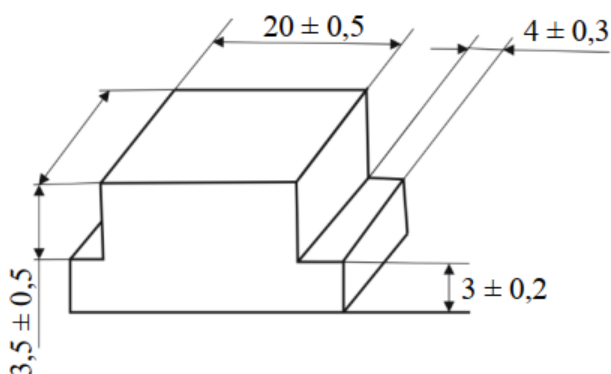


Рис. 3.5. Зразок для визначення опору стиранню гуми

Опір стиранню визначається при постійному навантаженні 26 Н. Випробування рекомендується проводити при тиску 0,0325 МПа. На диску закріплюємо шкурку, установлюємо на машину тримач зі зразками. Машину включаємо і стабілізуємо шкурку протягом 15 хв при тиску 0,0325 МПа.

Після цього притираємо зразки до шкурки до зняття зовнішньої плівки з усієї робочої поверхні. Притирання зразка й стабілізацію шкурки можна робити одночасно. Після цих підготовчих операцій виключаємо електродвигун, відзначаємо олівцем положення зразків у рамках, виймаємо їх, очищаємо від пилу й бахромки, зважуємо із точністю до 0,001 г. (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Зважування зразка на електронних вагах

Потім зважені зразки знову закріплюємо у рамках і встановлюємо тримач на машину так само, як для притирання. Підвішуємо вантаж, що притискає рамку зі зразками з зусиллям 26 Н.

Кінцевий вимикач лічильника ставимо на цифру «200». Включаємо електродвигун і піддаємо зразки стиранню протягом 5 хв. У ході випробування щохвилини записуємо масу врівноважуючого вантажу. По закінченню стирання зразки знову очищаємо і зважуємо.

Втрати маси гуми при стиранні повинні становити не менш 0,05 г, а якщо ні, то тривалість випробування збільшуємо. Стираючу здатність кожного кола шкурки за допомогою еталонної гуми перевіряємо до і після випробування шести пар зразків. При зменшенні стираючої здатності кола шліфувальної шкурки на 20% і більш його заміняємо новим.

3.1.2. Обробка результатів

Результати випробування гуми на стирання виражаються показниками стиранності α , зносостійкості – опору стиранню β , питомої стиранності $I_{\text{пит}}$, коефіцієнтом тертя μ .

Стиранність α характеризується зменшенням об'єму двох зразків гуми ΔV , що припадає на одиницю роботи тертя A :

$$\alpha = \frac{\Delta V}{A}, \quad (3.1)$$

Зменшення об'єму, м^3 , двох зразків гуми розраховують по наступній формулі:

$$\Delta V = \frac{m_1 - m_2}{\rho}, \quad (3.2)$$

де m_1 – початкова маса зразків після притирання, кг;

m_2 – маса зразків після стирання, кг;

ρ – щільність гуми, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Тому що обертаючий момент, створюваний силами тертя, урівноважується вантажем, підвішеним до довгого плеча важеля, то робота тертя на приладі МІ-2 дорівнює

$$A = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot (P_1 \cdot R + P_2 \cdot R) = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot R \cdot (P_1 + P_2), \quad (3.3)$$

де n - число обертів диска за час випробування;

P_1 - середнє значення врівноважуючого вантажу, підвішеного до довгого плеча важеля, Н;

R - відстань від точки підвісу врівноважуючого вантажу P_1 до центру вантажного стрижня, тобто до центру обертання важеля, м;

P_2 - «постійна» машини (різниця маси плечей важеля, обумовлена без зразків і притискного вантажу), Н.

«Постійна» машини P_2 визначається за спеціальною схемою й перевіряється не рідше 1 рази в рік. Результати випробувань заносяться в табл. 3.2.

Зносостійкість (опір стиранню) β визначається роботою, витраченою на стирання одиниці об'єму гуми:

$$\beta = \frac{A}{\Delta V}, \quad (3.4)$$

У нашому випадку

$$\beta = \frac{1}{\alpha}, \quad (3.5)$$

За показник зносостійкості гуми ухвалюємо середнє арифметичне значення результатів випробування не менш трьох пар зразків, які відрізняються від середнього не більше ніж на 10%.

Коефіцієнт тертя μ визначають по наступній формулі:

$$\mu = \frac{F}{P}, \quad (3.6)$$

де F - сила тертя, що діє на обоє зразка, Н;

P – притискаюче зусилля, Н;

На підставі рівності моментів сил

$$F = 62 \cdot (P_1 + P_2). \quad (3.7)$$

Таблиця 3.2 - Результати випробувань по визначенню опору гум стиранню при ковзанні

Показник	Зразки		
	1	2	3
Маса зразка: до стирання	12,0	12,0	12,0
після стирання	11,2	11,33	11,45
Втрати маси, кг	0.0008	0.00067	0.00055
Щільність гуми, кг/м ³	1200	1200	1200
вантаж, що врівноважує, Н	0,55	0,58	0,7
Постійна машини, Н	26	26	26
Робота тертя, Дж	2262	2262	2262
Стиранність, м ³ /Дж	$2,9 \cdot 10^{-9}$	$2,78 \cdot 10^{-9}$	$2,6 \cdot 10^{-9}$

Як видно з таблиці всі стрічки мають майже однакову стираємість.

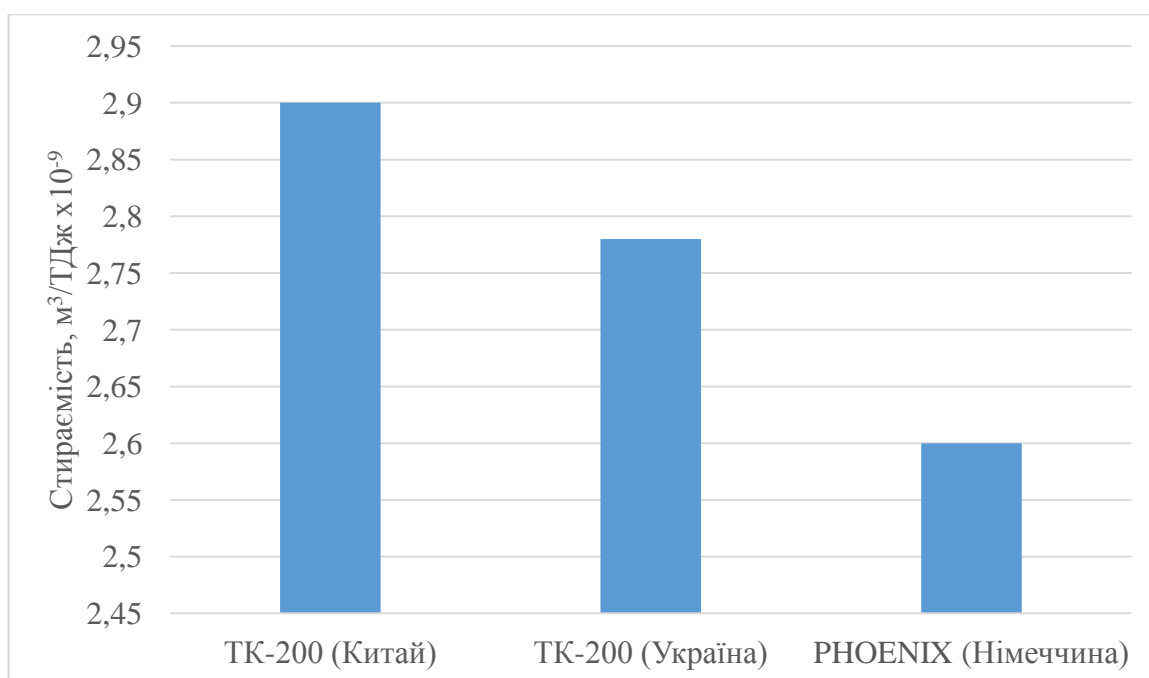


Рис. 3.7. Стираємість стрічок конвеєрів різних виробників

3.4. Дослідження зразків стрічки на деформації розриву

Стандартні зразки для випробування у формі двосторонньої лопатки розтягують на розривній машині (рис. 3.8) при постійній швидкості переміщення рухомого затискача або шківів. Силу й подовження реєструють протягом безперервного розтягання зразка й до моменту розриву.

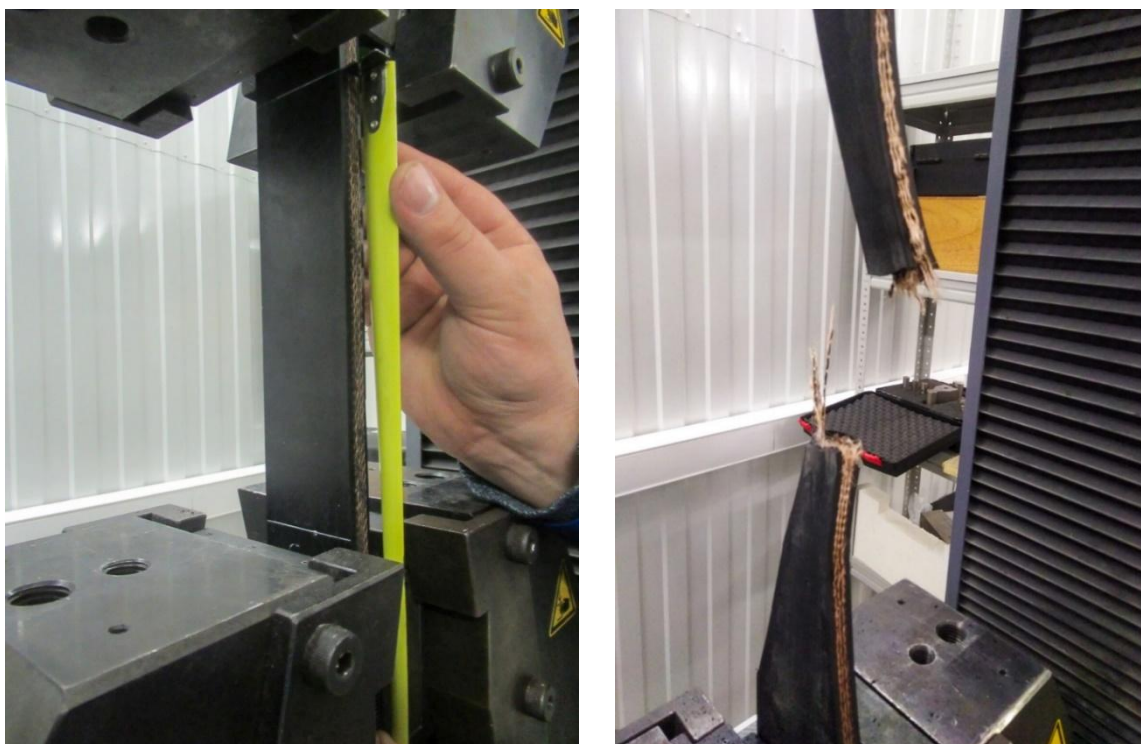


Рис. 3.8. Випробування елементів стрічок на розрив

Результати випробувань наведені в таблиці 3.3 та на рис. 3.9.

Таблиця 3.3 – Результати випробувань зразків на розрив

Марка конвеєра та виробник	Міцність на розрив, Н/мм		
	3х прокладочна	4х прокладочна	5ти прокладочна
ТК-200 5/2 Китай	520	860	1100
ТК-200 5/2 Україна	700	850	1300
PHOENIX» — EP 1600/5 Німеччина	1600	2000	3200

* мінімальна міцність за ДСТУ для 5 шарової стрічки повинно складати не менше 1200 Н/мм.

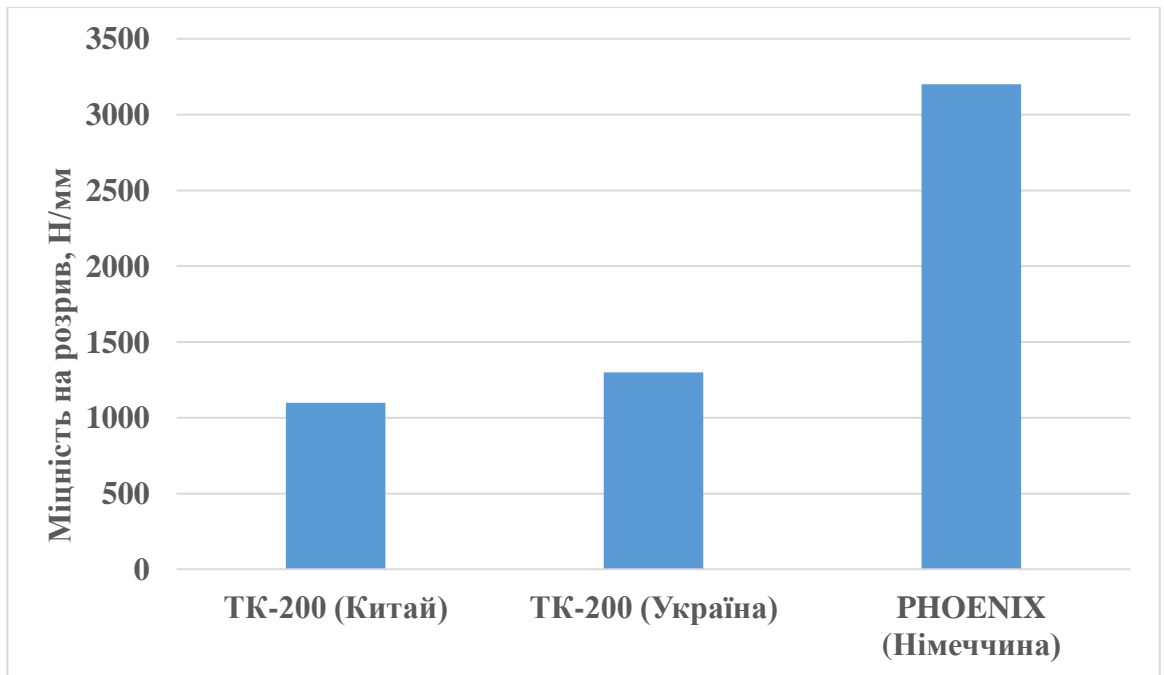


Рис. 3.9. Міцність на розрив стрічок різних виробників

На рис. 3.10. наведено довговічність стрічки в залежності від довжини конвеєра виробництва Китай та Німеччина.

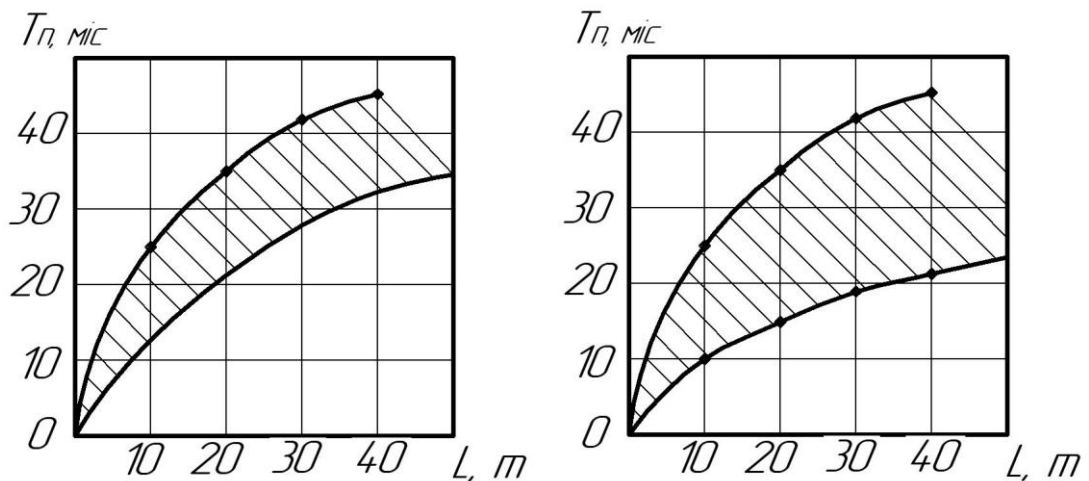


Рис. 3.10. Залежність строку служби конвеєрної стрічки від довжини стрічки а – стрічка виробництва Німеччина, б – стрічка виробництва Китай

Як видно з рисунку у стрічки китайського виробництва значно більша зона розсіювання відмови.

3.5. Методика проведення лабораторних випробувань гумової стрічки для визначення твердості по Шору А

Визначення твердості по Шору А гумової футеровки проводиться за методикою, викладеної в ГОСТ 263-75 [16].

Сутність методу полягає у вимірі опору гуми зануренню в неї індентора (рис. 3.10).

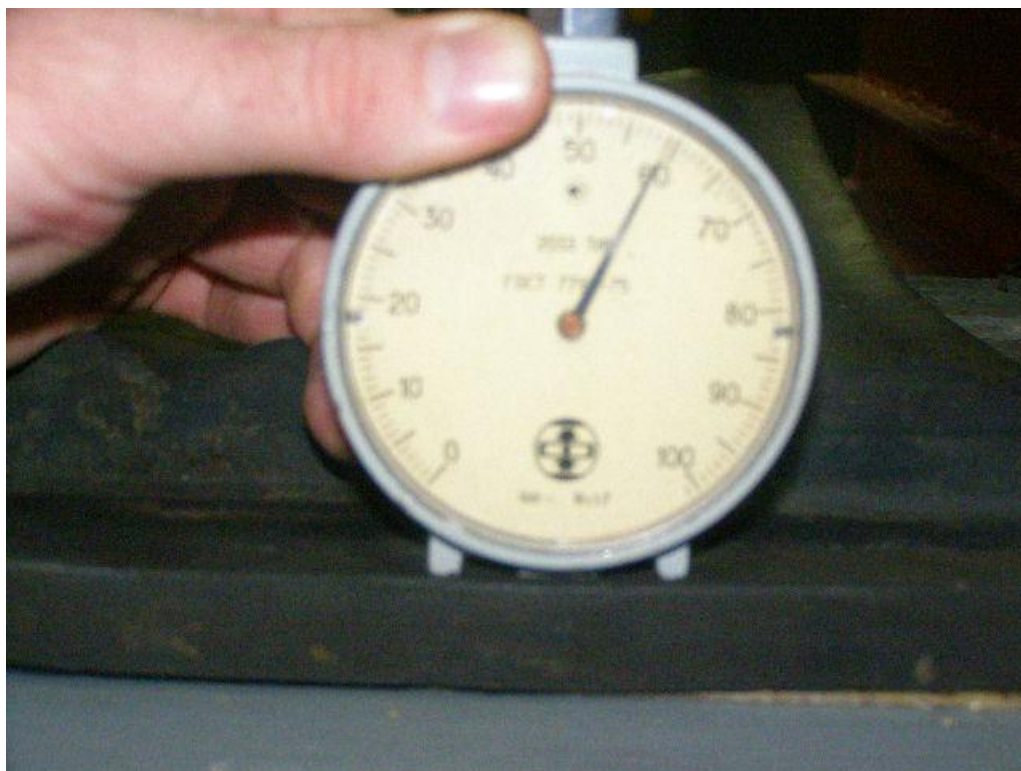


Рис. 3.10. Визначення твердості за Шором

Випробуваний зразок поміщають на гладку горизонтальну поверхню. Твердомір установлюють на зразок без поштовхів і ударів у перпендикулярному положенні так, щоб опорна поверхня майданчика стикалася зі зразком. Твердомір установлюють у спеціальне пристосування, що дозволяє створювати притискне зусилля від 10,0 до 12,5 Н, або на нього монтують центрований по осі індентора вантаж масою від 1,00 до 1,25 кг. Допускається твердомір навантажувати вручну [16].

Таблиця 3.4 – Вимірювання твердості

Марка конвеєра та виробник	Твердість за Шором А
ТК-200 5/2 Китай	59
ТК-200 5/2 Україна	63
PHOENIX» — EP 1600/5 Німеччина	65

3.6. Висновки

Встановлено, що найбільш вагомим зносом конвеєрних стрічок є абразивний знос та втомний. Проведені дослідження дали змогу встановити, що на підприємстві використовуються різні типи гумово-тканних стрічок різних виробників, які суттєво відрізняються одна від одної за вартістю.

Встановлено, що стрічки виробництва Китай найбільш підвержені стиранню, так стираємість стрічки ТК-200 (Китай) складає $2,9 \cdot 10^{-9}$, ТК-200 (Україна) $2,78 \cdot 10^{-9}$, а Німецька PHOENIX» — EP 1600/5 - $2,6 \cdot 10^{-9}$.

Встановлено, що при випробуваннях на розрив стрічка ТК-200 виробництва Китай не відповідає вимогам ДСТУ і складає 1100 Н/мм, стрічки ТК-200 (Україна) та Німецька PHOENIX» — EP 1600/5 відповідають ДСТУ і складають відповідно 1300 і 3200 Н/мм. Також слід відмітити, що стрічка виробництва Німеччини майже втричі перевищує міцність Української і Китайської стрічок.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

"Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності." [19].

4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання»

ТОВ «Дніпровський завод конвеєрного обладнання» працює на українському ринку обладнання з 2017 року, а з 2019 є одним з найбільших в Україні.

Продаж та обслуговування конвеєрного обладнання, в тому числі оригінальних запасних частин – стратегічний напрямок бізнесу компанії. Серед інших напрямків – продаж техніки. Схема структури компанії наведено на рис. 4.1.

Керівник підприємства відповідає за стан охорони праці на підприємстві [20]. Підприємство має в своєму складі три підрозділи це: сервісний підрозділ (ремонт конвеєрного обладнання), конструкторський відділ і відділ виготовлення конвеєрів і дільниця металолібробки (на дільниці не тільки виконують механічну обробку для власних потреб але і надають послуги на замовлення).

Підприємство працює в одну зміну по 8-10 годин але підрозділи починають робочий день по різному. Так конструкторський і відділ менеджменту починають працювати з 9⁰⁰, а майстерні та механічний цех з 8⁰⁰.

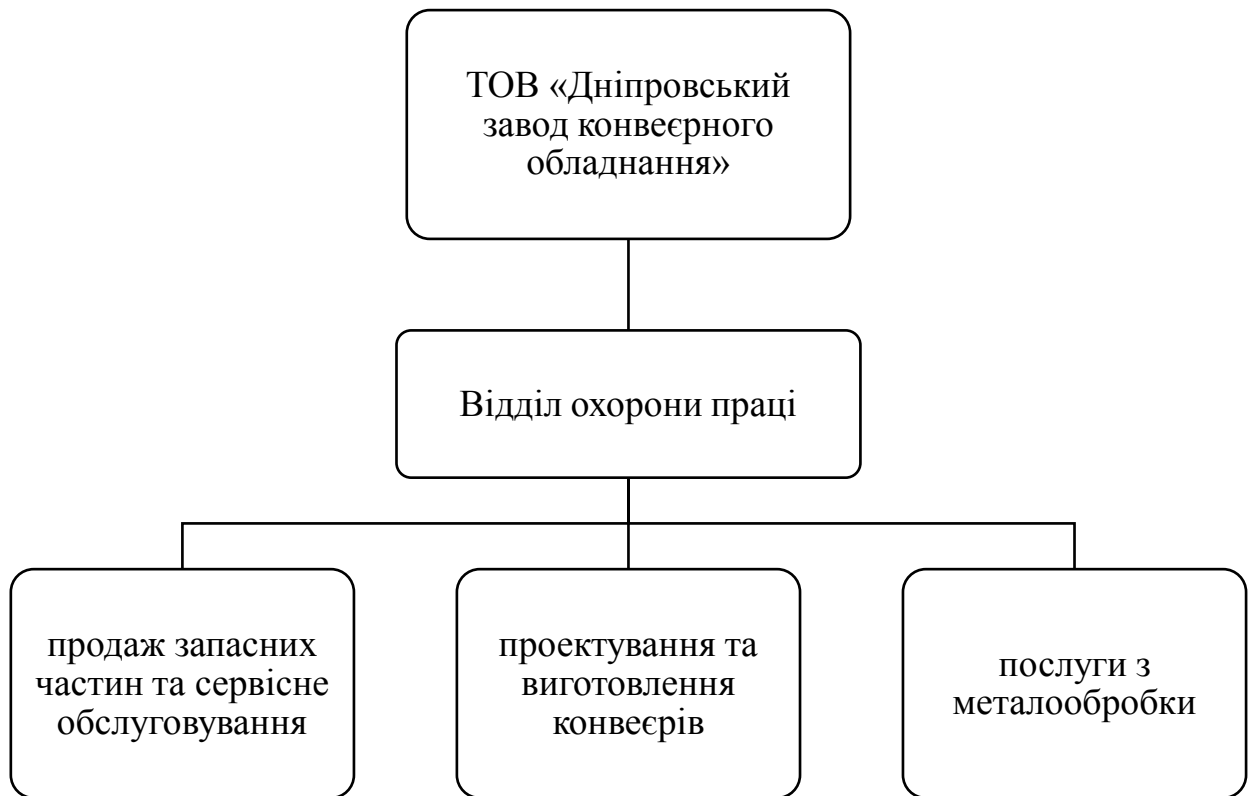


Рис. 4.1. Структура служби охорони праці підприємства

На підприємстві працює 152 чоловіки і тому в штаті є спеціаліст з охорони праці і його помічник. На підприємстві є оснащений кабінет з охорони праці рис. 4.2. площею 24 м². Кабінет по охороні праці призначений для проведення інструктажів і занять по охороні праці із працівниками. Кабінет оснащений робітниками місцями для учнів і викладача (співробітника, що проводить навчання або інструктаж). Робочі місця можуть бути обладнані комп'ютерами, а сам клас проектором.

Підприємство також здає в оренду кабінет охорони праці для проведення навчань та інструктажів сусідніх підприємств.



Рис. 4.2. Кабінет з охорони праці

Кабінет по ОП часто використовують для проведення занять по пожежній безпеці, електробезпечності, цивільній обороні й ін. Тому в кабінеті розміщаються наочні приладдя, література й інформаційні матеріали (плакати, стенди) не тільки по охороні праці, але й по всіх цих тематиках.

У кабінеті по охороні праці встановлено стелажі із засобами захисту для проведення занять по їхнім правильному використанню.

Одним з найважливіших елементів кабінету по охороні праці є тренажер серцево-легеневої реанімації, а також є манікен у повний зріст людини на якому відпрацьовують навички по наданню першої медичної допомоги.

4.2. Аналіз шкідливих та НВФ на ділянці з виготовлення конвеєрів

Несприятливі умови навколишнього середовища шкідливо впливають на організм працюючого, знижують реакцію, підвищують стомлюваність. До виробничих шкідливих факторів у розглянутому виробництві відносяться:

- Забруднення повітряного середовища в зоні дихання (запиленість, загазованість). У процесі виготовлення конвеєрів використовуються кутово-шліфувальні машинки, підрізання та шліфування стрічок для з'єднання.

Несприятливий вплив пилу на організм може бути причиною виникнення різних захворювань: специфічних (пневмоконіози, алергійні хвороби) і неспецифічних (хронічні захворювання органів дихання, захворювання очей і шкіри) пилові ураження. Виробничий пил розглянутого виробництва відноситься до четвертого класу небезпеки (малонебезпечні). ГДК пилу в повітрі робочої зони не перевищує 4 мг/куб.м - 5 - 10%. [21].

- Механічні коливання твердих тіл і їх поверхонь (вібрація). Шкідливим виробничим фактором є вібрація - механічні коливання твердих тіл, передані організму людини. Джерелом вібрації є ковальський молот, транспортери. Коливання можуть бути причиною розладу сердечносудинистий і нервової системи, а також опорно – рухомого апарату на місцезнаходженні працюючого (відхилення показників мікроклімату)

При недотриманні норм мікроклімату знижується працездатність людини, зростає небезпека виникнення травм і ряду захворювань, у тому числі професійних.

Безпека на виробництві значною мірою залежить від висвітлення. Світло впливає на фізіологічний стан людини, правильно організоване висвітлення стимулює протікання процесів вищої нервової діяльності й підвищує працездатність. При недостатньому висвітленні людей працює менш продуктивно, швидко утомлюється, росте ймовірність помилкових дій, що може привести до травматизму. Освітленість на робочому місці повинна

відповідати характеру зорової роботи. У цьому випадку роботи ставляться до розряду IV Г. Необхідна норма висвітлення $E_{нор} = 200$ ЛК. Для створення $E_{нор}$ застосовується сполучене висвітлення: природне й загальне люмінесцентне висвітлення. Для створення раціональних умов висвітлення велике значення має ретельний і регулярний догляд за установками природнього й штучного висвітлення [22].

4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів

На підприємстві керівництво стежить за безпекою праці на виробництві і виділяє досить значні кошти на впровадження заходів по безпечному виконанню робіт.

Так приміщення оснащено системою оповіщення щодо виникнення пожежі, а також системою пожежогасіння [23].

Нами запропоновано оптимальне розміщення засобів пожежогасіння на території підприємстві. Схема розміщення пожежних комплектів та вогнегасників наведено на рис. 4.3.

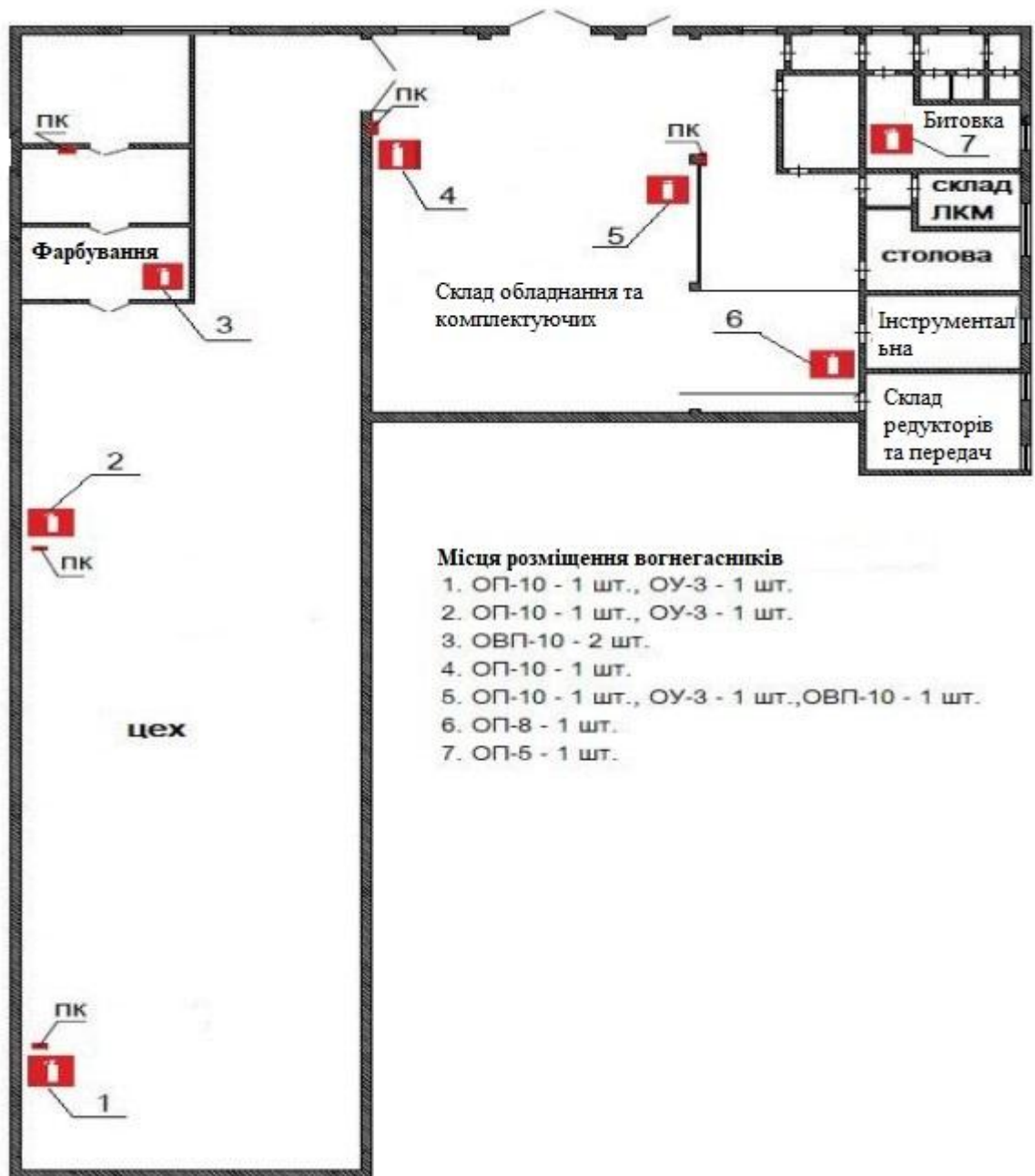


Рис. 4.3. Схема розміщення вогнегасників та ПК

4.4. Дії у разі виникнення НС

На підприємстві можуть виникнути різні НС, наприклад: травмування, вибух лако-фарбових матеріалів, пожежа та інші. У разі виникнення НС треба приступити до ліквідації (якщо це можливо і не загрожує життю), вивести людей з приміщення при необхідності надати першу допомогу.

Подзвонити у МНС за номером 101 та за потреби викликати швидку допомогу.

Інші дії проводяться згідно інструкцій затверджених державою та на підприємстві.

4.6. Висновок

Проведено аналіз стану охорони праці на підприємстві та встановлено недоліки. Встановлено можлив шкідливі фактори на підприємстві, а саме пил, шум, загазованість та вібрації. Розроблено заходи щодо уникнення чи захисту від дії шкідливих факторів.

Розроблено план-схему розміщення вогнегасників та пожежних щитів.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

Розрахунок переобладнання конвеєрів стрічками виробництва Китай ТК-200 та РНОENIX» — EP 1600/5 Німеччина.

Відповідно до існуючої технології, що забезпечує середній ресурс конвеєрів на рівні 80% від нового, переукомплектування конвеєра полягає в заміні стрічок Українського виробництва на стрічки Китайського чи Німецького виробництва.

Розрахуємо собівартість переукомплектування конвеєра [24].

$$C_{\text{рем}} = ЗП + C_{\text{мзч}} + C_{\text{вв}} + A, \quad (5.1)$$

де ЗП – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

$C_{\text{мзч}}$ – вартість матеріалів та запасних частин, грн.;

$C_{\text{вв}}$ – вартість виробничих витрат, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн..

Заробітна плата робітників розраховується за формулою:

$$ЗП = ЗП_{\text{год}} \cdot t_{\text{рем}}, \quad (5.2)$$

де $ЗП_{\text{год}}$ – годинна тарифна ставка слюсаря, грн.;

$t_{\text{рем}}$ – час переобладнання (також враховано склеювання стрічки),

год.

$$ЗП = 85 \cdot 12 = 1020 \text{ грн.}$$

Витрати на закупівлю стрічки довжиною 50 м і шириною 0,6 м. кількість стрічки становитиме $50 \times 0,6 = 30 \text{ м}^2$. Вартість стрічки складає

Для ТК-200 – $30 \times 420 = 12600$ грн.

Для РНОENIX» — EP 1600/5 – $30 \times 860 = 25800$ грн.

Але враховуючи те, що стрічка PHOENIX» — EP 1600/5 в 3 рази довше працює ніж ТК-200 то ТК-200 треба буде замінити 3 рази, тобто його вартість складе 37800 грн. додамо ще витрати на заміну стрічки порядку 1300 грн. загальна сума витрат складе 39100 грн.

Виробничі витрати:

$$C_{\text{вв}} = (3\Pi_{\text{год}} \cdot t_{\text{то}}) + V_{\text{ел}}, \dots\dots\dots(5.3)$$

де $t_{\text{то}}$ – час, що витрачається на технічне обслуговування конвеєра, год. (1,2);

$V_{\text{ел}}$ – вартість електроенергії, що витрачається на роботу обладнання та на освітлення приміщення, грн..

$$V_{\text{ел}} = W_{\text{випр}} \cdot V, \quad (5.4)$$

де $W_{\text{випр}}$ – потужність, що витрачається на розрізання старої стрічки та зачищення стиків нової (3 кВт);

V – тариф на електроенергію, 3,26 грн/кВт.

$$V_{\text{ел}} = 3 \cdot 3,26 = 9,78 \text{ грн}$$

Тоді:

$$C_{\text{вв}} = (85 \cdot 1,2) + 9,78 = 111,8 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{B \cdot \lambda}{100 \cdot N}, \quad (5.5)$$

де B – балансова вартість стрічки, грн.;

N – програма переукомплектування;

λ – норма амортизації, %;

$$A^{баз} = \frac{39100 \cdot 15}{100 \cdot 1} = 5865 \text{ грн.};$$

$$A^{пр} = \frac{25800 \cdot 15}{100 \cdot 1} = 3870 \text{ грн.}$$

Після визначення всіх складових визначимо собівартість переукомплектування конвеєра:

$$C_{\text{рем. баз}} = 1020 + 39100 + 111,8 + 5865 = 46097 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{рем. пр}} = 1020 + 25800 + 111,8 + 3870 = 30802 \text{ грн.}$$

Розрахунок економічної ефективності переукомплектування конвеєра.

Розрахуємо економічний ефект:

$$E = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \cdot N, \quad (5.6)$$

де C_1, C_2 – собівартості ремонту, грн.;

K_1, K_2 – питомі капіталовкладення для базового та проектного варіантів, грн.;

N – програма ремонту, шт..

Питомі капіталовкладення по базовому варіанту складуть:

$$K_1 = \frac{B}{N} = \frac{139100}{1} = 139100 \text{ грн / кон} \quad (5.7)$$

по запропонованому варіанту:

$$K_2 = \frac{B}{N} = \frac{25800}{1} = 25800 \text{ грн / кон}$$

Економічний ефект становитиме:

$$E = [(39100 + 0,2 \cdot 39100) - (25800 + 0,2 \cdot 25800)] \cdot 1 = 15960 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових вкладень (T_o), років:

$$T_o = \frac{B}{E} = \frac{25800}{15960} = 1,6 \text{ років} \quad (5.8)$$

Таблиця 5.1-Економічна ефективність роботи

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	ТК-200 (Китай)	PHOENIX» — EP 1600/5 Німеччина
Кількість основних робітників, чол..	2	2
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн..	-	25800
Програма переукомплектування, шт. (1 конвеєр)	1	1
Виробничі витрати , грн./конвеєр.	111,8	111,8
Заробітна плата, грн. на 1 конвеєр	1020	1020
Витрати на матеріали та запасні частини, грн./комплект	39100	25800
Амортизація обладнання, грн./комплект	5865	3870
Повна собівартість продукції,	46097	30802

грн./комплект		
Економічний ефект, грн..		15960
Термін окупності додаткових вкладень, років		1,6

Проведені розрахунки вказують на доцільність впровадження технології заміни конвеєрної стрічки ТК-200 на РНОENIX» — EP 1600/5 так як економія на запасних частинах становить близько 15960 грн. А термін окупності капітальних вкладень становитиме 1,6 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проаналізовано роботу підприємства та встановлено, що підприємство розвивається і входить до п'ятірки найкрупніших в Україні з виробництва конвеєрів.

На підприємстві використовують різні типи стрічок в основному виробництва України та Китаю, ще до 2013 року використовували стрічки Російського виробництва. На сьогодні на ринок України зайшли німецькі виробники стрічок але їх вартість вдвічі, а то і втричі більша.

Найбільш підходящим матеріалом для футерівки барабанів є гума спеціальних марок, що приєднується до барабана за допомогою клеїв або в процесі вулканізації.

Гумові футерівки барабанів дозволяють поліпшити динамічні й технологічні показники стрічкових конвеєрів, підвищити їх довговічність і надійність.

Товщина гумової футерівки залежить від багатьох механічних, технологічних і економічних факторів; тенденції вибору параметрів футерівки свідчать про те, що у світовій практиці використовують покриття все більшої товщини; для прикладу, фірма *NILOS GmbH & Co* рекомендує вибирати товщину футерівки від 7 до 25 мм залежно від конструкції й призначення стрічкового конвеєра.

Для існуючих стрічкових конвеєрів можна рекомендувати наступний параметричний ряд товщин гумової футерівки: 8, 10, 16, 20, 26 мм.

Встановлено, що найбільш вагомим зносом конвеєрних стрічок є абразивний знос та втомний. Проведені дослідження дали змогу встановити, що на підприємстві використовуються різні типи гумово-тканних стрічок різних виробників, які суттєво відрізняються одна від одної за вартістю.

Встановлено, що стрічки виробництва Китай найбільш підвержені стиранню, так стираємість стрічки ТК-200 (Китай) складає $2,9 \cdot 10^{-9}$, ТК-200 (Україна) $2,78 \cdot 10^{-9}$, а Німецька PHOENIX» — EP 1600/5 - $2,6 \cdot 10^{-9}$.

Встановлено, що при випробуваннях на розрив стрічка ТК-200 виробництва Китай не відповідає вимогам ДСТУ і складає 1100 Н/мм, стрічки ТК-200 (Україна) та Німецька РНОENIX» — EP 1600/5 відповідають ДСТУ і складають відповідно 1300 і 3200 Н/мм. Також слід відмітити, що стрічка виробництва Німеччини майже втричі перевищує міцність Української і Китайської стрічок.

Проведено аналіз стану охорони праці на підприємстві та встановлено недоліки. Встановлено можлив шкідливі фактори на підприємстві, а саме пил, шум, загазованість та вібрації. Розроблено заходи щодо уникнення чи захисту від дії шкідливих факторів.

Розроблено план-схему розміщення вогнегасників та пожежних щитів.

Проведені розрахунки вказують на доцільність впровадження технології заміни конвеєрної стрічки ТК-200 на РНОENIX» — EP 1600/5 так як економія на запасних частинах становить близько 15960 грн. А термін окупності капітальних вкладень становитиме 1,6 років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Підйомно-транспортні машини / [А. С. Кобець, В. І. Дирда, Ю. Г. Козуб та ін.]. – Луганськ: ДЗ "ЛНУ імені Тараса Шевченка", 2013. – 218 с.
2. Мала гірнича енциклопедія в 3 т. / [В. С. Білецький, В. С. Бойко, В. С. Бокін та ін.]. – Донецьк: Донбас, 2004. – 640 с. – (Т. 3).
3. Особливості розрахунку приводних барабанів стрічкових вертикальних елеваторів / Н. М. Фідровська, І. М. Лук'янов // *Машинобудування*. - 2015. - № 15. - С. 64-70. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mashbud_2015_15_11
4. Produkte [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rema-tiptop.de/>.
5. Industrial Rubber [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nilos.com/en.html>.
6. Товариство з обмеженою відповідальністю Дніпровський Завод Конвеєрного Обладнання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://5140.org/company/508903-tov-dzko>.
7. 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.
8. Груньський Д.О. Обґрунтування товщини гумової футерівки барабанів стрічкових конвеєрів / Груньський Д.О. // *Міжвідомчий збірник наукових праць ІГТМ ім. М.С. Полякова НАНУ. Геотехнічна механіка* . – Вип. 151. –Дніпро: Інтеграл, 2021. – С. 157- 169.
9. Спиваковский А.О. Транспорт в горном деле / А.О. Спиваковский. – Москва: Наука, 1985.–127 с.
10. Высочин Е. М. О сцеплении конвейерной ленты с барабаном / Е. М. Высочин, В. К. Смирнов. // *Вопросы рудничного транспорта*. – 1970. – №11. – С. 40–53.

11. Высочин Е. М. О тяговой способности гибкой передачи / Е. М. Высочин, В. К. Смирнов, В. Ф. Леоненко. // Вопросы рудничного транспорта. – 1967. – №10. – С. 31–46.

12. Дырда В. И. Прочность и разрушение эластомерных конструкций в экстремальных условиях / В. И. Дырда. – Киев: Наукова думка, 1988. – 232 с.

13. Калганков Е.В. Расчёт долговечности резиновых футеровок шаровых рудоразмельных мельниц с учётом старения резины / Е.В. Калганков // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. — Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2013. — Вип. 113. — С. 181-202

14. Цаніді І. М. Вивчення конструкції та визначення основних параметрів стрічкового конвеєра: методичні рекомендації / І. М. Цаніді. – Дніпро: ДДАЕУ, 2018. – 24 с.

15. Пат. 119244 Україна, МПК7 МПК G01N 33/44 (2006.01). Пристрій для випробувань гумових елементів на стирання [Текст] / Дирда Віталій Іларіонович (UA); Калганков Євген Васильович (UA); Черній Олександр Анатолійович (UA); Цаніді Іван Миколайович (UA); Калганков Богдан Васильович (UA). u201602207; заявл. 09.03.2016 ; опубл. 25.09.2017, бюл. № 18- 4с.

16. ГОСТ 263-75, Резина. Метод определения твердости по Шору А. 1975. - 7 с.

17. Пат. 100401 Україна, МПК (2006.01) G01N 3/46. Спосіб визначення енергії руйнування гумових футерівок / Дирда В. І., Калганков Є. В, Черній О. А., Цаніді І. (Україна); № u 2015 00639; заявл. 27.01.2015; опубл. 27.07.15, Бюл. № 14. - 4 с.

18. Кобец А.С. Энергетическая оценка износа антифрикционных материалов / Кобец А.С., Дырда В.И., Калганков Е.В., Цаниди И.Н. // Геотехническая механика. 2012. Вып. 106. С. 78–90.

19. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.

20. НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".

21. ДСН 3.3.6.042-99» «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

22. ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування і забудова територій».

23. Характеристики вогнегасників і визначення основних понять щодо їх експлуатації. – 2018. – С. <https://oppb.com.ua/articles/harakterystyky-vognegasnykiv-i-vyznachennya-osnovnyh-ponyat-shchodo-yih>.

24. Вініченко І.І. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства / І.І Вініченко, А.О. Сітковська. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.

25. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГУМОВИХ
КОНВЕЄРНИХ СТРІЧОК ТА ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЇХ
ДОВГОВІЧНОСТІ**

Доповідач: Грунський Д.О.

Керівник д.т.н., проф. Дирда В.І.

2

Мета та задачі роботи

МЕТА РОБОТИ

Обґрунтування параметрів гумовотканинних стрічок різних виробників та обґрунтування їх довговічності

ЗАДАЧІ РОБОТИ

- провести аналіз будови та роботи стрічкових конвеєрів, а також аналіз відмов стрічок;
- розробити заходи щодо гумування барабану;
- розрахувати основні параметри стрічкового конвеєра та стрічки;
- розробити методику експериментальних досліджень та провести їх;
- розробити заходи з охорони праці та провести техніко-економічну оцінку роботи.

3

Типи стрічкових конвеєрів

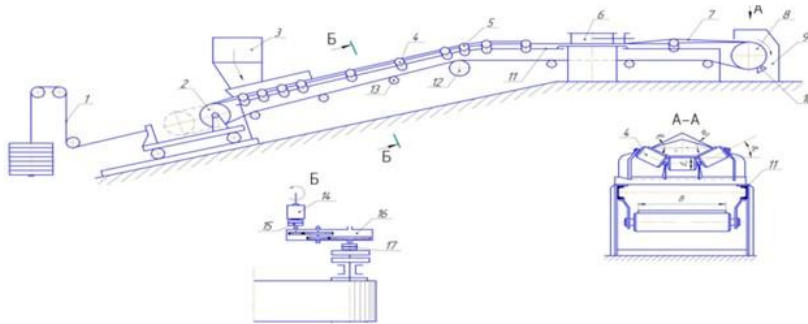


Схема стрічкового конвеєра:
 1 – натяжний пристрій; 2, 8, 12 – відповідно натяжний, приводний та відхилюючі барабани; 3 – завантажувальна воронка; 4, 13 – роликів опори; 5 – роликів батарея; 6 – плужковий скидач; 7 – стрічка; 9 – розвантажувальна коробка; 10 – скребок; 11 – металоконструкція; 14 – електродвигун; 15, 17 – муфти; 16 – редуктор



Горизонтальний стрічковий конвеєр



Похилий конвеєр



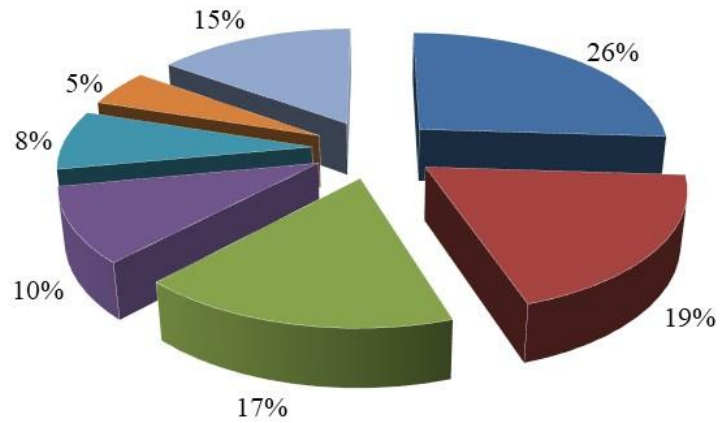
Похилий конвеєр із шевронною стрічкою



Пересувний стрічковий конвеєр

4

Діаграма основних причин зношування конвеєрних стрічок



- Неправильно підібрана конвейерна лента
- Порушена прямолінійність конвеєра
- Допоміжні ролики заклинені або зношені настільки, що не можуть обертатися
- Стрічку зношує розсипаний матеріал
- Полотно не відповідає діаметру барабанів
- Вантаж падає із занадто великої висоти
- Інші причини

5

Види дефектів стрічок конвеєра



Дефект стрічки
(надрив)



Утворення тріщини та
порив стрічки



Розшарування стрічки у
місцях склеювання



Бічний знос стрічки



Протирання стрічки

6

Теорія взаємодії стрічки з барабаном

При розгляді умови рівноваги гнучкої нитки на твердому барабані дотичне до поверхні зусилля буде дорівнює нормальному зусиллю, помноженому на коефіцієнт зчеплення. Якщо ж на барабані є гумова футерівка, то під дією нормального зусилля шар гуми стискується й дотична до поверхні шару, проведена в точці дії нормального зусилля, не збігається із прямою, проведеною із цієї точки перпендикулярно до провідного радіуса, опущеного в цю точку із центру обертання. Тобто крім сили тертя, рівної приблизно нормальному тиску, помноженому на коефіцієнт зчеплення, по дотичній буде діяти й деяка складова нормального тиску $N \cos \beta$.

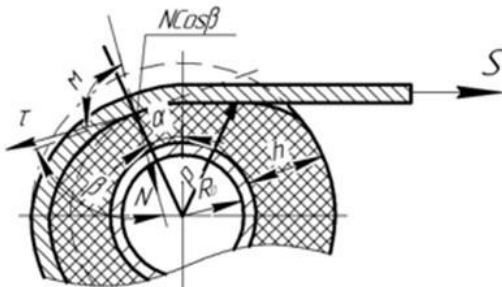


Схема розрахунку гнучкої передачі при наявності товстої футерівки

$$f \alpha = \ln \left(1 + \frac{W}{S} \right) - \frac{hW}{\rho^2 B E}; \quad \rho = R_0 + h(1 - \Delta),$$

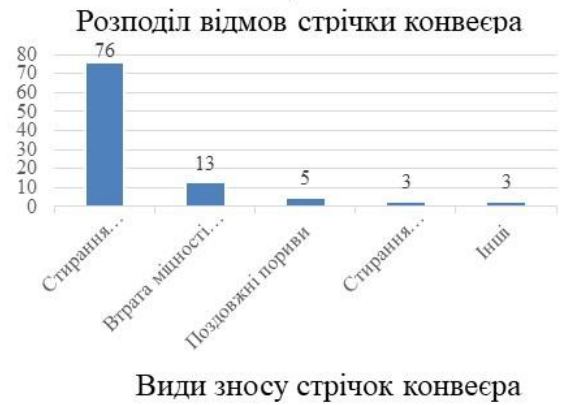
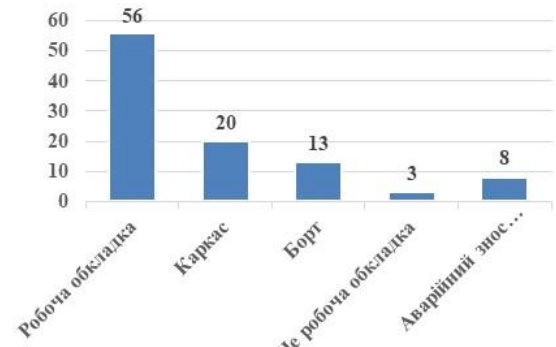
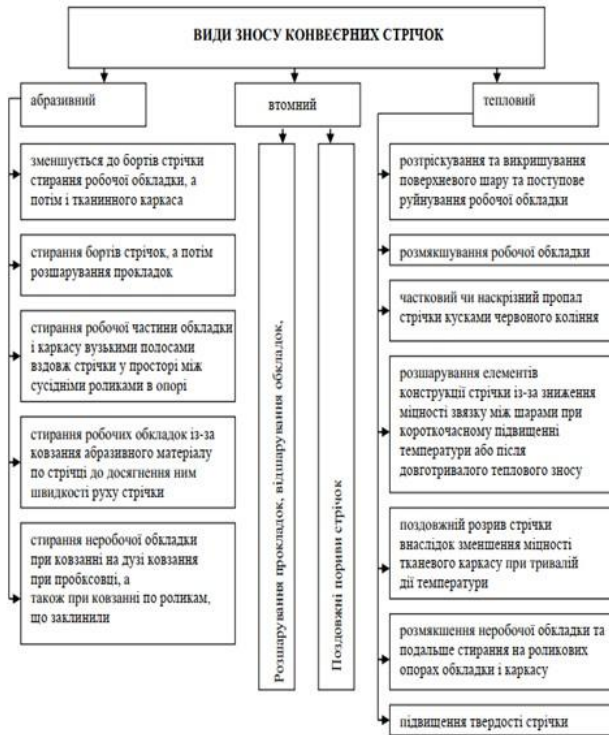
де E – модуль пружності гуми;

B – ширина стрічки;

h – товщина гумової футерівки;

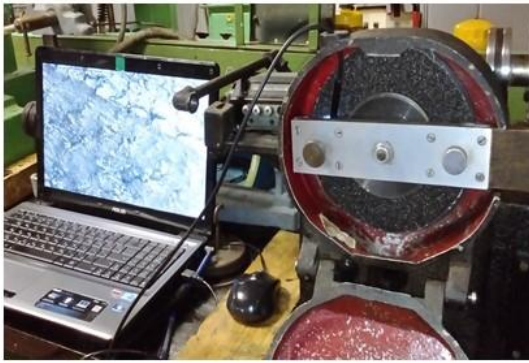
R_0 – радіус металевого барабана;

Δ – відносна деформація стиску гумової футерівки.

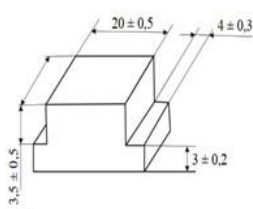


8

Експериментальна установка та методика досліджень



Установка МП-2 з відео фіксацією процесу стирання



Зразок для визначення опору стиранню гуми



Зважування зразка на електронних вагах



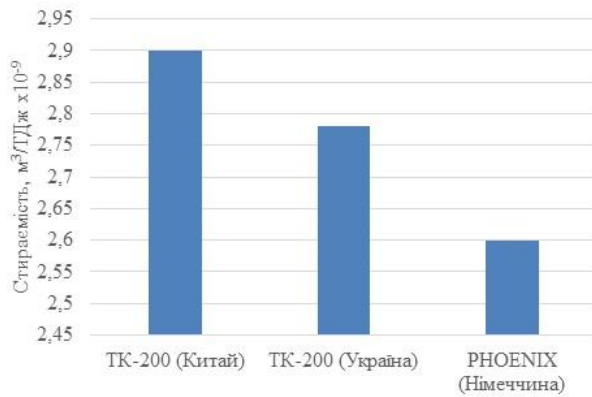
Визначення твердості за Шором



Випробування елементів стрічок на розрив

9

Результати досліджень



Міцність на розрив стрічок різних виробників

Стираємість стрічок конвеєрів різних виробників

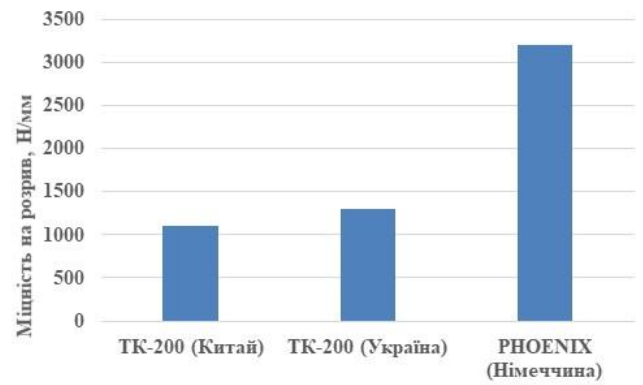
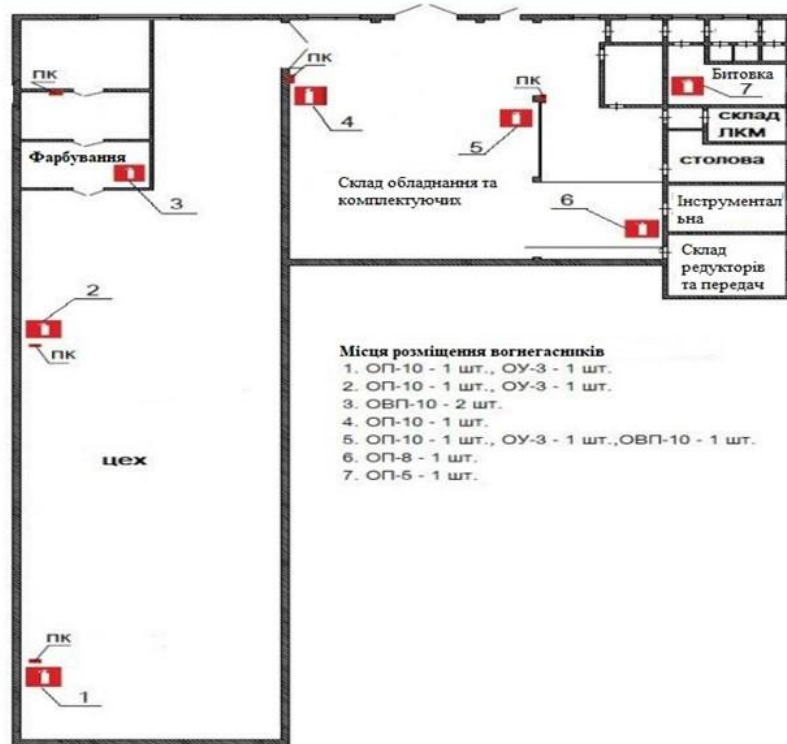


Схема розташування пожежних щитів та вогнегасників у виробничому корпусі



11

Техніко-економічна оцінка роботи

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	ТК-200 (Китай)	PHOENIX» — EP 1600/5 Німеччина
Кількість основних робітників, чол..	2	2
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн..	-	25800
Програма переукомплектування, шт. (1 конвеєр)	1	1
Виробничі витрати , грн./конвеєр.	111,8	111,8
Заробітна плата, грн. на 1 конвеєр	1020	1020
Витрати на матеріали та запасні частини, грн./комплект	39100	25800
Амортизація обладнання, грн./комплект	5865	3870
Повна собівартість продукції, грн./комплект	46097	30802
Економічний ефект, грн..		15960
Термін окупності додаткових вкладень, років		1,6

Проаналізовано роботу підприємства та встановлено, що підприємство розвивається і входить до п'ятірки найкрупніших в Україні з виробництва конвеєрів.

На підприємстві використовують різні типи стрічок в основному виробництва України та Китаю, ще до 2013 року використовували стрічки Російського виробництва. На сьогодні на ринок України зайшли німецькі виробники стрічок але їх вартість вдвічі, а то і втричі більша.

Найбільш підходящим матеріалом для футерівки барабанів є гума спеціальних марок, що приєднується до барабана за допомогою клеїв або в процесі вулканізації.

Гумові футерівки барабанів дозволяють поліпшити динамічні й технологічні показники стрічкових конвеєрів, підвишити їх довговічність і надійність.

Товщина гумової футерівки залежить від багатьох механічних, технологічних і економічних факторів; тенденції вибору параметрів футерівки свідчать про те, що у світовій практиці використовують покриття все більшої товщини; для прикладу, фірма *NZLOS GmbH & Co* рекомендує вибирати товщину футерівки від 7 до 25 мм залежно від конструкції й призначення стрічкового конвеєра.

Для існуючих стрічкових конвеєрів можна рекомендувати наступний параметричний ряд товщин гумової футерівки: 8, 10, 16, 20, 26 мм.

Встановлено, що найбільш вагомим зносом конвеєрних стрічок є абразивний знос та втомний. Проведені дослідження дали змогу встановити, що на підприємстві використовуються різні типи гумово-тканних стрічок різних виробників, які суттєво відрізняються одна від одної за вартістю.

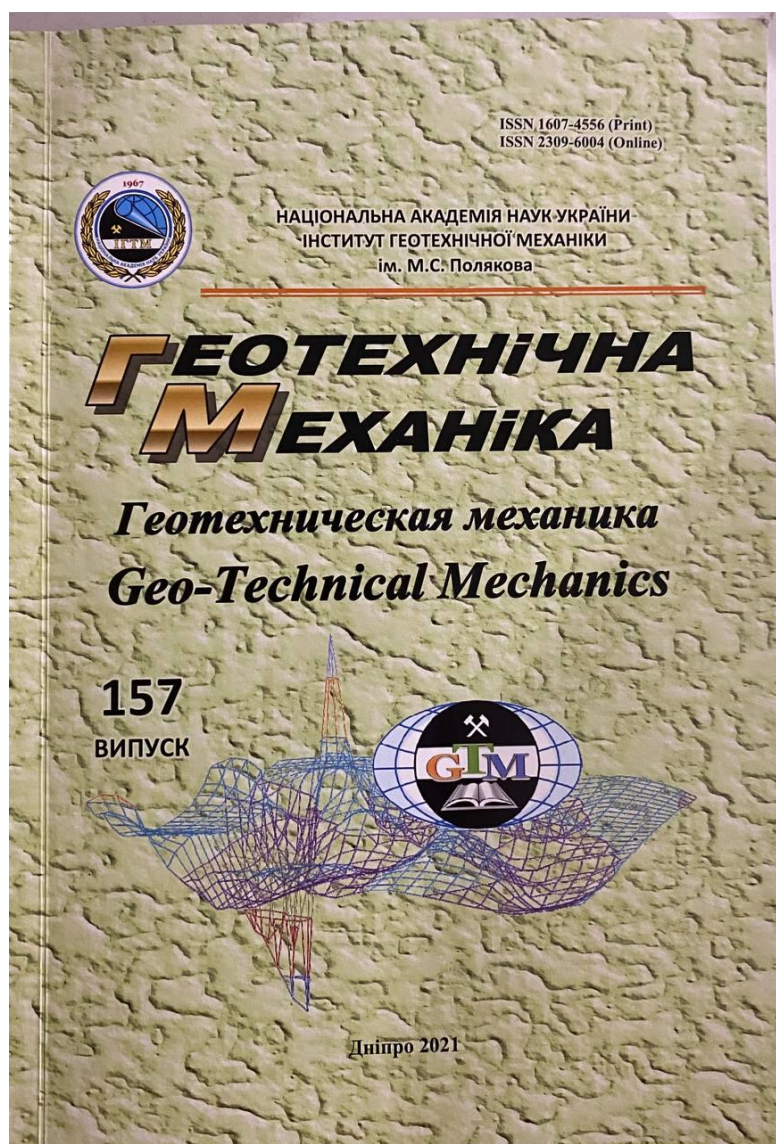
Встановлено, що стрічки виробництва Китай найбільш підвержені стиранню, так стираємість стрічки ТК-200 (Китай) складає $2,9 \cdot 10^{-9}$, ТК-200 (Україна) $2,78 \cdot 10^{-9}$, а Німецька *PHOENIX*» — $EP 1600/5 - 2,6 \cdot 10^{-9}$.

Встановлено, що при випробуваннях на розрив стрічка ТК-200 виробництва Китай не відповідає вимогам ДСТУ і складає 1100 Н/мм, стрічки ТК-200 (Україна) та Німецька *PHOENIX*» — $EP 1600/5$ відповідають ДСТУ і складають відповідно 1300 і 3200 Н/мм. Також слід відмітити, що стрічка виробництва Німеччини майже втричі перевищує міцність Української і Китайської стрічок.

Проведено аналіз стану охорони праці на підприємстві та встановлено недоліки. Встановлено можлив шкідливі фактори на підприємстві, а саме пил, шум, загазованість та вібрації. Розроблено заходи щодо уникнення чи захисту від дії шкідливих факторів.

Розроблено план-схему розміщення вогнегасників та пожежних шитів.

Проведені розрахунки вказують на доцільність впровадження технологізаці конвеєрної стрічки ТК-200 на *PHOENIX*» — $EP 1600/5$ так як економія на запасних частинах становить близько 15960 грн. А термін окупності капітальних вкладень становитиме 1,6 років.



УДК 622.02:539.3

DOI: <https://doi.org/10.15407/geotm2021.157>

Затверджено до друку Вченою Радою Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (протокол № 9 від 25.06.2021 року).

Редакційна колегія:

головний редактор –	академік НАН України	<i>А.Ф. Булат;</i>
заступники головного редактора –	чл.-кор. НАН України	<i>О.П. Круковський;</i>
відповідальний секретар –	д-р техн. наук	<i>В.Г. Шевченко.</i>

Члени редакційної колегії:

д-р геол. наук *В.А. Баранов*; д-р геол. наук *К.А. Безручко*; чл.-кор. НАН України *Б.О. Блюсс*;
д-р техн. наук *Л.М. Васильєв*; д-р техн. наук *В.І. Дирда*; чл.-кор. НАН України *Е.І. Сфремов*;
д-р техн. наук *Є.С. Латиш*; д-р техн. наук *С.П. Мінєєв*; д-р техн. наук *В.П. Надутий*; д-р техн. наук *Т.А. Паламарчук*; д-р геол. наук *Л.І. Пимоненко*; д-р геол. наук *В.Ф. Приходченко* (Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» МОН України, зав. кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин); д-р техн. наук *Є.В. Семененко*; д-р техн. наук *С.І. Скіпочка*; д-р техн. наук *Г.О. Шевченко*; д-р техн. наук *А.О. Яланський*.

Іноземні члени редакційної колегії:

проф. *Олексій Заїкін* (Університетський коледж Лондона, Велика Британія); д-р геол.-мін. наук *М.С. Фоменко* (Південний федеральний університет, Російська Федерація); д-р техн. наук *Л.С. Шамганова* (Інститут гірничої справи ім. Д.А. Кунаєва Національної академії наук Республіки Казахстан, Республіка Казахстан); проф. *Олена Шембел* (ENERGIZE CORPORATION, United States of America).

Редактор видання (Print)	канд. техн. наук <i>О.А. Бубнова</i>
Редактор видання (Online)	канд. техн. наук <i>Е.С. Ключєв</i> канд. техн. наук <i>І.М. Слащєв</i>

У збірнику представлено результати наукових досліджень у галузі механіки машин, процесів переробки мінеральної сировини, техніки та технології розробки родовищ, механіки гірських порід, геології корисних копалин, охорони праці та навколишнього середовища. Для наукових працівників, аспірантів та студентів старших курсів закладів вищої освіти.

Адреса веб-сторінки збірника: www.geotm.dp.ua

Рецензенти: *Б.О. Блюсс*, чл.-кор. НАН України
В.П. Франчук, д-р техн. наук, професор

© Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, 2021

ISSN

УДК 622

УПРАВЕ

Бу

Інститу
товариств

ГАЗОДИ

Бу

Інститу
акціонер

CONTR

Бу

Institute
Company

Анотація
підготовчих
аварій є так
леми, а самі
шукється чак
нологічні пр
технологічні

У статті
щодо оцінки
чної активне
рмованого с
ного пласта
забезпеченн

Побудо
лінійна технол
рмульовано
ванню техно
ведення гірн
використанн
динамічного

шукють проце
апізація реко
та інші допо
зони розвант
мічних явищ

Ключові
робіт

Вступ
небезпеч

ОБҐРУНТУВАННЯ ТОВЩИНИ ГУМОВОЇ ФУТЕРІВКИ БАРАБАНІВ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

¹Пуґач А.М., ²Лисиця М.І., ¹Калганков Є.В., ³Лисиця Н.М., ¹Грунський Д.О.

¹Дніпровський державний аграрно-економічний університет, ²Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, ³Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

ОБОСНОВАНИЕ ТОЛЩИНЫ РЕЗИНОВОЙ ФУТЕРОВКИ БАРАБАНОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

¹Пуґач А.Н., ²Лисица Н.И., ¹Калганков Е.В., ³Лисица Н.Н., ¹Грунский Д.А.

¹Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, ²Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, ³Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

RATIONALE FOR THE THICKNESS OF THE RUBBER LINING OF BELT CONVEYOR DRUMS

¹Puhach A.M., ²Lysytsia M.I., ¹Kalhankov Ye.V., ³Lysytsia N.M., ¹Hrunskiy D.O.

¹Dnipro State Agrarian and Economic University, ²Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of NAS of Ukraine, ³Oles Honchar Dnipro National University

Анотація. В статті наведено сучасний стан розвитку транспортувальної техніки, а саме стрічкових конвеєрів. Сьогодні стрічкові конвеєри використовуються у всіх галузях народного господарства і переміщують тисячі тонн продукції, а самі конвеєри сягають 15 тисяч метрів. Але на ряду з широким використанням стрічкових конвеєрів виникає і проблема надійності. Як показують дослідження коштовні та відповідальні деталі такі як барабан і конвеєрна стрічка досить швидко зношуються і суттєво збільшують собівартість транспортувальних робіт. В роботі встановлено те, що основна причина виходу з ладу барабана та стрічки, вібраційні навантаження та потрапляння бруду (матеріал, що транспортується, волога та інше), також враховуючи тенденцію збільшення довжини транспортерів збільшуються вібраційні навантаження, що в разі прискорює знос барабану.

Тому проблемі взаємодії конвеєрної стрічки з барабаном присвячено багато досліджень та робіт вчених. В цій літературі та дослідженнях є багато рішень підвищення довговічності барабану і стрічки, а саме футерування барабанів високофрикційним матеріалом. Але дуже мало робіт присвячено проблемі вибору оптимальної товщини футерівки.

Як показав світовий досвід конвеєростроювання, ця проблема є досить актуальною для конвеєрного транспорту та в ряді причин досить важкої для аналітичного розв'язку. Причина полягає, насамперед, у відсутності адекватних фізичних і математичних моделей, у різноманітті діючих факторів різної фізичної природи, особливо в зоні контакту стрічки й барабана при зволоженні й влучанні матеріалу, що транспортується.

Експериментально встановлено, що працездатність конвеєра в значній мірі залежить від ступеня й характеру забруднення барабана; при цьому забруднення внутрішньої поверхні стрічки частками матеріалу, що транспортується (вугілля, пісок, руда і т.д.) може привести до істотного зниження коефіцієнта зчеплення. При використанні в стрічкових конвеєрах барабанів з гумовою футерівкою, тягова здатність стрічки поряд із силами тертя визначається також і величиною деформації шару футерівки. Експериментально встановлено, що величина коефіцієнта зчеплення прямо пропорційна товщині гумової футерівки й обернено пропорційна твердості гуми.

Гумова футерівка барабана дозволяє: підвищити тягову здатність стрічки; знизити динамічні зусилля в системі «стрічка – приводний барабан»; знизити вібраційну навантаженість в деталях і вузлах конвеєра (футерівка гасить як низькочастотні, так і високочастотні коливання); зменшити зношування стрічок; завдяки наявності спеціальних рифлей усунути або, принаймні, суттєво знизити вплив ефекту зношування стрічок; зменшити можливість автоколивального процесу, зв'язаного або з високими швидкостями стрічки (близько 20 м/с), або з явищем її пробуксовки: одна з основних причин – забруднення в зоні контакту.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, барабан, гумова футерівка, дисипація, коефіцієнт дисипації, фізико-механічні властивості, старіння, коефіцієнт зчеплення

Вступ. Останнім часом, як у всьому світі так і в Україні суттєво зростає товарообіг, а разом із цим, зростає об'єм транспортувальних та вантажно-

8. **МІНСЬЄВ С.П., КОСТРИЦЯ О.О., СКАЧКО Р.М., ДИКАНЬ О.П., МАЛЬЦЕВА В.Є.**
 Обґрунтування параметрів безпечного підривання порід подошви виробки, яку проводять по викидонебезпечним пісковикам
MINIIEV S.P., KOSTRYTSIA O.O., 2SKACHKO R.M., DYKAN O.P., MALTSEVA V.YE.
 Justification for the parameters of safe undermining of the rocks the soil working carried out by the outburst sandstones 102
9. **МІНСЬЄВ С.П., САМОХВАЛОВ Д.Ю., КОСТРИЦЯ А.О., ЛИСНЯК С.С., ФІЛАТЬЄВА Е.М., ШИПОВСЬКИЙ І.Є.**
 Деякі питання моніторингу та визначення категорії газообільності вугільних шахт України
MINIIEV S.P., SAMOKHVALOV D.YU., KOSTRYTSIA O.O., LYSNYAK S.S., FILATYEVA E.M., SHYPOVSKIY I.YE.
 Some issues of monitoring and determining the category of gas activity of coal mines of Ukraine 119
10. **ДИРДА В.І., КОБЕЦЬ А.С., ЛИСИЦЯ М.І., ЗАБОЛОТНА О.Ю., ТВЕРДОХЛІВ Т.О., КАЛГАНКОВ Є.В., ЧЕРНІЙ О.А., АГАЛЬЦОВ Г.М.**
 Наноматеріали в механіці деформівного твердого тіла на прикладі гумових футеровок барабанних кульових млинів
DYRDA V.I., KOVETS A.S., LYSYTSIA M.I., ZABOLOTNA O.YU., TVERDOKHLIV T.O., KALHANKOV YE.V., CHERNIY O.A., AGALTSOV H.M.
 Nanomaterials in the mechanics of deformed solids on the example of rubber linings of drum ball mills 131
11. **МІЗЕРНА О.Л., ГРЕБЕНЮК С.М., КЛИМЕНКО М.І.**
 Визначення напружено-деформованого стану конструкцій з в'язкопружних волокнистих композиційних матеріалів на основі матриці жорсткості просторово-часового скінченного елемента
MIZERNA O.L., GREBENYUK S.M., KLYMENKO M.I.
 Determination of the stress-strain state of structures made of viscoelastic fibrous composite materials based on the stiffness matrix of a spatio-temporal finite element 140
12. **ПУГАЧ А.М., ЛИСИЦЯ М.І., КАЛГАНКОВ Є.В., ЛИСИЦЯ Н.М., ГРУНСЬКИЙ Д.О.**
 Обґрунтування товщини гумової футерівки барабанів стрічкових конвеєрів
PUHACH A.M., LYSYTSIA M.I., KALHANKOV YE.V., LYSYTSIA N.M., HRUNSKIY D.O.
 Rationale for the thickness of the rubber lining of belt conveyor drums 152
13. **ВАСИЛЬЄВ Л.М., ВАСИЛЬЄВ Д.Л., МАЛИЧ М.Г.**
 Аналітичний метод розрахунку межі міцності зразків гірських порід клинової форми руйнування при лінійному розподілі контактних нормальних напружень
VASYLIEV L.M., VASYLIEV D.L., MALYCH M.H.
 Analytical method for calculating the strength limit of rock specimens of wedge form of destruction at linear distributing of contact normal tensions 163