

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет (ННІ) КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

конструювання машин і обладнання

_____ проф. В.С. Ловейкін

« ____ » _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ
ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

Спеціальність 133-Галузеве машинобудування _____

Гарант освітньої програми

д.т.н., проф. _____

Булгаков В.М.

Керівники бакалаврської кваліфікаційної роботи

д.т.н., проф. _____

Ловейкін В.С.

к.т.н., ст. викладач _____

Кадикало І.О.

Виконав _____

Шундрик Денис Максимович

Київ – 2025

Додаток Д

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

д.т.н., проф

Ловейкін

В.С.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ ” 2025р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Шундрик Денис Максимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133- Галузеве машинобудування

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи Розробка конструкції стрічкового конвеєра для переміщення зернових матеріалів

затверджена наказом ректора НУБіП України від “16” грудня 2024р. № 2265“С”

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 27.05.2025

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Перелік питань, які потрібно розробити:

Перелік графічних документів (за потреби)

Дата видачі завдання “13” лютого 2025р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Ловейкін В.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Кадикало І.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Шундрик Д.М.

Зміст

Реферат.....	5
Вступ.....	6
Розділ 1. Конструктивно-функціональні характеристики стрічкових конвеєрів.....	9
Розділ 2. Технічний розрахунок та проектування стрічкового конвеєра.....	25
Розділ 3. Охорона праці.....	41
Розділ 4. Техніко-економічні розрахунки.....	63
Висновки.....	69
Список літературних джерел.....	72
Додатки.....	76

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шундрик Д.М.			ЗМІСТ	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Кадикало І.О.					4	76
Реценз.								
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Утверд.								
						НУБіП України		

Реферат

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему: «Розробка конструкції стрічкового конвеєра для переміщення зернових матеріалів» – складається з чотирьох (4) розділів, що розміщені на сімдесяти шести (76) сторінках друкованого тексту, трьох(3) рисунків, однієї таблиці (1), висновків, сорока п'яти (45) літературних джерел, додатків та графічної частини.

Пояснювальна записка бакалаврської кваліфікаційної роботи містить наступні розділи:

Вступну частину;

Конструктивно-функціональних характеристик стрічкових конвеєрів;

Технічний розрахунок та проектування стрічкового конвеєра;

Охорона праці;

Техніко-економічні розрахунки.

Ключові слова: конвеєр, стрічка, натяжний пристрій, привод, вантаж, провисання, продуктивність, ролик, барабан.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Шундрик Д.М.			РЕФЕРАТ		
<i>Перевір.</i>		Кадикало І.О.					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		Ловейкін В.С.					
<i>Затверд.</i>							
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
						5	76
					НУБіП України		

Вступ

Серед різноманіття транспортних засобів, що використовуються для переміщення сипких матеріалів, особливе місце займають стрічкові конвеєри, які завдяки своїй конструктивній простоті, надійності та гнучкості в експлуатації забезпечують високий рівень ефективності у промислових умовах. Їх застосування особливо актуальне в агропромисловому секторі, де транспортування зернової маси відбувається з інтенсивною періодичністю, а вимоги до безперервності та швидкості переміщення є ключовими.

Стрічкові конвеєри дозволяють здійснювати переміщення великої кількості матеріалу на значні відстані без втрати продуктивності. Вони забезпечують мінімальні витрати енергії на одиницю транспортування та можуть адаптуватися до різноманітних схем прокладання транспортної лінії, у тому числі з урахуванням висотних перепадів. Завдяки простоті технічного обслуговування та доступності компонентів, цей тип обладнання отримав широке впровадження не тільки на підприємствах з переробки зернових культур, а й у суміжних галузях: комбікормовому виробництві, елеваторних комплексах, портах, на складах та у логістичних центрах.

Однак у процесі інтенсивної експлуатації стрічкових конвеєрів виникає низка технічних проблем, які вимагають відповідного інженерного підходу до їх попередження або усунення. Найбільш поширеними дефектами є порушення натягу стрічки, зношення опорних роликів, розшарування стрічки внаслідок надмірних механічних навантажень, а також вихід з ладу привідного барабана через перевищення допустимого крутного моменту. Крім цього, серед причин збоїв у роботі системи також фіксуються недосконалість конструктивних з'єднань вузлів, недостатня герметизація у місцях передачі руху, забруднення вузлів тертя та неякісне обслуговування опорних

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шундрик Д.М.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					6	76
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Ловеїкін В.С.						
Затверд.								

поверхонь.

Для підвищення надійності та довговічності функціонування стрічкових транспортерів, доцільним є впровадження розрахунково-аналітичного підходу на етапі проєктування, що включає попередню оцінку експлуатаційного навантаження, оптимізацію геометричних параметрів елементів системи, а також врахування специфіки зернового матеріалу щодо його фракційності, вологості та сипкості. Всі ці чинники безпосередньо впливають на швидкість зношення окремих частин конструкції, особливо при тривалому навантаженні в умовах обмеженої вентиляції чи підвищеної вологості середовища.

У порівнянні з альтернативними видами транспортувального обладнання, такими як шнекові або ланцюгові транспортери, стрічкові системи характеризуються більш щадним режимом обробки зернового матеріалу, що особливо важливо при роботі з продукцією, схильною до дроблення. Крім того, стрічкові конвеєри демонструють вищу продуктивність при менших енерговитратах у разі транспортування на великі відстані або за горизонтальною траєкторією. Їхня універсальність дозволяє налаштовувати систему під потреби конкретного технологічного процесу, включаючи можливість модульного подовження або інтеграції у вже існуючу інфраструктуру.

У контексті сучасних викликів, пов'язаних із енергозбереженням, автоматизацією виробництва та зниженням експлуатаційних витрат, особливе значення має удосконалення конструкції стрічкових конвеєрів. Йдеться про впровадження енергоефективних електроприводів, використання зносостійких матеріалів у виготовленні стрічки та роликів опор, а також застосування інтелектуальних систем моніторингу технічного стану. Такий підхід дозволяє не лише продовжити ресурс функціонування обладнання, але й знизити ймовірність аварійних зупинок, що критично впливають на ритм роботи агропромислових підприємств.

Враховуючи вищеописане, розробка конструкції стрічкового конвеєра, оптимізованої для транспортування зернових матеріалів, є актуальним

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завданням з інженерної точки зору. Реалізація такого проєкту дозволить вирішити не лише питання ефективного переміщення продукції, а й забезпечить підвищення надійності та безперебійності виробничих процесів. Технічне удосконалення окремих вузлів транспортерної системи у межах даної кваліфікаційної роботи передбачає проведення морфологічного аналізу можливих конфігурацій, обґрунтування вибору конструктивних рішень, а також розрахункове підтвердження працездатності запропонованої моделі з урахуванням вимог агропромислового комплексу.

Таким чином, результатом даної роботи має стати створення інженерно обґрунтованої моделі стрічкового конвеєра, адаптованої до експлуатаційних умов переміщення зернових матеріалів, що дозволить поліпшити загальні показники ефективності транспортних процесів у аграрній галузі.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Розділ 1

КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

Загальні принципи побудови стрічкових транспортних систем

Стрічкові транспортери відіграють ключову роль у забезпеченні безперервного переміщення сипучих, кускових або пакетованих вантажів у межах виробничих, агропромислових, будівельних і логістичних об'єктів. Їхня конструкція є результатом поєднання функціональних вимог, технічних можливостей та експлуатаційних обмежень, що формують комплексну систему з чіткою логікою побудови. Основні принципи побудови стрічкових конвеєрів охоплюють організацію робочого потоку, забезпечення стабільної передачі тягового зусилля, рівномірного навантаження, захисту конструктивних елементів від перевантаження та забезпечення довговічності роботи.

Функціональна схема будь-якого стрічкового конвеєра формується навколо центрального елемента — транспортувальної стрічки, яка служить для переміщення вантажу та одночасно виконує функцію тягового елемента. Стрічка встановлюється на опорні ролики, які забезпечують її стійке положення, знижують тертя та підтримують форму в процесі руху. Роликові опори розміщуються з обох боків траси руху — у верхній і нижній частинах, утворюючи нерозривну кільцеву систему.

Живлення транспортера здійснюється за допомогою привідного вузла, що включає електродвигун, редуктор або клинопасову передачу та приводний барабан. Привідний барабан передає обертальний момент на стрічку шляхом тертя між його обшивкою та стрічковою поверхнею. Від якості зчеплення у

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шундрик Д.М.			КОНСТРУКТИВНО- ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					9	76
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								

цій зоні залежить ефективність усього процесу транспортування.

Протилежний кінець конвеєра обладнано натяжним пристроєм, що стабілізує ступінь натягу стрічки. Це дозволяє компенсувати її подовження, що виникає внаслідок температурних коливань, навантажень або зносу. Натяжний вузол може бути гвинтового або вантажного типу, залежно від умов експлуатації та довжини конвеєра.

Один з базових принципів побудови — це забезпечення синхронної взаємодії між всіма складовими механізму. Конструкція кожного елемента — від роликів і підшипників до рами і огорожень — повинна бути узгоджена із загальною механічною схемою та не створювати додаткового навантаження чи збоїв у роботі. Наприклад, розміщення роликів на ділянках з великою масою вантажу виконується з меншою міжосьовою відстанню для покращення розподілу тиску на стрічку.

Особливу увагу в проектуванні стрічкових конвеєрів приділяють конфігурації траси — прямолінійній, похилій або ламано-похилій. Це впливає на вибір типу стрічки, потужність приводу, кількість і розташування опорних конструкцій. Наприклад, транспортування зернових матеріалів на елеваторах часто супроводжується потребою у переміщенні на значну висоту під гострим кутом, що обумовлює необхідність використання стрічок з профільованою поверхнею або перегородками.

Другою ключовою складовою при побудові стрічкової системи є вибір типу і характеристик стрічки. Її параметри — ширина, товщина, матеріал покриття, наявність армування — безпосередньо впливають на можливість транспортування певних вантажів за конкретних умов. Для аграрного сектору, де переважають сипучі продукти з відносно низькою питомою вагою, використовують стрічки з гумовотканинною основою, які поєднують гнучкість, зносостійкість та антикорозійні властивості.

Ключовим технічним аспектом є організація системи розвантаження та завантаження. Зазвичай для завантаження вантажу на стрічку використовується воронкоподібний бункер, обладнаний направляючими

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

кожухами, які запобігають розсипанню. У зоні розвантаження передбачають розвантажувальні лійки або спеціальні штовхальні пристрої, здатні змінювати напрямок скидання матеріалу.

Важливою складовою будь-якої стрічкової системи є система захисту від перевантажень і аварійних ситуацій. Зокрема, встановлюються датчики контролю відхилення стрічки від центральної осі, системи зупинки при заклинюванні роликів, кінцеві вимикачі та аварійні кнопки. Також враховується необхідність у регулярному змащуванні рухомих елементів та можливості їх швидкої заміни.

Розміщення стрічкового транспортера у виробничому середовищі потребує врахування просторових обмежень, допустимого навантаження на конструкції перекриттів, доступності для обслуговування та дотримання санітарно-технічних норм. Для зовнішніх установок також враховують вплив атмосферних чинників, особливо при транспортуванні аграрної продукції в умовах підвищеної вологості або пилової концентрації.

Загальний принцип проектування стрічкових конвеєрів передбачає оптимізацію взаємодії між енергетичними, механічними та геометричними параметрами з урахуванням специфіки переміщуваного матеріалу. Конвеєр має функціонувати у стабільному режимі, з мінімальним втручанням персоналу, демонструючи високу продуктивність при низькому рівні зношування вузлів.

У процесі створення стрічкового конвеєра враховуються також економічні аспекти. До них належать витрати на виготовлення, встановлення та експлуатацію, строк служби основних компонентів і можливості модернізації. У випадках, коли планується використання в багатозмінному режимі, доцільно підвищити потужність приводу та застосувати стрічки з підвищеною термостійкістю та механічною міцністю.

Структурні компоненти та їх роль у роботі конвеєра

Стрічкові конвеєри, як основна ланка систем безперервного транспортування сипких і штучних вантажів, мають у своєму складі низку

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

конструктивних елементів, кожен з яких виконує строго визначену функцію в загальному механізмі переміщення матеріалів. Глибоке розуміння структурних компонентів стрічкового транспортера є ключовим аспектом при його проєктуванні, модернізації чи технічному обслуговуванні.

Насамперед варто звернути увагу на стрічку транспортера, яка є основним робочим органом, що безпосередньо контактує з переміщуваним вантажем. Її конструкція, ширина, матеріал виготовлення, міцність на розрив і зносостійкість визначають діапазон допустимих навантажень, види транспортувальних матеріалів та ефективність транспортування. Від якості стрічки залежать як надійність роботи всієї системи, так і експлуатаційний ресурс обладнання в цілому.

Іншою критично важливою складовою є приводна станція, яка забезпечує обертання барабана, що переміщує стрічку. У цю групу входять електродвигун, редуктор, зчеплення та сам приводний барабан. Електродвигун відповідає за створення крутного моменту, який через трансмісію передається на барабан. Надійна робота приводного вузла визначає стабільність руху стрічки та дозволяє адаптувати систему під різні режими навантаження.

Приводний барабан, як правило, встановлюється на підшипникових вузлах і виконує роль елемента, що безпосередньо зчіплюється зі стрічкою. Задля підвищення коефіцієнта тертя між стрічкою і барабаном його поверхня може бути оброблена гумовим покриттям або мати рифлення. Зношення цього елемента знижує ефективність приводу, що потребує регулярного контролю.

Направляючі та опорні ролики забезпечують підтримку і спрямування стрічки по заданій траєкторії. Їхнє розміщення визначається розрахунком навантаження і деформацій. Опорні роликоопори на прямолінійних ділянках запобігають провисанню стрічки, тоді як відхильні ролики та направляючі вузли підтримують траєкторію на поворотах або ухилах. Несправність роликів призводить до дестабілізації роботи транспортера.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Розвантажувальні та завантажувальні пристрої також мають важливе значення. Вони формують потік матеріалу на стрічці та забезпечують його рівномірне розвантаження в потрібних точках технологічної лінії. Нерівномірне завантаження може спричинити нерівномірне зношування стрічки та перевантаження окремих вузлів.

Наступним компонентом є натяжна станція, яка забезпечує оптимальну силу натягу стрічки з урахуванням її розтягування під навантаженням і температурними змінами. Натяжний пристрій може бути гвинтового, вантажного або гідравлічного типу. Його стабільна робота дозволяє уникнути пробуксовки стрічки на барабанах та зменшує навантаження на привод.

Крім основних елементів, у конструкцію стрічкового конвеєра можуть входити допоміжні компоненти, такі як системи очищення стрічки, запобіжні механізми, датчики контролю, напрямні щити та обмежувачі швидкості. Очисники стрічки розташовуються за приводним барабаном і запобігають налипанню матеріалу, що продовжує термін служби стрічки та зменшує навантаження на роликові опори.

Також важливу роль відіграє каркас конвеєра, що виконує функцію опорної конструкції для розміщення всіх основних вузлів. Каркас має бути жорстким, стійким до деформацій і корозії, особливо при використанні конвеєрів у відкритих умовах або в агресивному середовищі. Для цього застосовують профілі зі сталі з антикорозійним покриттям або нержавіючі матеріали, залежно від умов експлуатації.

Додаткову функціональність забезпечують блоки контролю і керування, що дозволяють здійснювати дистанційний запуск, зупинку, регулювання швидкості стрічки та контроль параметрів навантаження. Це значно підвищує рівень автоматизації роботи та дає змогу оперативно реагувати на несправності або перевантаження системи.

Ще одним елементом, без якого не може повноцінно функціонувати стрічковий конвеєр, є захисні кожухи та елементи безпеки, які запобігають попаданню сторонніх предметів у робочі механізми, а також уберігають

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

обслуговуючий персонал від травм. Сюди входять аварійні вимикачі, обмежувачі перевантаження, сигнальні пристрої.

Кожен структурний елемент стрічкового транспортера відіграє свою чітко визначену роль і взаємодіє з іншими складовими в межах єдиної технологічної системи. Втрата функціональності або відмова будь-якого з них призводить до зниження ефективності всієї установки або її повної зупинки. У цьому зв'язку технічне обслуговування, діагностика та своєчасна заміна зношених елементів є необхідною умовою стабільної роботи обладнання.

Комплексне урахування специфіки роботи кожного компонента дозволяє забезпечити не тільки надійність і довговічність функціонування конвеєра, але й оптимізувати його під конкретні умови виробничого процесу. У ході проектування інженер має визначити перелік основних елементів системи, адаптувати типові рішення до потреб виробництва, врахувати габарити, види навантажень, продуктивність, специфіку транспортувального матеріалу та особливості розміщення агрегатів у виробничому просторі.

Класифікація стрічкових конвеєрів за функціональним призначенням

Для забезпечення ефективного переміщення матеріалів у різноманітних умовах експлуатації конвеєрні системи проектуються з урахуванням функціонального призначення, що, в свою чергу, обумовлює їхню конструктивну специфіку. Визначення типу конвеєра за критерієм функціональної задачі є одним із ключових підходів при розробці технічного проекту, адже саме від цього залежить вибір конструкційної схеми, типу стрічки, приводу, опорної системи та додаткового обладнання.

Функціональна класифікація стрічкових конвеєрів базується на технологічних задачах, які вони мають виконувати у конкретному виробничому середовищі. Першою групою виступають конвеєри загального призначення, які забезпечують транспортування вантажів у стандартних умовах. Їх конструкція, зазвичай, не потребує спеціалізованих елементів для забезпечення додаткових функцій, таких як зважування, сортування чи

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

накопичення матеріалу. Вони використовуються на промислових підприємствах, елеваторах, у гірничій, металургійній і будівельній галузях.

Інша категорія — це спеціалізовані стрічкові транспортні системи, що призначені для виконання додаткових операцій або роботи в умовах, які відрізняються від стандартних. До них належать похилі та вертикальні конвеєри, які використовуються в умовах обмеженого простору, зокрема на складах та виробничих дільницях зі складною геометрією приміщення. Також сюди можна віднести конвеєри з хвильовим профілем стрічки або з бортами, які дають змогу транспортувати матеріали на крутих підйомах без просипання.

Окрему увагу слід приділити класифікації за ознакою ступеня автоматизації. Розрізняють традиційні механічні системи з ручним керуванням та автоматизовані стрічкові конвеєри, які інтегруються у логістичні комплекси з використанням датчиків, контролерів і програмованих систем управління. Автоматизовані системи значно підвищують ефективність внутрішньоцехового транспорту, особливо в умовах великого обсягу виробництва або на підприємствах із високим рівнем стандартизації процесів.

У класифікаційному підході важливо також враховувати конструктивні особливості. Наприклад, за формою каркасу та опорної рами конвеєри можуть бути стаціонарними або мобільними. Перші використовуються в постійно діючих технологічних лініях, другі — у випадках, коли потрібно забезпечити тимчасове або сезонне переміщення сировини. Також в межах цієї класифікації варто виокремити телескопічні варіанти, що дозволяють змінювати довжину транспортної магістралі без зміни її основної структури.

Існує поділ і за характером оброблюваного матеріалу. Стрічкові транспортні системи, які призначені для зерна, мають мати конструкцію, що мінімізує ушкодження продукту та зменшує його втрати під час транспортування. Для руд, каменю або будівельних матеріалів конвеєри проектують із урахуванням абразивності та великої питомої маси вантажу. Це передбачає використання армованих стрічок, посиленних опорних конструкцій і більш потужних приводів.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Класифікація також охоплює температурні та середовищні умови експлуатації. Для роботи на відкритому повітрі або в умовах агресивного середовища (наприклад, у хімічній промисловості) передбачаються конвеєри з антикорозійним захистом, герметизацією елементів та спеціальними матеріалами стрічки. У вибухонебезпечних зонах застосовують системи з антистатичними властивостями та іскробезпечними приводами.

Функціональне призначення безпосередньо пов'язане з конфігурацією стрічкового маршруту. Прямолінійні транспортні системи переважають при простому переміщенні вантажів між двома точками. Водночас, коли виникає потреба у зміні напрямку, висоти або включенні проміжних технологічних етапів, використовують комбінації з криволінійними, зламаними або кільцевими траєкторіями.

Окремий тип — це сортувальні стрічкові системи, які функціонують у складі автоматизованих складів або поштових терміналів. Вони відрізняються наявністю додаткових механізмів — таких як штовхачі, перекидачі чи приводи бокового виводу. Такі конвеєри вимагають точного позиціонування вантажу та синхронізації роботи з іншими елементами логістичного комплексу.

У сільському господарстві активно використовують стрічкові системи з регульованою швидкістю, що дає змогу адаптувати транспортні потоки до зміни продуктивності очисних машин або сушильних агрегатів. Конвеєри для тваринницьких господарств проектують із урахуванням специфіки кормових сумішей та потреби у легкому очищенні.

Важливо також виокремити модульні стрічкові конвеєри, що збираються із уніфікованих секцій. Такі системи дають змогу швидко модифікувати або ремонтувати лінію без демонтажу всієї установки. Модульність особливо корисна у виробництві з частою зміною технологічних вимог.

Технічні критерії ефективності стрічкового конвеєра

У сучасних умовах інтенсифікації виробничих процесів стрічкові транспортні системи посідають важливе місце у забезпеченні безперервного

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

переміщення матеріалів. Одним із ключових аспектів їх впровадження є визначення технічної ефективності, яка безпосередньо залежить від конструктивної досконалості, стабільності роботи механізмів, довговічності деталей та надійності вузлів. Стрічкові конвеєри, як механізовані системи переміщення сипучих, штучних та пакетованих вантажів, мають бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити мінімальні витрати енергії, стабільну продуктивність і мінімальні простой через технічні несправності.

Для об'єктивного оцінювання продуктивності транспортного обладнання необхідно враховувати низку технічних критеріїв, серед яких провідне місце займають енергоефективність, коефіцієнт технічного використання, ступінь зношування основних компонентів, інтервал між технічними обслуговуваннями та можливість оперативного усунення несправностей без демонтажу основних елементів. У системах стрічкового транспорту саме ці показники дозволяють визначити реальну ефективність у промисловому циклі.

Одним із пріоритетних параметрів ефективності вважається коефіцієнт експлуатаційної надійності, який характеризує стабільність роботи вузлів конвеєра при тривалому навантаженні. На практиці це означає, що механізм повинен забезпечувати транспортування матеріалу у встановленому режимі без виникнення аварійних ситуацій протягом визначеного періоду експлуатації. Порушення цього режиму часто пов'язане із недосконалістю конструкції приводу, недостатньою жорсткістю рами або зношуванням опорних роликів, що потребує своєчасного технічного аналізу та оптимізації.

Серед конструктивних елементів, які найбільше впливають на експлуатаційну ефективність, слід відзначити натяжний пристрій, привідний та натяжний барабани, роликоопори, стрічку, редуктор, підшипникові вузли. Кожен із зазначених вузлів виконує важливу функцію в забезпеченні безперервності транспортування. Наприклад, порушення геометрії барабанів або розбалансування роликів призводить до відхилення стрічки від осі руху, що зменшує ефективність системи та може спричинити її вихід з ладу.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим чинником надійної експлуатації є також рівень ремонтпридатності елементів. Це поняття охоплює не лише можливість заміни або ремонту вузла, а й легкість доступу до пошкоджених елементів без повного демонтажу обладнання. Для забезпечення високого рівня ремонтпридатності конвеєри проектуються з урахуванням модульного принципу складання, що дозволяє проводити заміну окремих вузлів у стислий термін, з мінімальними витратами часу та праці.

Оцінювання ремонтпридатності потребує врахування кількох складових: тривалості виконання ремонтних операцій, складності доступу до місць пошкодження, вимог до спеціального інструменту, а також рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу. Визначальним у цьому випадку є конструкторське рішення щодо компонування системи та вибору типу з'єднань між елементами.

З метою підвищення технічної ефективності стрічкових транспортерів на етапі проектування важливо закладати запобіжні рішення, що забезпечують захист вузлів від надмірних навантажень. До таких рішень належать обмежувачі навантаження, аварійні вимикачі, автоматичні системи натягу стрічки, а також регульовані опори, що компенсують нерівномірність розподілу навантаження на опорну раму.

Надійність системи в цілому формується за рахунок поєднання двох основних складових: конструктивної оптимізації та раціонального технічного обслуговування. У рамках обслуговування передбачаються планові перевірки, змащення підшипників, регулювання натягу стрічки, заміна зношених елементів, очищення роликів та перевірка електрообладнання. Виконання цих процедур без затримок суттєво знижує ризик незапланованих зупинок обладнання.

У технічному аспекті ефективність стрічкового транспортування також визначається стабільністю швидкісного режиму руху стрічки, допустимими рівнями вібрації під час роботи, рівномірністю подачі матеріалу та стійкістю елементів конструкції до динамічних навантажень. Зокрема, перевищення

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допустимого вібраційного порогу свідчить про втрату балансування або ослаблення кріплень, що потребує негайного втручання з боку обслуговуючого персоналу.

Крім технічних характеристик, важливу роль відіграють і експлуатаційні умови, такі як вологість повітря, рівень запиленості, температура середовища, тип транспортованого матеріалу. За несприятливих умов роботи, особливо в агресивному середовищі, варто передбачити застосування антикорозійного захисту металевих елементів, використання ущільнень підвищеної надійності та вибір матеріалів, що не піддаються передчасному старінню або руйнуванню.

Типові експлуатаційні несправності та шляхи їх конструктивного усунення

У процесі експлуатації стрічкових конвеєрів, які використовуються в аграрному, будівельному та промисловому секторах для транспортування сипких і штучних вантажів, з часом виникає низка характерних відмов та порушень у роботі, що прямо впливають на безперервність та ефективність виробничих процесів. Діагностика таких несправностей, а також технічне удосконалення конструкції з метою попередження повторного виникнення дефектів, є важливою складовою підвищення надійності та ремонтпридатності машин.

Найпоширенішими дефектами стрічкового транспортувального обладнання можна вважати зсув стрічки зі своєї осі руху, пошкодження несучої стрічки, зношення опорних роликів і приводних елементів, порушення натягу, а також надмірні вібрації й шуми при роботі агрегата. В основі більшості з цих проблем лежать конструктивні недоліки, нераціональні умови експлуатації або недостатнє технічне обслуговування.

Одним із ключових питань є неконтрольоване сходження стрічки з центру конвеєра, що спричиняється асиметричним зношенням роликів, перекосом рами або некоректним регулюванням натяжного механізму. Для запобігання цьому явищу доцільно передбачити конструктивне використання

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматичних центрирувальних пристроїв або встановлення регульованих натяжних вузлів з високим рівнем точності налаштування. Додатково ефективність підвищується за рахунок жорсткого дотримання осьової симетрії при монтажі.

Пошкодження транспортної стрічки, особливо при транспортуванні абразивних, гострокутних або липких матеріалів, виникає через недостатній опір стиранню поверхні або динамічні перевантаження. Для подовження ресурсу стрічки рекомендується впровадження армованих багатошарових стрічок з підвищеною механічною міцністю або заміна полімерного складу на більш зносостійкий. При цьому необхідно враховувати відповідність вибраного матеріалу робочим умовам, зокрема температурі, вологості та хімічному складу середовища.

Зношування опорних елементів, таких як роликоопори, виникає внаслідок впливу вологи, пилу, перевантажень, а також відсутності регулярного мастила або нещільного з'єднання. З метою продовження строку служби підшипників рекомендується використовувати герметичні ролики з захистом від зовнішнього забруднення, а також автоматизовані системи змащування. Крім того, доцільно проводити регулярну ревізію стану осей роликів, контролюючи радіальне биття й ступінь зносу.

Недостатнє або надмірне натягнення стрічки є ще однією причиною передчасного зносу та несправностей. Якщо натяг є слабким, виникає пробуксовування приводу, при надлишковому — зростає навантаження на вали й підшипники. Удосконалення конструкції натяжних пристроїв, зокрема впровадження пружинних або гідравлічних натяжників з автоматичним регулюванням, забезпечує оптимальні умови роботи стрічки та знижує ризик поломок.

Вібрації й шум, що перевищують допустимі межі, зазвичай свідчать про незбалансованість приводного барабана, нерівномірний знос стрічки або розрегулювання опорної системи. Усунення таких проблем передбачає встановлення балансувальних противаг, регулярне вирівнювання геометрії

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рами та діагностичне обстеження приводного електродвигуна на предмет невідповідностей обертального моменту. Також важливо контролювати амортизацію опор і при потребі посилювати кріплення.

Окрім механічних поломок, певні збої можуть бути спричинені електротехнічними відмовами у системі керування. Нерідко порушення сигналу від датчиків кінцевого положення, збої в роботі частотних перетворювачів або коротке замикання в ланцюгах призводять до зупинки конвеєра. Оптимізація електронної частини передбачає впровадження діагностичних модулів і резервних схем керування, що забезпечують стабільну роботу навіть у разі часткової відмови одного з елементів.

Ще одним розповсюдженим дефектом є накопичення матеріалу у зонах вивантаження або під стрічкою, що викликає перевантаження приводу та поступове пошкодження опорних конструкцій. Розв'язання цього завдання пов'язане з установкою ефективних очисних пристроїв, зокрема скребкових або щіткових систем, а також регулярним очищенням поверхонь шляхом продування або механічного згрібання залишків.

Комплексна профілактика збоїв в експлуатації стрічкових конвеєрів передбачає не лише своєчасне технічне обслуговування, а й удосконалення конструктивних рішень у вузлах підвищеного навантаження. Перехід до модульного принципу компонування дозволяє швидко змінювати окремі елементи без демонтажу всього агрегату, що значно скорочує час простою та полегшує ремонт. Вибір стандартизованих вузлів також сприяє уніфікації запасних частин і здешевленню обслуговування.

Важливу роль у зниженні аварійності відіграє автоматизація процесів контролю з використанням датчиків температури, вібрації, натягу стрічки та навантаження на привід. Такі системи можуть бути інтегровані у цифрову платформу моніторингу, що дозволяє персоналу своєчасно реагувати на відхилення від норми та запобігати серйозним відмовам.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підсумок

У процесі створення стрічкового конвеєра важливим є застосування системного підходу до його техніко-економічного обґрунтування. Проектування такої транспортної системи базується на багаторівневому аналізі умов експлуатації, технічних характеристик, передбачуваних навантажень, а також на детальному розрахунку кожного конструктивного елемента. При цьому ключовим моментом виступає оптимальне поєднання показників надійності, безпеки, енергоефективності та ремонтпридатності. Конструкція повинна відповідати конкретним умовам галузі, де вона застосовуватиметься, враховуючи специфіку технологічного процесу, агресивність середовища, тривалість навантаження і режим роботи обладнання.

Ретельний підбір усіх складових частин, включаючи опорні вузли, приводні станції, стрічкове полотно, а також системи підтримки, натягу і очищення, проводиться з урахуванням як робочих параметрів, так і граничних експлуатаційних умов. Саме дотримання логіки побудови конвеєрної системи забезпечує узгодженість між окремими компонентами та створює передумови для їх ефективної взаємодії в умовах промислового середовища. Послідовне виконання етапів проектування дозволяє запобігти несумісності або перевантаження окремих вузлів, що потенційно може призводити до збоїв або передчасного зносу конструкції.

Повне розуміння принципу дії та архітектури стрічкового транспортерного комплексу дозволяє сформулювати технічне завдання на більш високому рівні деталізації. Це, у свою чергу, сприяє правильному вибору типорозміру вузлів, геометричних і кінематичних параметрів, а також дозволяє врахувати важливі аспекти подальшого монтажу, налагодження та введення в експлуатацію. Будь-яка помилка на початковій стадії конструкторського опрацювання здатна суттєво вплинути на стабільність та економічність функціонування усього комплексу.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Слід наголосити, що ефективність транспортування матеріалів за допомогою стрічкових систем залежить від відповідності обраної конструкції характеру продукції, яку необхідно переміщувати. Наприклад, для сипких, абразивних або вологих вантажів доцільним є застосування спеціальних покриттів стрічок, герметичних кожухів або додаткових механізмів захисту. Крім цього, продуктивність системи транспортування визначається швидкістю руху стрічки, шириною полотна, частотою завантаження, що має бути синхронізоване з іншими елементами виробничої лінії. Вибір варіанту конструкції залежить від великої кількості змінних параметрів, включаючи технічні обмеження на розміщення обладнання, допустимі рівні вібрації, шуму, температури та запиленості.

Застосування новітніх матеріалів при виготовленні стрічок та елементів каркасу значно підвищує довговічність і зменшує масу конструкції, що позитивно впливає на енерговитрати і динамічне навантаження на привід. Крім того, впровадження систем автоматизованого контролю, діагностики та регулювання параметрів у реальному часі забезпечує виявлення ознак зношення або збоїв у роботі на ранніх стадіях, що сприяє уникненню аварійних ситуацій і знижує витрати на ремонт.

На практиці велике значення має не лише первинний розрахунок навантажень, але й врахування впливу короткочасних пікових перевантажень, наприклад, при пуску або раптовій зупинці. Конструкція приводу має бути здатною витримувати динамічні навантаження з урахуванням моменту інерції рухомих частин. Доцільно застосовувати плавний пуск, захисні муфти, гальмівні пристрої, які забезпечують поступовий розгін стрічки без різких стрибків навантаження на підшипники та вали.

Особливу увагу при конструюванні слід приділяти питанню технічного обслуговування. Всі вузли, що піддаються зносу, повинні мати легкий доступ для огляду, очищення або заміни. Універсальність деталей і модульність конструкції дозволяють спростити процедури ремонту, а також знизити вартість експлуатації. Надійність системи визначається не лише якістю

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

окремих компонентів, але і загальною логікою побудови, яка повинна забезпечувати безперервність процесу транспортування впродовж тривалого часу.

З технічної точки зору, стрічковий конвеєр — це складна взаємопов’язана система, де кожен вузол виконує специфічну функцію, що впливає на загальну працездатність. Навіть незначні відхилення у встановлених допусках, порушення умов змащення або регламенту обслуговування можуть стати причиною прогресуючого виходу з ладу. Тому важливо не лише коректно розрахувати конструкцію на стадії проєктування, але й забезпечити впровадження інструкцій з експлуатації, що враховують типові несправності та передбачають заходи з їх своєчасного усунення.

Ефективність усунення типових збоїв у роботі конвеєра тісно пов’язана із конструктивними вдосконаленнями. Застосування сучасних методів проєктування, зокрема чисельного моделювання навантажень, а також адаптація конструкції до умов конкретного виробництва, дозволяє зменшити частоту відмов, продовжити ресурс експлуатації та підвищити рівень безпеки праці обслуговуючого персоналу. Вдосконалення систем очищення, підвищення корозійної стійкості, інтеграція пристроїв вібраційного контролю — це практичні рішення, що позитивно впливають на експлуатаційні характеристики.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2

ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Для проведення повноцінного інженерного розрахунку конструкції стрічкового транспортера з підвісною стрічкою, що передбачається до застосування в аграрному виробництві, насамперед слід сформулювати повний набір параметрів, які характеризують як тип вантажу, так і умови функціонування устаткування. Вихідна інформація подається з урахуванням технологічної доцільності проектування системи для транспортування зернових культур, зокрема зерна пшениці, кукурудзи або подібної сипучої маси.

Першочергово встановлюється категорія транспортувального матеріалу. У межах даного технічного завдання передбачається переміщення зернового сипучого вантажу, що, відповідно до класифікації, належить до групи органічних продуктів рослинного походження з помірно абразивністю, порівняно стабільною формою частинок та відносно постійною фракційною масою. Це дозволяє припустити, що кут природного укосу вантажу в динамічному стані, тобто під час переміщення, буде дещо відрізнятися від аналогічного показника у стані статичної рівноваги.

Під час проектування слід розрізняти значення кута природного укосу зерна в двох режимах: у русі та у спокої. Ці показники безпосередньо впливають на ухвалення рішення щодо форми жолоба, геометрії стрічкового полотна, розміщення роликів, а також оптимального вибору кута нахилу транспортера відносно горизонталі. Орієнтовно, згідно з довідковими матеріалами, для зернових культур зазначені значення коливаються в межах

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Шундрик Д.М.			ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА		
Перевір.		Кадикало І.О.			Літ.	Арк.	Аркушів
Реценз.						25	76
Н. Контр.		Ловейкін В.С.			НУБіП України		
Затверд.							

28–32° для нерухомого стану, та можуть бути зменшені до 15–25° у динамічному режимі подачі.

Для виконання розрахунків також фіксується щільність сипучого матеріалу — важлива фізико-механічна величина, яка враховується під час обчислення масового потоку на стрічці. Насипна щільність зерна у середньому становить 0,75–0,85 т/м³. Цей показник є одним із ключових при визначенні продуктивності конвеєра, оскільки через нього встановлюється фактична маса, яку транспортує обладнання за одиницю часу.

Щодо показника необхідної продуктивності конвеєра, він обумовлюється вимогами виробничого процесу на підприємстві. З урахуванням середньостатистичного навантаження, що формується при переміщенні зерна від пункту приймання до зон зберігання чи первинної обробки, закладається орієнтовне значення продуктивності на рівні 450 тонн на годину. Ця величина є типовою для об'єктів середнього масштабу в аграрному секторі та забезпечує достатній рівень логістичної швидкодії без надмірного перевантаження системи.

Довжина горизонтальної ділянки конвеєра встановлюється відповідно до конфігурації виробничої площадки. Для даного технічного рішення приймається орієнтовна протяжність стрічкового обладнання на рівні 25 метрів, що забезпечує оптимальне покриття між точками завантаження й розвантаження без потреби в надмірному подовженні або встановленні проміжних агрегатів подачі.

Кут нахилу траси конвеєра задається в межах допустимих величин, які визначаються залежно від кута природного укосу сипучої маси. Для зерна, відповідно до інженерних норм і досліджень, оптимальним вважається значення ухилу до 20°, що дозволяє забезпечити безперебійне переміщення без ризику зворотного скочування продукту. Кут нахилу безпосередньо впливає на розрахунок тягового зусилля, а також визначає необхідну потужність приводу стрічкового механізму.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Умови експлуатації приймаються як середні, що передбачає роботу обладнання в приміщеннях або під навісами, з обмеженим впливом агресивного середовища. Температурний режим відповідає типовим умовам сільськогосподарського виробництва в Україні — від +5 °С до +35 °С. При таких параметрах передбачається використання стрічки з помірним зносостійким покриттям, а також стандартної схеми ущільнення підшипникових вузлів.

Розрахунок допустимого кута нахилу стрічкового конвеєра, що транспортує сипкий вантаж, зокрема зернову продукцію, базується на урахуванні фізико-механічних характеристик переміщуваного матеріалу, а також контактних умов між вантажем і робочою поверхнею стрічки. Основоположним параметром у даному випадку виступає кут природного укусу шару матеріалу, що може змінюватися в залежності від динамічного або статичного стану середовища. При розгляді транспортного процесу в умовах руху вантажу, значення кута природного укусу становить близько 30°, але з урахуванням динамічного коефіцієнта, що відображає зміну форми насипу при русі, воно коригується з використанням емпіричного множника, наприклад 0.6. Таким чином, ефективний кут укусу в умовах транспортування може бути представлений у вигляді:

$$\varphi = 0.6 \times 30^\circ = 18^\circ.$$

Паралельно з оцінкою кута укусу визначається коефіцієнт тертя сипучого середовища (зерна) по поверхні транспортної стрічки. За умови використання прогумованої робочої поверхні, яка встановлюється з метою забезпечення стійкості вантажу та запобігання його осипанню при нахилі, приймаються значення коефіцієнтів тертя для стану спокою та стану ковзання. Зазвичай коефіцієнт тертя зерна по гумовій стрічці в спокійному стані знаходиться в межах 0.36–0.8, у той час як при русі він дещо знижується.

$$f = (0,7 \dots 0,9)f_0, \quad f_0 = 0,8 * 0,55 = 0,44$$

Для цілей інженерної перевірки приймається мінімальне розрахункове значення, що гарантує безпечне транспортування матеріалу без втрат.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подальший розрахунок передбачає перевірку можливості транспортування сипкого матеріалу під заданим проектним кутом нахилу стрічки. Перевіряється, чи не перевищує цей кут допустиме значення, яке забезпечує стабільність шару вантажу на рухомій стрічці.

$$\rho' = \arctg f = \arctg 0,44 = 23,74.$$

$$\beta' = \rho' - 5^\circ = 23,74^\circ - 5^\circ = 18,74^\circ$$

У випадку, коли фактичний кут нахилу не перевищує кута тертя між вантажем та стрічкою, осипання матеріалу проти напрямку руху не відбувається, що підтверджує придатність конфігурації.

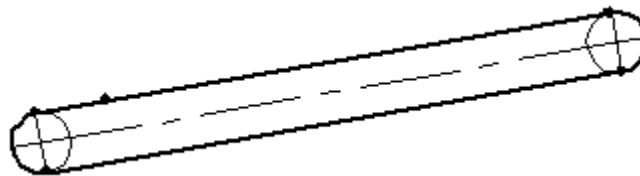


Рис. 2.1. Проектна схема конвеєра

Конструктивне компонування транспортного обладнання передбачає використання стрічки, як основного тягового елемента. В якості стрічки обрано армований прогумований бортовий варіант, який відповідає умовам експлуатації в середовищі з підвищеною вологістю та абразивністю. Для забезпечення стабільної роботи на робочій гілці встановлюється триопорна система підтримки у вигляді трьохроlikової опори, яка дозволяє рівномірно розподіляти навантаження та зменшує вібраційні коливання.

Приводна частина конвеєра реалізована на базі електродвигуна, який через редуктор передає обертальний момент на приводний барабан. Саме через цей елемент здійснюється розвантаження матеріалу, оскільки зерно під дією сили інерції та гравітації покидає стрічку в зоні виходу з приводу. Для регулювання натягу стрічки передбачено вантажний натяжний пристрій, що розташовується в зворотній гілці та забезпечує постійне притискання стрічки до опорних елементів, компенсуючи можливе видовження у процесі тривалої експлуатації.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

На підставі наявних початкових даних здійснюється побудова робочої схеми конвеєрного обладнання, де враховуються всі ключові параметри — загальна довжина транспортної лінії, висотні відмітки, геометрія нахилу та розміщення основних функціональних вузлів. Висота підйому конвеєра розраховується з урахуванням конструктивної схеми переміщення матеріалу та складає:

$$H=L \times \operatorname{tg}(\beta)=25 \times \operatorname{tg}(18^\circ)=7\text{м,}$$

де L — горизонтальна проекція довжини транспортної ділянки, β — кут нахилу стрічки.

Це дозволяє задати правильну компоновку обладнання у виробничому просторі та забезпечити необхідну логістику між окремими технологічними вузлами.

Для того, щоб забезпечити належний рівень транспортування сипких матеріалів у межах заданого виробничого процесу, необхідно здійснити точне визначення розрахункової продуктивності стрічкового конвеєра з урахуванням впливу коефіцієнтів, що враховують реальні умови експлуатації, зокрема: коефіцієнта нерівномірності завантаження матеріалом, коефіцієнта технічної готовності агрегату до роботи, а також коефіцієнта корисного використання обладнання в часовому аспекті. Лише сукупний облік усіх зазначених параметрів дозволяє отримати об'єктивну оцінку продуктивності, яка може бути досягнута при фактичному функціонуванні обладнання.

$$Q_p = Q \cdot \rho \cdot \frac{k_x}{k_y \cdot k_z} = 450 \cdot 0,8 \cdot \frac{1,2}{0,9 \cdot 0,96} = 500(\text{м} / \text{год})$$

$k_x = 1,2$ - коефіцієнт нерівномірності завантаження; $k_z = 0,96$ - загальний коефіцієнт готовності; $k_y = 0,9$ - коефіцієнт робочого використання конвеєра по часу

Одним з ключових етапів у цьому процесі є вибір раціонального значення швидкості переміщення стрічки, яке не повинно перевищувати рекомендовані межі, встановлені нормативним документом ГОСТ 22644-77.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з цим стандартом, допустимі значення швидкості мають наступний дискретний ряд: 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5 м/с. З урахуванням технічних характеристик сипкого матеріалу та потреби забезпечення безперебійного транспортування протягом заданого періоду часу, доцільно обрати швидкість переміщення стрічки, рівну $V=2,5$ м/с. Це значення дозволяє ефективно транспортувати значні обсяги зернових мас без перевантаження приводу та перевищення допустимих механічних навантажень на вузли конвеєра.

Наступним етапом після фіксації параметрів швидкості є визначення типу опори, яка буде встановлена під робочою гілкою стрічки. Оскільки мова йде про транспортування зернових культур, що класифікуються як матеріал із дрібною фракцією і сипкою структурою, найбільш доцільним буде застосування трьохроlikової жолобчастої опори. Вона забезпечує оптимальний розподіл маси вантажу по ширині стрічки та запобігає його осипанню під час руху. Кут нахилу крайніх роликів в даній конструкції становить 30° , що забезпечує необхідний профіль жолобчастої стрічки.

Виходячи з попередньо обраної швидкості та характеристик вантажу, переходять до розрахунку ширини стрічки. Для цього застосовується аналітична залежність, яка враховує такі фактори, як продуктивність транспортування Q у тоннах на годину, швидкість стрічки V у метрах за секунду, насипну щільність вантажу γ в т/м^3 та коефіцієнт C , який залежить від кута природного укусу матеріалу на поверхні стрічки та її профілю. Для жолобчастої опори значення коефіцієнта C знаходиться у межах 450–655.

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q}{CV\gamma}} + 0,5 \right) = 1,1 \left(\sqrt{\frac{450}{600 \cdot 2,5 \cdot 0,8}} + 0,5 \right) = 0,97(\text{м})$$

За результатами розрахунків отримане значення ширини стрічки округлюється згідно з нормативними значеннями, які також регламентовані ГОСТ 22644-77. В стандартному ряді присутні такі значення: 300; 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400 мм. У нашому випадку з метою забезпечення

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

стабільної роботи та уникнення перевантажень обрано стрічку шириною $B=1000$ мм.

Відповідно до експлуатаційних умов (вологість, абразивність, температура середовища) та враховуючи властивості транспортуемого продукту (зерно пшениці), виконується підбір типу конвеєрної стрічки. Для даного технологічного завдання прийнято застосування гумотканинної конвеєрної стрічки типу 2 загального призначення згідно з вимогами ГОСТ20- 85. Дана стрічка складається з кількох текстильних прокладок, між якими розміщуються гумові шари. Попередньо приймаємо, що кількість текстильних прошарків складає $z=3$, при цьому кожна з прокладок має нормативну міцність $K_p=55\text{Н/мм}$ та товщину $\delta_{np} = 1,15$ мм.

Крім текстильної основи, важливу роль відіграє товщина гумового шару з робочого боку стрічки, оскільки саме ця частина піддається найбільш інтенсивному стиранню. Товщина обкладки з боку контакту з вантажем приймається $\delta_1=3\text{мм}$, а з тильної — $\delta_2=1\text{мм}$. Згідно з прийнятою системою маркування, технічне позначення обраної стрічки матиме вигляд: 2–1000–3–БКНЛ–65–3–1–Б за стандартом ГОСТ 20-85, де кожен елемент шифру містить закодовану інформацію про технічні характеристики стрічки.

Розрахунок маси одного погонного метра стрічки, що враховує її ширину (в метрах), кількість текстильних прошарків, товщини кожної з них, а також значення товщин гумових шарів. Даний параметр має вагоме значення при розрахунках навантаження на приводні барабани, натяжні пристрої та опорні ролики, а також дозволяє оцінити загальні енергетичні витрати на транспортування з урахуванням інерційних характеристик стрічки в динамічному режимі роботи.

$$q_{\text{г}} = 1,1B(\delta_1 + \delta_2 + z\delta_{np}) = 1,1 \cdot 1(3 + 1 + 3 \cdot 1,15) = 8,195(\text{кг} / \text{м})$$

де B – ширина стрічки, м; $\delta_1, \delta_2, \delta_{np}$ – товщини прокладок, мм; z – число тканинних прокладок.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Під час проектування стрічкових конвеєрів для транспортування сипких вантажів важливу роль відіграє правильний вибір типу роликоопор, визначення їхньої кількості та взаємного розташування, що безпосередньо впливає на стабільність руху стрічки та рівномірність розподілу навантаження. Враховуючи характер переміщуваного вантажу, було обрано трироликову жолобчасту конструкцію опори для вантажної гілки, яка забезпечує кращу стійкість і сприяє збереженню сипкого матеріалу в межах стрічки. Для зворотної, або холостої, гілки застосовується однороликова опора, що є достатньою за умов меншого навантаження.

Розміщення роликів по довжині транспортера регламентується кроком установки, який визначається з урахуванням навантаженості кожної гілки. Для вантажної гілки приймається міжопорна відстань 1,3 метра, що забезпечує достатню підтримку стрічки під час транспортування вантажу. У зоні завантаження, де динамічне навантаження значно вище через ударний характер дії падаючого матеріалу, цей крок зменшено вдвічі до 0,65 м.

$$l_x = 0,5 \cdot l_{zp} = 0,5 \cdot 1,3 = 0,65 \text{ м.}$$

У той же час, на холостій гілці, де навантаження мінімальне, допустима відстань між опорами подвоюється і становить 2,6 метра.

$$l_x = 2 \cdot l_{zp} = 2 \cdot 1,3 = 2,6 \text{ м}$$

Для всіх випадків застосовуються ролики діаметром 108 мм, які відповідають технічним умовам ГОСТ 22645-77. Зокрема, прийнято тип роликоопори Ж80-89, де цифра 80 відповідає ширині стрічки, а 108 – діаметру ролика.

Далі виконується розрахунок лінійного розподіленого навантаження від маси самої стрічки. Цей показник є одним з основних у загальному балансі сил, які діють на конвеєр. З урахуванням ширини стрічки 1 м та коефіцієнта, що враховує питомі навантаження в межах (8...10) Н/м.

$$q_z = (8 \div 10) \cdot g \cdot B = 10 \cdot 1 \cdot 9,8 = 98 \text{ (Н/м)}$$

Окремо визначаються розподілені навантаження, які виникають

						01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

внаслідок маси транспортуємого матеріалу, а також обертових частин роликкоопор, як для вантажної, так і для холостої гілок. Ці дані надалі враховуються під час розрахунку сили опору руху, що виникає в системі.

$$q_{\varepsilon} = \frac{g \cdot Q_p}{3,6V} = \frac{9,81 \cdot 500}{3,6 \cdot 2,5} = 681,25 (H / м)$$

$$q' = \frac{g \cdot G'_P}{l'} = \frac{9,81 \cdot 12,9}{1,3} = 97,24 (H / м)$$

$$q'' = \frac{g \cdot G''_P}{l''} = \frac{9,81 \cdot 10,2}{2,6} = 38,40 (H / м)$$

Загальне зусилля, необхідне для подолання опору руху стрічки, яка рівномірно навантажена матеріалом по всій довжині транспортера, розраховується за аналітичним виразом, який включає в себе ряд параметрів: довжину конвеєра, розподілені навантаження від вантажу, стрічки та опор, а також коефіцієнти тертя і додаткових опорів. Враховується також проекція довжини транспортера на горизонталь та вертикальні компоненти при похилому розташуванні конвеєра. Коефіцієнт урахування додаткових опорів вибирається у межах 2...5 залежно від конфігурації траси.

$$W = k_D \cdot L \cdot w(2q_{\text{л}} + q_{\varepsilon} + q'_P + q''_P) + (q_{\text{л}} + q_{\varepsilon}) \cdot H = 2 \cdot 24,45 \cdot 0,04(2 \cdot 98 + 681,25 + 97 + 38) + (98 + 681,25) \cdot 5,3 = 6109,986 (H)$$

Після визначення повного зусилля, необхідного для забезпечення усталеного руху системи, обчислюється номінальна потужність приводу. Розрахунок ведеться з урахуванням загальних втрат в механізмах приводу та запасу потужності, що необхідний для покриття пікових навантажень. Потужність електродвигуна визначається за формулою, яка включає в себе повне тягове зусилля та швидкість руху стрічки.

$$N = \frac{k_z \cdot W \cdot V}{1000 \cdot \eta} = \frac{1,15 \cdot 6109,986 \cdot 2,5}{1000 \cdot 0,85} = 20,67 (кВт)$$

В результаті розрахунків, із врахуванням типу вантажу (зернові культури), доцільно застосовувати електродвигун марки АІР180S4, який має потужність 22 кВт, що забезпечує частоту обертання 1500 об/хв.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Одним з важливих параметрів, що визначає надійність і довговічність роботи приводу, є максимальне натягнення набігаючої гілки стрічки. Це зусилля оцінюється із застосуванням логарифмічної залежності, що враховує кут охоплення стрічки навколо барабана та коефіцієнт тертя. У подальшому отримане значення порівнюється із допустимим розривним навантаженням стрічки для перевірки відповідності вимогам міцності.

$$S_{\max} = S_{\text{нб}} = \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} \cdot W \cdot k_3 = \frac{3,52}{3,52 - 1} \cdot 6109,986 \cdot 1,15 = 9814,77(\text{H})$$

Прийнята гумотканинна стрічка типу БКНЛ-65 має розривне зусилля 65кН, що суттєво перевищує розрахункове максимальне зусилля 8,5кН, а отже, вибір стрічки є обґрунтованим.

$$i \geq \frac{n \cdot S_{\text{нб}}}{k_m \cdot B} = \frac{10 \cdot 8550}{65 \cdot 1000} = 1,31$$

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

Розрахунок діаметра приводного барабана виконується з урахуванням значення натягу, ширини стрічки та типу тягового каркаса. Відповідно до нормативних вимог, для стрічки з тяговим каркасом міцністю 65 Н/мм, приймається коефіцієнт $a = 130$, на основі якого розраховується необхідний діаметр.

$$D = a \cdot k_B \cdot i = 130 \cdot 1 \cdot 3 = 390(\text{мм})$$

Приймаємо 400мм.

Відхиляючий барабан підбирається окремо, виходячи з меншої інтенсивності навантаження. Обидва діаметри затверджуються згідно з ГОСТ 22544-77.

$$D = a \cdot k_B \cdot i = 130 \cdot 0,8 \cdot 3 = 312(\text{мм})$$

Приймаємо 315мм.

Розрахунковий крутний момент, що виникає на валу приводного барабана. Цей показник безпосередньо залежить від повного тягового зусилля

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

та діаметра барабана і є основою для правильного вибору типорозміру редуктора.

$$M_{\text{тп}} = k_3 \cdot W \cdot \frac{D_{\epsilon}}{2} = 1,15 \cdot 6110 \cdot \frac{0,4}{2} = 1405,3(\text{Н} \cdot \text{м})$$

Усі параметри повинні бути погоджені між собою та відповідати фактичним навантаженням, що діють у системі при роботі з реальними матеріалами.

У процесі детального технічного аналізу роботи стрічкового конвеєра особливу увагу необхідно приділити тягловому розрахунку, який виконується на етапі перевірки працездатності транспортної системи в усталеному режимі експлуатації. У цьому контексті під усталеним розуміють рівномірний безперервний рух стрічки по всій трасі конвеєра без змін швидкості, різких навантажень чи зупинок. Основна мета тягового розрахунку полягає у визначенні загального зусилля, необхідного для подолання всіх опорів руху стрічки на її повній довжині. З цією метою використовується метод поетапного накопичення всіх діючих сил опору, які виникають у кожній зоні переміщення, починаючи від точки, де стрічка сходить з привідного барабана, і закінчуючи ділянкою, де вона знову на нього набігає.

Розрахунок здійснюється шляхом поділу всієї траси транспортування на окремі ділянки, які розрізняються між собою типом діючих опорів. Це можуть бути горизонтальні секції, похилі ділянки, місця завантаження або вивантаження матеріалу, а також поворотні секції або сегменти, де відбуваються зміни напрямку переміщення. На схемі (рис. 2.2) умовно представлено трасу, де кожену точку пронумеровано відповідно до послідовності руху стрічки. Відлік ведеться від точки виходу з привідного барабана, а всі наступні обчислення проводяться по всьому маршруту руху до завершальної точки.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

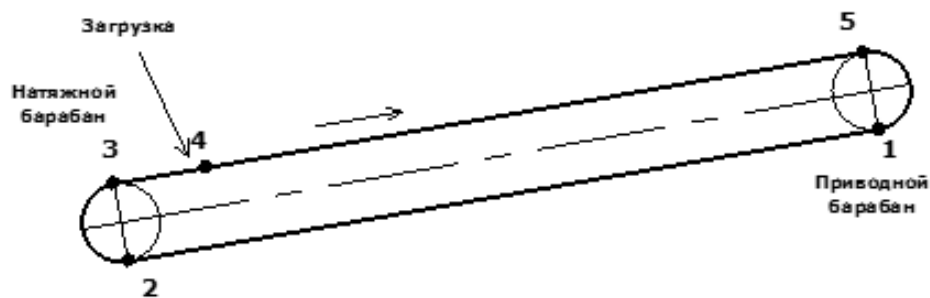


Рис. 2.2. Схема конвеєра для докладного тягового розрахунку

Використовуючи основні положення теорії фрикційних приводів, що характерна для класичних стрічкових систем, доцільно адаптувати цей підхід до аналізу навантажень і в системах, де транспортування здійснюється із застосуванням підвісок на напрямних трубах. У такому випадку ключовим етапом стає правильне визначення як розподілених, так і зосереджених сил, що протидіють руху транспортної стрічки. Серед чинників, що впливають на значення тягових зусиль, варто зазначити лінійні навантаження, швидкість переміщення, геометричні параметри конвеєра, а також характер матеріалу, що транспортується.

Напруження стрічки, яке виникає в різних точках траси, обчислюється з урахуванням дії комплексних сил опору. Зокрема, в точці завантаження стрічки на неї діє додатковий опір, що визначається як:

$$Sc\delta = S_1$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 + (q_x + q_p^n)L_{1-2}w - q_x H = S_1 + (98 + 38.4) \cdot 24.45 \cdot 0.04 - 98 \cdot 5.3 = S_1 - 386(H)$$

$$S_3 = (S_1 - 386)k = 1.07S_1 - 386(H),$$

де $k=1,07$ коефіцієнт огинання;

$$S_4 = 1.07S_1 - 386 + W_{заг}(H)$$

де $W_{заг}$ - опір в місці завантаження конвеєра:

$$W_{заг} = 0.1q_g \pi (v^2 + v_0^2) = 0.1 \cdot 3.14 \cdot 681.25 \cdot 2.5^2 = 1337(H)$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

де q_e - розподілена лінійне навантаження від вантажу, Н / м²; v - Швидкість руху стрічки, м / с; v_0 - Проекція швидкості руху часток вантажу при надходженні його на стрічку з завантажувального пристрою, м / с (вважаємо що $v_0=0$).

Матимемо:

$$S_4 = 1,07S_1 - 386 + 1337 = 1,07S_1 + 951(H)$$

$$S_5 = 1,07S_1 + 951 + W_{4-5}(H)$$

$$W_{4-5} = (q'_p + q_n + q_{сак})w \cdot L + (q_n + q_{сак}) = (97,24 + 98 + 68125) \cdot 0,04 \cdot 24,45 + (98 + 68125) \cdot 5,3 = 49872(H)$$

$$S_5 = 1,07S_1 + 49872(H)$$

З урахуванням того, що, $S_5 = S_1 \cdot e^{\mu\alpha}$, ($S_{нб} = e^{\mu\alpha} \cdot S_{сб}$) отримаємо:

$$1,84 \cdot S_1 = 1,07 \cdot S_1 + 4987,2$$

Звідки і відповідно, $S_1 = 2533(H)$, $S_2 = 2147(H)$, $S_3 = 2324(H)$, $S_4 = 3661(H)$, $S_5 = 7697(H)$

Результатом розрахунку є побудова діаграми натягу стрічки по всій довжині конвеєра (рис. 2.3), яка відображає коливання значень тяглових сил у залежності від положення на трасі. Ця діаграма служить основою для визначення необхідних параметрів приводного обладнання, правильного вибору типу натяжного пристрою, а також контролю допустимих меж напруги, що діє на стрічку. У разі перевищення критичних значень необхідно переглянути параметри траси або технологію завантаження.

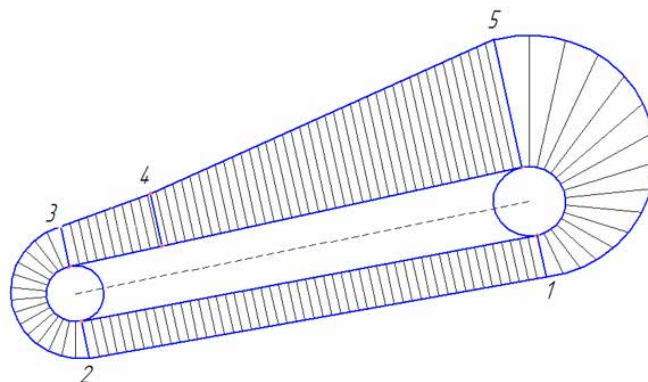


Рис. 2.3 Діаграма натягу стрічки

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

У процесі технічного аналізу роботи стрічкового конвеєра важливим є не лише визначення основних експлуатаційних характеристик, а й урахування динамічних навантажень, які виникають під час запуску обладнання. У цьому контексті ключовим параметром є максимальний натяг транспортної стрічки, який формується під впливом сил інерції, додаткових опорів руху та пружно-інерційної взаємодії стрічки з підвісними елементами конструкції. Розрахунок цього натягу дозволяє своєчасно передбачити необхідність застосування відповідних підсилювальних заходів у конструкції приводу та вибору стрічки із необхідним запасом міцності.

Для того щоб визначити граничне значення сили натягу стрічки при запуску конвеєра, необхідно розрахувати суму всіх компонентів, що впливають на її механічне навантаження. До основних складових входить натяг збігаючої вітки, який створюється натяжним пристроєм, та сили опору руху обох гілок конвеєра — верхньої (навантаженої) та нижньої (холостої).

$$S_{\text{пуск}} = S_{\Pi} + W_{\text{зп}}^{\Pi} + W_{\text{х}}^{\Pi} + \frac{a}{g} (2q_{\text{л}} + q_{\text{зп}} + q'_{\text{р}} + q''_{\text{р}}) + (1 + K_{\text{н}})L$$

де S_{Π} - пусковий натяг збігаючої вітки, створений натяжним пристроєм;

$$S_{\Pi} = (S_2 + S_3) \cdot 1,2 = (2147 + 2324) \cdot 1,2 = 5365(H)$$

При цьому зазначені сили мають бути розраховані з поправкою на пусковий коефіцієнт опору, що відображає збільшене навантаження в момент розгону приводу.

$$W_{\text{зп}}^{\Pi} = (W_{\text{зп}} + W_{4-5}) \cdot 1,2 = (1337 + 4987,2) \cdot 1,2 = 7589(H)$$

$$W_{\text{х}}^{\Pi} = W_{1-2} \cdot 1,2 = -386 \cdot 1,2 = -463,2(H)$$

Крім того, обов'язково враховується додаткове прискорення стрічки на початковому етапі запуску. Це прискорення пов'язане з інерційною характеристикою маси стрічки та транспортованого матеріалу, що створює додаткове розтягуюче зусилля по всій довжині стрічки.

$$a = B \cdot v \cdot \sqrt{\frac{\omega_{\Pi} \cdot \cos \beta + \sin \beta}{\varepsilon \cdot L}} = 0,13 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{\frac{0,4 \cdot 1,2 \cdot \cos 15 + \sin 15}{0,015 \cdot 25,45}} = 0,48(m/c^2)$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\omega_{II} = K_{II} \cdot \omega$; B - коефіцієнт, що враховує довжину конвеєра; ε - відносне подовження.

$$a_{max} = K_{II} \cdot g(f \cos \beta - \sin \beta) = 1,2 \cdot 9,81(0,45 \cos \beta - \sin \beta) = 2,2(m/c^2)$$

З метою врахування впливу довжини транспортного пристрою на характер пускових навантажень, до розрахунку вводиться спеціальний коефіцієнт, що позначається як B — він враховує довжину транспортної лінії. Цей коефіцієнт дозволяє більш точно оцінити вплив геометричних характеристик системи на зміну внутрішніх напружень у гнучкому тяговому елементі. Крім того, розрахунок передбачає визначення відносного подовження стрічки внаслідок дії навантажень. Цей параметр критично важливий при оцінюванні допустимих рівнів розтягування, оскільки надмірне подовження може призвести до втрати функціональності системи або навіть до розриву стрічки під час експлуатації.

Формули, які використовуються при обчисленні опору верхньої та нижньої гілок стрічки, доповнюються коефіцієнтами, що враховують динаміку запуску, масу переміщуваного вантажу, а також швидкість переміщення вантажу відносно стрічки. Важливо зазначити, що для оцінки швидкості надходження матеріалу із завантажувального пристрою приймається припущення, що його проекція на напрямок руху стрічки дорівнює нулю. Це означає, що фактична взаємодія вантажу зі стрічкою відбувається переважно у вертикальному напрямку, що суттєво спрощує розрахункову модель без зниження її точності в умовах реальної експлуатації.

Особливу увагу варто приділити перевірці умов, при яких вантаж залишається нерухомим відносно поверхні стрічки в момент її запуску. Це досягається за рахунок дотримання нерівності між величиною сили тертя та розрахунковим прискоренням.

$$a < a_{max}$$

У разі, якщо величина сили тертя, яка діє між транспортованим матеріалом та гумовою поверхнею стрічки, більша за силу, необхідну для

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прискорення матеріалу, то проскальзування не відбувається. Це дозволяє забезпечити безперервність руху вантажу разом із стрічкою, що критично важливо для запобігання просипанню матеріалу та збереження продуктивності системи.

$$S_{\text{пуск}} = S_{\Pi} + W_{\text{еп}}^{\Pi} + W_{\text{х}}^{\Pi} + \frac{a}{g} (2q_{\text{л}} + q_{\text{еп}} + q'_{\text{р}} + q''_{\text{р}}) \cdot (1 + 1,15)L = 5365 + 7589 - 463,2 + 0,48/9,81(2 \cdot 98 + 681,25 + 97,24 + 38,40) = 11307,36(H)$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Розділ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

Основи безпеки під час експлуатації стрічкових транспортерів

Експлуатація стрічкових транспортерів у промислових умовах передбачає виконання комплексу вимог щодо технічної безпеки, оскільки це обладнання належить до категорії механізмів із підвищеним рівнем потенційної небезпеки. Будь-яке порушення правил експлуатації або неврахування особливостей конструкції може призвести до небезпечних ситуацій, у тому числі з ризиком для життя та здоров'я працівників. У зв'язку з цим, організація безпечної роботи стрічкового конвеєра повинна будуватися на основі аналізу всіх можливих факторів, що впливають на технічну справність обладнання та умови його обслуговування персоналом.

З технічної точки зору, стрічковий транспортер являє собою механізовану систему, яка складається з низки елементів, таких як стрічка, роликоопори, приводна станція, натяжний пристрій, захисні кожухи, елементи очищення, опорні конструкції та засоби керування. Кожна з перелічених складових відіграє визначальну роль у забезпеченні надійності транспортування вантажу, однак одночасно є джерелом потенційної небезпеки в разі недотримання встановлених правил безпеки. Наприклад, стрічка, що рухається з великою швидкістю, може захопити частини одягу або інструменти, а відкриті обертові вали можуть спричинити травмування кінцівок.

Особливу увагу слід приділити технічному стану рухомих частин механізму, зокрема роликів і натяжних елементів, які перебувають під постійним механічним навантаженням. Знос цих компонентів, а також

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шундрік Д.М.			ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					41	76
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								

відхилення в їхній геометрії можуть викликати розбалансування системи, підвищення рівня вібрацій, а отже, і виникнення аварійної ситуації. З погляду охорони праці, обов'язковою умовою є наявність візуальних і механічних бар'єрів, що перешкоджають контакту персоналу з рухомими деталями, а також використання запобіжних пристроїв, які автоматично зупиняють транспортер у разі порушення нормального режиму роботи.

Організація безпечного функціонування стрічкового транспортера також вимагає ретельної ідентифікації небезпечних зон. Виробничі площі, де встановлено обладнання, поділяються на робочі, обмежено доступні та аварійні зони. Робоча зона включає ділянки навантаження, розвантаження, зони обслуговування приводу і натягу. Обмежено доступні зони — це області, де розміщені захищені частини приводу, електрообладнання, електрощитові або зони із підвищеним шумовим або температурним навантаженням. Аварійні зони — ділянки, що становлять безпосередню загрозу при порушенні технологічного процесу, наприклад, розрив стрічки, застрягання матеріалу, вихід із ладу вузла приводу тощо.

Класифікація джерел небезпеки дозволяє систематизувати ризики відповідно до їх природи. Серед основних джерел ризику, характерних для експлуатації стрічкових конвеєрів, можна виокремити: механічні (рухомі елементи, ударні навантаження, падіння предметів), електричні (відкриті струмоведучі частини, ушкодження ізоляції), термічні (нагрів електроприводів), хімічні (наявність агресивних речовин при транспортуванні), шумові та вібраційні впливи. Окремо варто розглядати ергономічні ризики, пов'язані з роботою обслуговуючого персоналу в незручних положеннях, при недостатній освітленості або в умовах постійного монотонного шуму.

Підвищена увага до питання охорони праці обумовлена ще й тим, що стрічкові транспортери часто працюють у складі інтегрованих автоматизованих технологічних ліній, де збої в одному з компонентів можуть впливати на роботу всієї системи. У таких умовах потрібна особливо чітка

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

координація дій між оператором, технічним персоналом і спеціалістом з охорони праці. Оперативне реагування на сигнали системи керування, дотримання інструкцій при аварійних зупинках та регулярне оновлення знань персоналу щодо потенційних загроз — це основа підтримки безпечного виробничого середовища.

Важливим аспектом безпеки при роботі зі стрічковими транспортерами є контроль за доступом до зони експлуатації. До робіт допускаються лише працівники, які пройшли інструктаж, перевірку знань з питань охорони праці та мають відповідну кваліфікацію. Обов'язковим є ведення журналу інструктажів, де фіксується дата проведення, обсяг інформації, прізвище відповідального інструктора й підпис особи, яка пройшла навчання. У разі виявлення порушень з боку персоналу, передбачено призупинення роботи з наступним повторним проходженням інструктажу.

Крім того, експлуатація стрічкового конвеєра передбачає безумовне дотримання технічного регламенту. До таких обов'язкових заходів належить: перевірка надійності кріплення всіх несучих елементів, справність натяжного пристрою, стан стрічкового полотна, герметичність з'єднань, рівномірність натягу по ширині стрічки, а також наявність захисних кожухів на обертових вузлах. У разі виявлення дефектів або невідповідностей працівник повинен негайно зупинити роботу обладнання і повідомити відповідальну особу для вжиття необхідних заходів.

Практика безпечного використання стрічкових транспортерів передбачає також застосування засобів індивідуального захисту. До таких засобів належать: спецодяг з обмеженою кількістю виступаючих елементів, захисні окуляри, рукавиці, каски, протишумні навушники, а у випадку роботи в запиленому середовищі — респіратори. Усі засоби повинні відповідати встановленим стандартам, мати маркування та проходити регулярну перевірку технічного стану.

Необхідно враховувати, що більшість порушень техніки безпеки виникає не стільки через недосконалість конструкції, скільки через людський

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

фактор. Найчастіше трапляються такі ситуації: самовільне зняття захисних кожухів, спроба усунути застрягання вручну під час роботи стрічки, переміщення вздовж працюючого транспортера, відсутність блокування при відкритті оглядових люків. Усі зазначені дії грубо порушують інструкції з безпеки і створюють безпосередню загрозу для життя.

З метою зменшення ймовірності настання надзвичайних подій доцільно передбачати систему попереджувального технічного обслуговування. Це включає регулярне проведення візуального огляду, вимірювання параметрів вібрацій, моніторинг температурних режимів приводу, контроль зносу підшипників і стану електричних ланцюгів. Впровадження засобів автоматичного моніторингу, таких як датчики температури, вібрацій, контролю навантаження, дозволяє зменшити людський фактор у процесі виявлення критичних відхилень.

Не менш важливою складовою безпеки є забезпечення належного освітлення робочих зон, маркування небезпечних ділянок та встановлення інформаційних табличок із короткими інструкціями або попередженнями. Всі проходи поблизу конвеєрів повинні бути вільними від сторонніх предметів, а зони обслуговування — обладнані зручними платформами або настилами. У місцях перетину пішохідних шляхів з лінією конвеєра необхідно передбачити перехідні містки або огороження.

Важливо зазначити, що при розробці нових моделей стрічкових транспортерів, які планується впроваджувати в умовах конкретного виробництва, доцільно одразу враховувати параметри, що сприятимуть безпечній експлуатації. Йдеться про розміщення приводної станції у зручному для обслуговування місці, застосування модульної конструкції з легкодоступними вузлами, оптимальне компонування опорної рами та вибір матеріалів, стійких до зношування.

Нормативно-правове регулювання охорони праці

Забезпечення безпеки праці на виробництві, де застосовуються стрічкові транспортери, є обов'язковою умовою стабільної та ефективної роботи

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

промислового підприємства. Однією з базових складових цієї системи є нормативно-правове регулювання, яке визначає правові засади, технічні вимоги, а також порядок дій працівників і роботодавця щодо створення та підтримання безпечних умов праці. Комплекс таких норм утворює правове поле, в межах якого здійснюється експлуатація обладнання, регламентується взаємодія відповідальних осіб та формується система внутрішнього контролю за дотриманням вимог охорони праці.

Правові механізми, які регулюють безпечну експлуатацію обладнання, передусім базуються на Законі України «Про охорону праці». Цей закон є ключовим документом, що формує загальні підходи до забезпечення здорових і безпечних умов праці, включаючи питання, пов'язані з роботою з технічно складними об'єктами, такими як стрічкові транспортери. Закон містить вимоги до організації виробничого процесу, обов'язки сторін трудових відносин, а також механізми відповідальності у випадку порушення встановлених правил.

Законодавче регулювання доповнюється низкою підзаконних нормативних актів, зокрема, НПАОП (Нормативно-правові акти з охорони праці), які деталізують вимоги до окремих виробничих процесів, обладнання, умов експлуатації, технічного обслуговування, а також особливостей робочих місць. Ці акти є обов'язковими для виконання на всіх підприємствах незалежно від форми власності та відомчої підпорядкованості.

Крім того, важливе місце займають національні стандарти України (ДСТУ), які встановлюють технічні вимоги до конструкції, виготовлення, монтажу та обслуговування обладнання, а також процедури перевірки його технічного стану. Для стрічкових транспортерів ці стандарти визначають характеристики захисних елементів, вимоги до огорожень, систему блокування доступу до небезпечних зон, характеристики аварійних вимикачів, схеми заземлення та порядок розташування пультів керування.

На рівні підприємств вимоги законодавства реалізуються через розробку локальних нормативних документів: посадових інструкцій, інструкцій з

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

охорони праці, положень про організацію безпечної експлуатації технологічного обладнання тощо. Кожен з таких документів є інструментом для адаптації загальнодержавних вимог до конкретних умов виробництва. Наприклад, інструкція з охорони праці для оператора стрічкового транспортера може містити конкретизовані дії при запуску, зупинці, технічному обслуговуванні, аварійній зупинці та евакуації з небезпечної зони.

Одним із важливих аспектів нормативного забезпечення є чіткий розподіл обов'язків і відповідальності між сторонами трудових відносин. Роботодавець зобов'язаний створити умови праці, що відповідають встановленим нормативам безпеки, а також забезпечити наявність справного обладнання, необхідних засобів захисту, системи оповіщення, та провести навчання персоналу. Крім того, він має забезпечити фінансування заходів, пов'язаних із охороною праці, включаючи модернізацію обладнання, встановлення додаткових захистів та закупівлю засобів індивідуального захисту.

У свою чергу, працівники, відповідно до чинного законодавства, зобов'язані дотримуватись встановлених інструкцій, правил технічної експлуатації, неухильно виконувати вимоги керівництва щодо безпеки, а також проходити обов'язкові інструктажі. Працівник не має права розпочинати виконання робіт, якщо він не пройшов необхідне навчання та не ознайомлений з умовами безпечної роботи. У випадку виявлення порушень або несправностей працівник повинен негайно припинити виконання робіт і повідомити відповідальну особу.

До технічних вимог, що встановлюються нормативними документами до стрічкових конвеєрів, належить обов'язкова наявність огорожувальних пристроїв, що унеможливають потрапляння частин тіла працівника або сторонніх предметів до зон підвищеної небезпеки. Огородження мають бути виконані зі стійких до механічного навантаження матеріалів і мати достатню жорсткість. Знімні елементи огорож повинні мати блокувальні механізми, які

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

виключають можливість доступу до небезпечної зони без попередньої зупинки обладнання.

Не менш важливою умовою є встановлення аварійних вимикачів, розташованих у зонах, доступних для обслуговуючого персоналу на всій довжині транспортера. Їх функціональність має перевірятися перед кожним запуском. У випадку спрацювання такого вимикача, подача живлення на привід повинна бути повністю зупинена, а повторний запуск можливий лише після обстеження причини зупинки й усунення несправності. Крім того, відповідно до технічних вимог, передбачено систему блокування, яка забезпечує автоматичне відключення живлення при відкритті люків або демонтажі захисних кожухів.

Особливу роль у забезпеченні нормативної відповідності відіграє документальне оформлення процесу інструктажу та навчання персоналу. Працівники мають бути ознайомлені з технологічним регламентом, схемою роботи стрічкового транспортера, порядком запуску, зупинки, діями в аварійній ситуації. Усі дані фіксуються в журналі інструктажів, що зберігається у відповідальній особи. Важливою умовою є також проведення періодичних перевірок знань правил охорони праці. За результатами такої перевірки працівник або допускається до виконання робіт, або направляється на повторне навчання.

У разі зміни технологічного процесу, реконструкції обладнання, введення нових елементів керування, а також після нещасного випадку, інструктаж проводиться повторно, із обов'язковим поясненням оновлених вимог до безпечного виконання робіт. Крім того, діють положення про цільовий інструктаж, що застосовується у випадках виконання одноразових робіт або нестандартних операцій, які виходять за межі звичайних функціональних обов'язків працівника.

Щодо безпосередньої відповідальності, то законодавством передбачено дисциплінарну, адміністративну, а в окремих випадках і кримінальну відповідальність за порушення норм охорони праці. Роботодавець може бути

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

притягнутий до відповідальності у випадку невиконання обов'язків щодо створення безпечних умов праці, неналежного утримання обладнання, або допуску до роботи працівника, який не пройшов інструктаж чи медичний огляд. Працівник також несе відповідальність за невиконання інструкцій або свідоме порушення технологічних вимог.

Варто також зазначити, що для підприємств, на яких експлуатуються конвеєрні установки, може встановлюватись система сертифікації робочих місць, яка передбачає оцінку відповідності умов праці вимогам чинного законодавства. У процесі сертифікації перевіряється наявність технічної документації, стан огорожень, справність засобів електрозахисту, ефективність вентиляції, освітлення, а також відповідність параметрів шуму та вібрацій нормативним межам.

Нещасні випадки та ризики при експлуатації стрічкових транспортерів

Промислове використання стрічкових транспортерів пов'язане з низкою небезпек, які, при нехтуванні правилами технічної експлуатації, можуть призводити до травмувань, уражень і серйозних аварій. Ці ризики мають переважно механічну, електротехнічну або організаційну природу й виникають як наслідок складності конструкції обладнання, динаміки рухомих елементів, умов експлуатації та людського фактора. Аналіз типових інцидентів, що трапляються при роботі зі стрічковими конвеєрами, дозволяє систематизувати потенційні загрози та розробити комплекс попереджувальних заходів.

Основну небезпеку під час експлуатації становлять рухомі частини механізму, зокрема стрічка, привідні й натяжні барабани, роликкоопори, а також пов'язані з ними системи передачі. У процесі роботи ці елементи перебувають у постійному русі, мають значну інерцію й часто відкриті або недостатньо захищені. Потрапляння частин одягу, інструменту чи тіла працівника в зону обертання стрічки або шківів найчастіше призводить до тяжких травм — від переломів кінцівок до ампутацій. Подібні ситуації

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

виникають, коли обслуговуючий персонал намагається виконати ручну очистку, ремонт або регулювання без зупинки агрегату, що є прямим порушенням правил безпечної експлуатації.

Ще одним поширеним типом небезпеки є травмування внаслідок раптового обриву стрічки або руйнування окремих роликів опор. Такі події, як правило, зумовлені надмірним зношенням елементів або тривалою роботою без технічного обслуговування. При обриві стрічки виникає миттєве скидання навантаження, що супроводжується розльотом уламків та значними вібраціями, які можуть вплинути на стійкість опорної конструкції. Крім того, зруйновані елементи можуть вдарити працівника, який знаходиться поблизу, або спричинити пошкодження іншого обладнання.

Падіння з висоти під час обслуговування транспортера також належать до категорії критичних інцидентів. Пристрої часто монтуються на висотних конструкціях, над платформами, технологічними галереями або в шахтах. Робота на таких ділянках вимагає не тільки спеціального оснащення, але й дотримання алгоритмів безпечного пересування та кріплення. Відсутність страхувального спорядження, недостатнє освітлення або волога поверхня робочого майданчика є типовими факторами, що призводять до втрати рівноваги й падіння працівника.

Серйозну загрозу становлять електротехнічні ризики. Стрічкові транспортери приводяться в рух електродвигунами, які можуть живитися як змінним, так і постійним струмом. При пошкодженні ізоляції, замиканні, пробойі на корпус або неправильному підключенні можливе ураження електричним струмом. Ці ситуації зазвичай виникають у результаті тривалого впливу вологи, пилу або вібрацій, які знижують електроізоляційні властивості матеріалів. Також джерелом загрози може стати неякісне заземлення, відсутність захисного вимикання або несправність автоматичних вимикачів.

Нерідко причинами аварійних ситуацій є системні порушення правил технічної експлуатації. Сюди відносять використання обладнання з перевищенням допустимого навантаження, експлуатацію при зношених

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

опорах або несправних натяжних пристроях, запуск без перевірки технічного стану стрічки, а також спроби стороннього втручання у роботу електричних систем. Результатом такого недотримання регламенту є прогресуюче зношення, перегрів приводних елементів, зміщення або деформація рами й, як наслідок, виникнення позаштатних ситуацій.

Крім технічних чинників, важливу роль відіграє людський фактор. Порушення трудової дисципліни, недбале ставлення до техніки безпеки, спроби виконувати роботу поспіхом або без належної підготовки — усе це створює умови для виникнення травмонебезпечних ситуацій. У багатьох випадках персонал нехтує елементарними вимогами, наприклад, працює без каски або не використовує засоби індивідуального захисту. Також часто зустрічається ситуація, коли робітник намагається самостійно усунути несправність без повідомлення чергового майстра або знеструмлення агрегату.

Окрему категорію небезпек становить втома працівника. У процесі багатозмінної або наднормової роботи спостерігається зниження рівня концентрації, реакції на зовнішні подразники, порушення моторики та зменшення здатності адекватно оцінювати обстановку. Це стає критичним, особливо в тих випадках, коли обслуговування конвеєра вимагає точності рухів, швидкої реакції або уважного контролю параметрів. Результатом перевтоми можуть бути як незначні помилки, так і серйозні промахи, що призводять до травмування.

Відсутність або несправність засобів колективного захисту — ще один поширений чинник, що спричиняє нещасні випадки. До таких засобів належать захисні кожухи, огороження, блокувальні механізми, кнопки аварійної зупинки. Якщо хоча б один із цих елементів відсутній або виведений з ладу, система захисту втрачає здатність виконувати свої функції. Випадки навмисного демонтажу огорожень для зручності обслуговування або блокування автоматичних пристроїв з метою уникнення зупинок обладнання

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

є грубим порушенням вимог охорони праці й створюють серйозну загрозу для всіх працівників на ділянці.

Аналіз виробничого травматизму, пов'язаного зі стрічковими транспортерами, дозволяє виокремити найбільш характерні типи ушкоджень. До них належать: поранення кінцівок при контакті з рухомими деталями, опіки від перегрітих елементів або електричних дуг, травми голови при падінні з висоти, забої та вивихи при падінні на нерівній поверхні, електротравми — як у вигляді миттєвих уражень струмом, так і наслідків коротких замикань або пробойів. Усі ці травми мають різну ступінь тяжкості, від легких до смертельних, і потребують системного підходу до їх запобігання.

З метою мінімізації ризиків доцільно впроваджувати системи ідентифікації й моніторингу небезпек. Це можуть бути як прості візуальні огляди, так і технічні рішення на основі автоматичних сенсорів та діагностичних модулів, які фіксують відхилення параметрів у режимі реального часу. Важливим елементом превентивної політики безпеки є ведення журналів інцидентів, які дозволяють аналізувати причини аварій, встановлювати взаємозв'язки та розробляти запобіжні заходи.

Необхідно також відзначити, що в умовах дії стрічкового конвеєра важливим є правильне розміщення обладнання на робочому майданчику, а також забезпечення відповідного простору для евакуації у разі аварійної ситуації. Шляхи відходу мають бути позначені, вільними від перешкод, а в критичних точках — обладнані додатковими елементами безпеки, зокрема ручними вимикачами живлення та системами оповіщення.

Алгоритм дій при аварійних ситуаціях під час експлуатації стрічкових транспортерів

Функціонування стрічкових транспортерів у промислових умовах, незважаючи на наявність захисних систем і регламентів технічного обслуговування, не виключає ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій. У разі виникнення аварії або нещасного випадку особливо важливою є правильна й послідовна реакція з боку працівників і керівного складу, що

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

дозволяє мінімізувати масштаби ушкоджень, своєчасно надати допомогу постраждалим та запобігти подальшим небажаним наслідкам. Для цього на підприємствах запроваджується структурований алгоритм дій, який має бути відомим усім працівникам, що залучені до експлуатації та обслуговування транспортного обладнання.

Першим кроком у разі виникнення аварійної ситуації є негайне зупинення роботи обладнання. Для цього передбачено декілька способів, залежно від конкретного технологічного оснащення: аварійна зупинка через спеціально встановлені кнопки (типу "STOP"), механічне відключення через вимикачі живлення або, у випадках крайньої необхідності, від'єднання обладнання від мережі живлення. Працівник, який помітив інцидент або перебуває поруч із місцем аварії, зобов'язаний зреагувати миттєво, припинивши подальший рух стрічки, приводу або інших динамічних елементів транспортера.

Після зупинки необхідно оперативно повідомити про подію особу, яка відповідає за безпеку на зміні або дільниці. У структурі підприємств такі обов'язки зазвичай покладено на змінного майстра, інженера з охорони праці, а також відповідального чергового електромеханіка. Передача інформації може здійснюватись усно або через спеціалізовані засоби зв'язку — виробничі телефони, радіостанції, локальні системи оповіщення. У повідомленні слід чітко вказати місце події, характер аварії та, якщо є постраждалі — стан потерпілих.

Після зупинки обладнання та інформування керівництва необхідно оцінити ситуацію на місці інциденту, зокрема — стан здоров'я постраждалого, якщо такий є, і наявність залишкової загрози для інших осіб. Основне завдання цього етапу — виявити, чи є безпечним перебування в зоні події для осіб, які надають допомогу. У разі, якщо джерело небезпеки не усунене (наприклад, обрив кабелю з оголенням або розгерметизація пневмолінії), виконуються дії з його локалізації. Зокрема, відключення електроживлення повністю по лінії, встановлення запобіжних бар'єрів або накриття пошкоджених ділянок.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Якщо внаслідок інциденту є травмовані особи, наступною дією має бути організація надання першої медичної допомоги, а також виклик бригади екстреної медичної допомоги. При цьому особа, що перебуває на місці, повинна по можливості з'ясувати ступінь ушкоджень: у разі кровотечі — накласти джгут або тугу пов'язку, за наявності відкритих переломів — забезпечити фіксацію ушкодженої кінцівки, у випадку втрати свідомості — переконатися в прохідності дихальних шляхів та надати стабільне положення тіла. Також важливо не намагатись самостійно переміщати постраждалого без медичного дозволу, за винятком ситуацій прямої загрози для життя (наприклад, пожежа, викид небезпечних речовин, загроза обвалу конструкцій).

Після виклику швидкої допомоги працівник або відповідальна особа повідомляє керівника структурного підрозділу (начальника цеху, ділянки, виробничої зміни), який фіксує подію та починає організацію процедури службового розслідування аварійної ситуації. До цього процесу обов'язково залучаються представники служби охорони праці, інженерно-технічного персоналу та, у разі потреби, представники профспілки. Паралельно, залежно від характеру події, викликаються представники Державної служби України з питань праці або інших контрольних органів.

Важливою частиною алгоритму реагування є фіксація обставин інциденту та оформлення відповідної документації. Проводиться детальне обстеження місця події, збираються свідчення очевидців, зберігаються технічні залишки (наприклад, зламані елементи обладнання, стрічка, що обірвалася), виконуються фотографії або відеофіксація. Усі матеріали долучаються до внутрішнього акту про нещасний випадок. Якщо випадок класифікується як виробничий, оформлюється акт за формою Н-1, в якому зазначаються: дата і час події, характеристика виробничого процесу, точне місце інциденту, склад осіб, що брали участь у роботі, опис обставин, тип і ступінь травми, а також попередні висновки щодо причин аварії.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Крім цього, після стабілізації ситуації проводиться попередній технічний аналіз для виявлення першопричин. У ньому розглядаються технічні параметри обладнання, останні записи у журналі технічного обслуговування, чи було виконано регламент перевірки перед запуском, стан захисних кожухів, справність блокувальних механізмів і систем аварійної зупинки. У разі встановлення несправності або конструктивного дефекту, відповідальний інженер готує звіт із переліком необхідних ремонтних чи модернізаційних заходів. Якщо подія сталася внаслідок дій працівника, проводиться аналіз на предмет відхилення від інструкцій, перевіряється факт проходження інструктажів і наявність кваліфікації.

До завершення розслідування робота стрічкового транспортера припиняється, або допускається його часткове відновлення за умов виведення з експлуатації аварійної зони. Усі зміни режиму роботи вносяться в оперативну документацію. Копії актів, довідок та висновків передаються до кадрової служби, адміністрації підприємства, служби охорони праці, а в окремих випадках — до страхових компаній, якщо подія підлягає компенсації.

Після завершення розслідування складається остаточний висновок, у якому зазначається перелік організаційних або технічних порушень, які стали причиною аварійної ситуації. Також у документі надаються пропозиції щодо усунення виявлених недоліків, змін до інструкцій з охорони праці, можливого вдосконалення конструкції або заміни окремих елементів на сучасніші аналоги з підвищеною надійністю.

На основі висновків розслідування адміністрація підприємства розробляє план коригувальних дій, який може включати такі заходи, як: додаткове навчання персоналу, оновлення технологічної документації, посилення контролю за технічним станом обладнання, заміна зношених компонентів, встановлення додаткових систем безпеки, наприклад, датчиків навантаження, відеоспостереження або засобів автоматичної сигналізації. Реалізація плану фіксується наказом по підприємству, а хід його виконання контролюється призначеними відповідальними особами.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

У разі тяжких інцидентів (наприклад, смертельний випадок або стійке ушкодження здоров'я) розслідування проводиться спеціальною комісією, яка призначається наказом керівника підприємства і складається з представників усіх зацікавлених підрозділів. Термін розслідування у таких випадках, як правило, становить до 15 календарних днів, але може бути продовжений у разі складності справи або необхідності проведення додаткових експертиз.

У контексті функціонування системи охорони праці на підприємстві правильна та швидка реакція на аварійні події має вирішальне значення. Вона дозволяє не тільки оперативно ліквідувати наслідки, а й попередити повторення подібних ситуацій у майбутньому. Саме тому кожен працівник має бути не просто ознайомлений із алгоритмом дій у разі аварії, а й регулярно проходити відповідне навчання з відпрацюванням дій на практиці, включаючи імітаційні тренування в умовах максимально наближених до реальних.

Варто наголосити, що аварійна ситуація — це не лише технічний збій, але й управлінська перевірка здатності підприємства діяти у відповідності до внутрішніх регламентів та чинного законодавства. Недотримання навіть одного етапу алгоритму може призвести до юридичних наслідків для роботодавця або створити додаткові труднощі для постраждалого працівника у питаннях компенсації або відновлення здоров'я.

Послідовність надання першої допомоги постраждалим на підприємстві під час експлуатації стрічкових транспортерів

У разі виникнення аварійних ситуацій на виробничих об'єктах, зокрема в процесі експлуатації стрічкових транспортерів, особливе значення має своєчасне й правильне надання першої допомоги постраждалим. Працівники, які першими прибувають на місце інциденту, часто мають вирішальне значення для подальшого розвитку подій. Їхні дії можуть не лише стабілізувати стан потерпілого, а й врятувати йому життя. Саме тому порядок надання першої домедичної допомоги повинен бути чітко структурованим, логічним та відповідати технічному регламенту, що діє на підприємстві.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Ефективність цієї процедури багато в чому залежить від знань працівників, наявності необхідного спорядження та загального рівня підготовки колективу.

Перше, що необхідно зробити при виявленні постраждалого на об'єкті, — це оцінити загальний рівень небезпеки, пов'язаної з місцем події. Необхідно визначити, чи є загроза для самого рятувальника. У разі, якщо небезпека все ще активна (наприклад, продовжується рух стрічки, спостерігається іскріння, витік газів, вібрація обладнання або нестійкість конструкцій), слід негайно ініціювати повну зупинку агрегату, ізоляцію джерела живлення та огороження зони інциденту.

Лише після усунення безпосередньої загрози життю рятувальника дозволяється переходити до безпосередньої оцінки стану потерпілого. Варто звернути увагу на основні життєво важливі параметри: наявність свідомості, дихання, пульсу, реакції на зовнішні подразники. Огляд повинен проводитися обережно, без зміщення кінцівок або тулуба, щоб не погіршити потенційні травми. У ситуаціях, коли потерпілий перебуває у свідомості, з ним слід встановити словесний контакт для з'ясування скарг. У випадках втрати свідомості слід перевірити прохідність дихальних шляхів та здійснити виклик медичних служб негайно.

Коли ситуація потребує безпосереднього втручання, починається етап надання першої домедичної допомоги. У випадку зовнішньої кровотечі необхідно максимально швидко зупинити втрату крові. Для цього використовуються стерильні пов'язки, джгути або імпровізовані засоби, які створюють компресію на уражену ділянку. Джгут накладається вище місця кровотечі на оголену шкіру, з обов'язковою фіксацією часу його накладання. У разі наявності пов'язки, що просочується, нові шари накладаються поверх існуючих, не знімаючи попередні.

При виявленні підозри на перелом кінцівки, особливо якщо є деформація, рухливість у ненормальних місцях або інтенсивний біль, слід зафіксувати ушкоджену частину тіла в одному положенні за допомогою шин або підручних засобів. Важливо не намагатися вирівнювати кінцівку, щоб

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

уникнути додаткового травмування. При наявності відкритого перелому попередньо необхідно зупинити кровотечу, накласти стерильну пов'язку на рану, і лише після цього проводити іммобілізацію.

Втрату свідомості, що виникає внаслідок сильного болю, удару голови, електричного ураження або загального шоку, розцінюють як стан, що вимагає невідкладного реагування. У таких випадках потерпілого обережно укладають на спину, підкладаючи одяг або інші м'які предмети під голову. Головне — забезпечити вільне дихання, розстебнути тісний одяг, відкрити доступ до свіжого повітря. У разі відсутності дихання та пульсу необхідно одразу почати проведення серцево-легеневої реанімації згідно з протоколом: 30 компресій грудної клітки чергуються з 2 штучними вдихами. Цей процес триває до моменту відновлення дихання або прибуття медичного персоналу.

У техногенних середовищах особливу небезпеку становить електротравма, яка може мати як локальні, так і системні наслідки. При контакті з електричним струмом у першу чергу необхідно припинити подачу напруги. Це виконується або вимкненням живлення на електрощиті, або від'єднанням кабелів за допомогою ізольованих предметів. Після знешкодження джерела електроструму постраждалого відтягують від установки лише при впевненості у відсутності залишкової напруги. У таких випадках переважно спостерігається втрата свідомості, судом, зупинка дихання або серця. Алгоритм дій аналогічний до реанімаційного, але з додатковим контролем електропошкоджень, таких як опіки на шкірі.

Наступним етапом є організація транспортування потерпілого до медичного закладу, що має відбуватись із дотриманням усіх умов стабілізації. Якщо стан постраждалого критичний — транспортування здійснюється лише після приїзду спеціалізованої швидкої допомоги. У менш важких випадках допускається перевезення транспортом підприємства, але тільки під контролем особи, яка пройшла інструктаж з надання першої допомоги. Потерпілий фіксується в транспортному засобі, його положення має бути безпечним для уникнення додаткових ускладнень.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Особливу увагу слід приділити супровідним діям під час очікування швидкої допомоги. Особи, що перебувають поруч, мають контролювати стан постраждалого: слідкувати за пульсом, диханням, рівнем свідомості. У разі змін необхідно негайно реагувати: повторно провести непрямий масаж серця, змінити положення тіла, надати психологічну підтримку. Всі зміни стану фіксуються в усній формі для подальшої передачі медичним працівникам.

Після передачі потерпілого медичним службам фіксується факт події. Складається відповідний акт або реєстраційний документ у журналі першої допомоги. У ньому зазначається ПІБ потерпілого, час події, тип травми, опис дій, вжитих до прибуття лікарів, ПІБ та посади осіб, які надали допомогу. Цей запис є важливою складовою частиною розслідування інциденту та базовим джерелом інформації для подальших організаційних рішень.

Узагальнюючи, можна підкреслити, що порядок надання першої допомоги на підприємстві є не лише обов'язковим елементом охорони праці, але й критичним чинником, що безпосередньо впливає на результати подолання наслідків аварій. Його ефективність залежить не тільки від швидкості реагування, а й від технічної підготовки персоналу, доступності засобів медичного призначення, інформованості працівників про основи домедичної допомоги та постійного контролю з боку служби охорони праці.

З метою підвищення загального рівня готовності працівників підприємства до дій в екстрених ситуаціях доцільним є впровадження системного навчання. В рамках цього навчання проводяться теоретичні інструктажі, практичні відпрацювання на манекенах, імітація аварійних ситуацій із залученням фахівців. Усі працівники, особливо ті, хто за посадою має бути першими на місці події (оператори, техніки, наладчики), мають регулярно проходити повторні курси з актуалізацією знань згідно з останніми вимогами законодавства й наказів підприємства.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Підвищення безпеки на підприємстві при експлуатації стрічкових транспортерів

Формування безпечного середовища на виробничому підприємстві, де застосовується стрічкове конвеєрне обладнання, вимагає впровадження комплексного підходу до управління техногенними ризиками. Цей підхід передбачає одночасне використання як інженерних методів захисту, так і організаційних рішень, що забезпечують безперервний моніторинг стану обладнання, мінімізацію аварійних загроз, підвищення відповідальності персоналу й реалізацію профілактичних заходів. Основою ефективного керування виробничою безпекою є впровадження систематичного аналізу небезпек із застосуванням сучасних методологій оцінювання ризиків.

Одним із найбільш результативних методів аналізу виробничих загроз є використання аналітичних технік, зокрема методу HAZOP (Hazard and Operability Analysis), який дозволяє виявити небажані сценарії у функціонуванні обладнання на етапі його проектування або модернізації. Застосування HAZOP дає змогу детально розглядати кожну стадію технологічного процесу з точки зору відхилення від нормального режиму роботи. Наприклад, при транспортуванні сипучих матеріалів через стрічковий конвеєр можуть виникати блокування, перевантаження, перегрівання приводу, які класифікуються як потенційно небезпечні ситуації. Аналіз таких відхилень дозволяє виявити критичні вузли, де потрібно впровадити технічні або організаційні обмеження.

Інший ефективний інструмент — метод FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), який орієнтований на виявлення можливих способів відмов технічних елементів і визначення їхнього впливу на безпеку системи в цілому. FMEA передбачає складання таблиць для оцінки ризику кожної потенційної відмови на основі трьох критеріїв: частота виникнення, ймовірність виявлення несправності та серйозність наслідків. Наприклад, відмова механізму натягу стрічки через знос підшипників може призвести до сповзання полотна, його заклинювання та аварійної зупинки лінії. Така ситуація підлягає оцінці, й на її

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

основі формується рішення щодо впровадження додаткових заходів: зміна регламенту обслуговування, встановлення сенсорів контролю напруження, автоматизоване регулювання натягу.

Ще одним підходом є Fault Tree Analysis (FTA), що базується на побудові логічних дерев відмов, де кожна небезпечна подія аналізується з точки зору послідовності причин, які можуть до неї призвести. Такий аналіз дозволяє візуалізувати зв'язок між окремими дефектами й наслідками на рівні всієї системи, що особливо важливо для великих транспортних установок із складною архітектурою — багаторівневою підтримкою, розгалуженою стрічковою мережею та взаємодією з іншими одиницями технологічної лінії.

Оцінка ризиків має бути інтегрована в загальну систему управління охороною праці, що функціонує на підприємстві. Така система охоплює усі рівні виробничої діяльності — від проектування обладнання до його демонтажу після вичерпання ресурсу. Безпека не може бути ізольованим елементом; вона має бути частиною кожного рішення, що стосується інженерного, технологічного чи адміністративного аспекту. У цьому контексті особливо важливим є впровадження програмного моніторингу та контролю за фактичним виконанням вимог безпеки.

Для зниження імовірності аварій доцільним є використання автоматизованих технічних засобів моніторингу, які дозволяють в реальному часі відстежувати критичні параметри: навантаження на стрічку, температуру приводного двигуна, рівень вібрацій, стан електроізоляції, відстань між підтримуючими опорами тощо. Інтеграція цих систем у загальну мережу підприємства забезпечує своєчасну реакцію на загрози, зменшує роль людського чинника й дає змогу оперативно виводити з експлуатації несправне обладнання до моменту виникнення серйозної небезпеки.

У структурі підприємства ключову роль у забезпеченні безпеки відіграють представники інженерно-технічного персоналу, які несуть відповідальність за технічний стан обладнання, проведення діагностичних заходів, планування регламентного обслуговування й впровадження змін у

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

систему безпеки. Працівники цієї категорії мають володіти знаннями щодо стандартів охорони праці, особливостей конструкції стрічкових транспортерів, функціонування їхніх вузлів і взаємодії з іншими елементами технологічного середовища.

Своєчасне проведення технічного обслуговування конвеєрів значною мірою знижує ризик аварій. Планові огляди, змащування, заміна зношених елементів, перевірка натягу стрічки та чистка механізмів дозволяють підтримувати обладнання у працездатному стані. Неналежне виконання техобслуговування, навпаки, може стати причиною не лише простою обладнання, а й створити реальну небезпеку для обслуговуючого персоналу. У регламенті повинні бути чітко визначені терміни перевірок, відповідальні особи, обсяг робіт, допустимі відхилення параметрів та порядок фіксації результатів огляду.

На ділянках, де присутні відкриті рухомі елементи або де можливе наближення персоналу до зон підвищеного ризику, необхідно встановлювати візуальні попереджувальні засоби: знаки безпеки, огороження, бар'єри, маркування шляхів евакуації. Окрім цього, місця ручного завантаження або обслуговування повинні бути обладнані платформами з нековзкою поверхнею, освітленням відповідної інтенсивності, а також кнопками аварійної зупинки з легким доступом. Ці заходи є елементарними, проте часто ігноруються на етапі розміщення обладнання або монтажу.

Особливу ефективність у зниженні виробничих небезпек дає впровадження плану дій з попередження аварійних ситуацій, який є частиною системи внутрішнього контролю. Такий план охоплює різні сценарії: раптову зупинку стрічки, втрату живлення, загоряння приводного двигуна, поломку натяжного механізму тощо. Для кожної з подій встановлюється послідовність дій працівників, інструкції з евакуації, механізми інформування відповідальних осіб і виведення обладнання з роботи. Практична реалізація такого плану передбачає навчання персоналу, тренування в умовах

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

моделювання ситуації, а також періодичне оновлення змісту відповідно до змін у конструкції конвеєрного обладнання або в технологічному процесі.

Важливо, щоб принципи безпеки інтегрувались не тільки на експлуатаційній стадії, а супроводжували весь життєвий цикл обладнання. Це означає, що ще на етапі розробки конструкторської документації повинні враховуватись вимоги ергономіки, стандарти захисту, доступність до вузлів обслуговування, модульність заміни компонентів, захист від вологи, пилу та механічних пошкоджень. При модернізації старого обладнання або реконструкції цехів ці аспекти повинні бути пріоритетними. Доцільно передбачити резервування систем, дублювання сигналів аварій, зменшення відстаней до засобів зупинки, спрощення алгоритму реагування на збої.

Усі перелічені заходи не будуть дієвими без систематичного контролю за їх впровадженням і дотриманням. Для цього на підприємстві має функціонувати ефективна система управління охороною праці, що базується на циклі PDCA (планування – виконання – перевірка – коригування). У межах цієї системи призначаються відповідальні особи, встановлюються метрики ефективності заходів (наприклад, кількість інцидентів на 1000 годин роботи обладнання), проводяться регулярні аудити та приймаються коригувальні дії.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Розділ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Оцінка економічної ефективності використання стрічкового конвеєра у зернопереробному виробництві

Вихідні техніко-економічні дані та пояснення параметрів стрічкового конвеєра

У межах даного аналізу розглянуто технічні й економічні аспекти експлуатації стрічкового конвеєра продуктивністю 500 т/год, призначеного для переміщення сипучих зернових матеріалів. Основні вихідні характеристики є наступними:

Продуктивність Q (т/год): 500 — обсяг матеріалу, який здатен переміщувати конвеєр за одну годину експлуатації.

Ширина стрічки B (м): 1 — конструктивна характеристика, що впливає на кількість матеріалу на одиниці довжини стрічки.

Швидкість V (м/с): 2,5 — швидкість руху стрічки, яка прямо впливає на фактичну подачу матеріалу.

Насипна щільність ρ (т/м³): 0,8 — характеристика сипучого вантажу, яка відображає його фізичні властивості.

Коефіцієнт заповнення k : 0,8 — емпіричне значення, що вказує на часткове використання поперечного перерізу стрічки.

Потужність електроприводу P (кВт): 22 — номінальна споживана потужність двигуна, що обертає стрічку.

Висота підйому H (м): 7 — рівень вертикального транспортування, що впливає на споживання енергії.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шундрик Д.М.			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					63	76
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								

Зарплата одного працівника Z (грн/год): 25000 грн/міс.

або $Z=25000$ грн/міс/160 год/міс=156,25 грн/год

Кількість операторів N : 2 — змінний персонал, який забезпечує обслуговування обладнання.

Вартість електроенергії C_e (грн/кВт·год): 4,32 — тариф відповідно до ринкових умов.

Строк служби обладнання L (років): 5 — нормативний період експлуатації для розрахунку амортизації.

Коефіцієнт ремонту k_r : 0,1 — відносна частка витрат на технічне обслуговування.

Початкова вартість обладнання C (грн): 374000 — загальні капітальні витрати на закупівлю та монтаж конвеєра.

Ціна зерна P (грн/т): 8199,5 — ринкова вартість однієї тонни зерна, яка використовується для розрахунку економічного ефекту від транспортування продукції, визначення прибутку та обґрунтування строку окупності конвеєра.

Робочий час за повного завантаження:

$$T = 16 \times 7 \times 52 = 5824 \text{ год/рік.}$$

Розрахунок річної продуктивності — це загальна кількість зерна, яку здатен транспортувати конвеєр при максимальному навантаженні протягом року.

$$Q_{\text{рік}} = Q \times T = 500 \times 5824 = 2\,912\,000 \text{ т/рік}$$

Оціночна маржа P_t (грн/т): 100 — прибуток, що отримується за транспортування кожної тонни матеріалу, з урахуванням податків, логістики та інших накладних витрат.

Розрахунок річного валового прибутку — сумарний економічний дохід підприємства лише за рахунок транспортування зерна в межах заданої пропускної здатності.

$$O_{\text{прибуток}} = Q_{\text{рік}} \times P_t = 2\,912\,000 \times 100 = 291\,200\,000 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Амортизація A — щорічні витрати, що відображають зменшення вартості обладнання.

$$A = C / L = 374000 / 5 = 74800 \text{ грн/рік}$$

Електроенергія E — витрати на забезпечення роботи привода протягом року.

$$E = P \times T \times C_e = 22 \times 5824 \times 4,32 = 553512,96 \text{ грн/рік}$$

Ремонт та технічне обслуговування R — середньорічні витрати на сервіс, планові огляди та заміну елементів, що зношуються.

$$R = C \times k_r = 374000 \times 0,1 = 37400 \text{ грн/рік}$$

Оплата праці W — компенсація операторів, які забезпечують безперервну експлуатацію.

$$W = Z \times N \times T = 156,25 \times 2 \times 5824 = 1\,820\,000 \text{ грн/рік}$$

Підсумкові річні експлуатаційні витрати:

$$\begin{aligned} C_p &= A + E + R + W = \\ &= 74800 + 553512,96 + 37400 + 1820000 = 2\,449\,412,96 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Розрахунок чистого економічного ефекту

$$\begin{aligned} Q_{\text{реальний}} &= O_{\text{прибуток}} - C_p = \\ &= 291\,200\,000 - 2\,449\,412,96 = 288\,750\,587,04 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Цей показник демонструє фінансову віддачу після врахування усіх змінних та фіксованих витрат, пов'язаних з експлуатацією конвеєра. Чим вищий $Q_{\text{реальний}}$, тим ефективнішим є інвестування в обладнання.

Строк окупності обладнання

$$T_{\text{ок}} = C / Q_{\text{реальний}}$$

Звертаємо увагу, що у класичній формулі враховується лише вартість придбання обладнання C , однак для більш повної оцінки доцільно брати до уваги сумарні загальні витрати.

Якщо врахувати повні витрати:

$$C_{\text{повне}} = C + C_p = 374000 + 2\,449\,412,96 = 2\,823\,412,96 \text{ грн,}$$

то:

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$T_{\text{ок повне}} = C_{\text{повне}} / Q_{\text{реальний}} =$$

$$= 2\,823\,412,96 / 288\,750\,587,04 \approx 0,0098 \text{ року} \approx 3,57 \text{ днів}$$

Незважаючи на теоретичну можливість безперервної експлуатації обладнання, у реальних умовах конвеєр піддається впливу ряду виробничих факторів, що обмежують його ефективне використання. Серед таких факторів можна виокремити сезонні зупинки, нерівномірність постачання зерна, технічні простої через регламентне обслуговування, переналаштування обладнання, затримки в логістиці, відсутність персоналу тощо.

Формула для уточнення скоригованого фонду робочого часу базується на відсотковому коефіцієнті завантаженості обладнання:

$$T_{\text{скор}} = T_{\text{ном}} \times k_{\text{завантаження}}$$

де: $T_{\text{ном}}$ — номінальний фонд часу (5824 год/рік);

$k_{\text{завантаження}}$ — коефіцієнт реального навантаження (у нашому випадку припустимо $\approx 0,50$);

$$T_{\text{скор}} = 5824 \times 0,50 = 2920 \text{ год/рік}$$

Обсяг транспортування:

$$Q_{\text{рік}} = Q \times T_{\text{скор}} = 500 \times 2920 = 1\,460\,000 \text{ т/рік}$$

Орієнтовний прибуток:

$$O_{\text{прибуток}} = Q_{\text{рік}} \times P_t = 1\,460\,000 \times 100 = 146\,000\,000 \text{ грн/рік}$$

Витрати:

$$A = 74800 \text{ грн/рік}$$

$$E = 22 \times 2920 \times 4,32 = 277\,171,2 \text{ грн/рік}$$

$$R = 37400 \text{ грн/рік}$$

$$W = 156,25 \times 2 \times 2920 = 912\,500 \text{ грн/рік}$$

Сумарні витрати:

$$C_p = A + E + R + W =$$

$$= 74800 + 277171,2 + 37400 + 912500 = 1\,301\,871,2 \text{ грн/рік}$$

Чистий економічний ефект:

$$Q_{\text{реальний}} = O_{\text{прибуток}} - C_p =$$

$$= 146\,000\,000 - 1\,301\,871,2 = 144\,698\,128,8 \text{ грн/рік}$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Розрахунок строку окупності:

$$T_{ок} = C / Q_{реальный} =$$

$$= 374000 / 144\,698\,128,8 \approx 0,0026 \text{ року} \approx 0,91 \text{ року} \approx 11 \text{ місяців}$$

Таблиця 4.1. Основні техніко-економічні показники

№	Показник	Позначення	Значення	Одиниця виміру
1	Продуктивність конвеєра	Q	500	т/год
	Початкові капітальні витрати	C	374 000	грн
2	Номінальний фонд часу	T	5824	год/рік
3	Скоригований фонд часу	T _{скор}	2920	год/рік
4	Обсяг транспортування (ск)	Q _{рік}	1 460 000	т/рік
6	Валовий прибуток (ск)	O _{прибуток}	146 000 000	грн/рік
7	Амортизаційні витрати	A	74800	грн/рік
8	Витрати на електроенергію	E	277 171,2	грн/рік
9	Витрати на ремонт	R	37400	грн/рік
10	Витрати на оплату праці	W	912 500	грн/рік
11	Сумарні експлуатаційні витрати	C _p	1 301 871,2	грн/рік
13	Чистий річний економічний ефект	Q _{реальный}	144 698 128,8	грн/рік
15	Строк окупності	T _{ок}	≈ 0,91	року (~11 міс.)

Проведений аналіз техніко-економічної ефективності стрічкового конвеєра для транспортування зерна засвідчив доцільність його впровадження на підприємствах агропромислового комплексу. Згідно з вихідними параметрами, система характеризується високою продуктивністю (500 т/год), що забезпечує значний обсяг транспортування навіть за умов обмеженого фонду часу.

У процесі розрахунків враховано реалістичні умови функціонування обладнання з урахуванням простоїв, технічного обслуговування, сезонних

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

зупинок і неритмічного завантаження. Відповідно до уточненого режиму експлуатації, фонд робочого часу було скориговано до 2920 год/рік, що відповідає коефіцієнту використання на рівні 50%. За такого режиму, конвеєр транспортує близько 1 460 000 тонн зерна на рік, що при середній маржі у 100 грн/т забезпечує валовий прибуток у 146 млн грн.

Витрати на експлуатацію, зокрема енергоспоживання, амортизацію, обслуговування та оплату праці персоналу, становлять 1 301 871.2 грн/рік. Таким чином, річний чистий економічний ефект, що залишається після покриття усіх витрат, становить понад 144 млн грн, що дозволяє окупити первинні інвестиції (374 000 грн) упродовж орієнтовно 11 місяців.

З отриманих результатів видно, що навіть при неповному завантаженні конвеєрна система зберігає високу рентабельність і здатність до швидкої амортизації. Це підтверджує доцільність її впровадження для безперервного транспортування зернових продуктів на підприємствах, які прагнуть оптимізувати внутрішні логістичні процеси та скоротити витрати на транспортування. Оцінка засвідчує відповідність технічних параметрів конвеєра потребам виробництва і раціональність його капіталовкладень у межах заданого фінансового горизонту.

Також можливо виконати повний (уточнений) розрахунок бізнес-плану з урахуванням всіх економічних витрат та доходів підприємства і подальших можливих об'ємів реалізації зернових матеріалів

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Висновки

У даній кваліфікаційній роботі було здійснено розробку конструкції стрічкового конвеєра, призначеного для переміщення зернових матеріалів, з урахуванням вимог технічної ефективності, надійності, безпеки та економічної доцільності. В процесі дослідження проведено аналіз основних принципів організації стрічкових транспортних систем, включаючи їх функціональні особливості, варіанти компоновки та специфіку роботи ключових елементів.

Конструктивні компоненти конвеєра, такі як стрічка, роликоопори, барабани, привідна частина та опори, були розглянуті як інтегровані елементи транспортної системи, що взаємодіють у єдиному кінематичному та силовому ланцюзі. Для підвищення надійності системи особливу увагу приділено правильному вибору роликоопор і їх відстані, визначено раціональні значення діаметра роликів, а також проведено розрахунки розподілених навантажень по всій трасі конвеєра.

У роботі представлено класифікацію стрічкових конвеєрів відповідно до їх функціонального призначення, зокрема було окреслено поділ за напрямком транспортування, видом вантажу та особливостями експлуатаційного середовища. Крім цього, були сформовані технічні критерії ефективності, серед яких: продуктивність, енергоспоживання, надійність, зручність обслуговування, а також технологічна адаптованість до умов сільськогосподарського виробництва.

Проведено технічні розрахунки, що включають визначення кута нахилу транспортної лінії, який забезпечує ефективне переміщення сипучого матеріалу без перевантаження стрічки. Також обчислено розрахункову продуктивність конвеєра на основі передбачуваних експлуатаційних

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шундрик Д.М.			ВІСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					69	76
Реценз.								
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								
						НУБіП України		

параметрів. Було обрано швидкість руху стрічки, яка забезпечує стабільне транспортування зерна без надмірних навантажень на систему. Обґрунтовано вибір типу стрічки, її ширини, профілю та конструкційного матеріалу, що відповідає вимогам до міцності, зносостійкості та антикорозійної стійкості.

Розглянуто масу одного погонного метра стрічки, як базовий параметр для подальших розрахунків тягового зусилля та потужності електропривода. Проведено обґрунтування вибору ролюкоопор, а також встановлено рекомендовану відстань між ними залежно від типу вітки — вантажної чи холостої. Було визначено вплив навантаження від стрічки та від переміщуваного матеріалу на загальну конфігурацію навантажень, що діють уздовж траси.

Розраховано необхідну потужність електродвигуна, яка забезпечує стабільну роботу системи за умови повного завантаження конвеєра. Обчислено максимальне натягування набігаючої гілки та перевірено відповідність отриманих значень міцності характеристикам обраної стрічки. У процесі моделювання динамічного пускового режиму були враховані додаткові сили інерції та опору, що виникають під час розгону приводу, з подальшим визначенням максимально допустимого натягу.

У розрахунках також охоплено визначення раціонального діаметра барабана та крутного моменту на приводному валу, з урахуванням передаточного числа та опору стрічки в динаміці. Особливу увагу приділено детальному тяговому аналізу, що дозволив оцінити сили тертя, інерційні складові та вплив кутів обгортання барабанів. Це дозволило обґрунтувати вибір редуктора і привідної частини з урахуванням запасу міцності.

Окремим розділом було розглянуто аспекти безпечної експлуатації стрічкового конвеєра. Визначено основні небезпеки, які можуть виникати при порушенні правил експлуатації, охарактеризовано потенційні нещасні випадки та їх типові причини. Розроблено алгоритм дій персоналу в аварійних ситуаціях, а також окреслено чітку послідовність надання домедичної допомоги у разі травматизму на робочому місці. У структурі дослідження

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представлено комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на зменшення ризиків і покращення умов праці.

На завершення виконано техніко-економічне обґрунтування розробленої конструкції. Оцінено капітальні витрати, обчислено строк окупності, визначено витрати на експлуатацію. У підсумку встановлено, що запропоноване технічне рішення забезпечує доцільний баланс між технічними характеристиками, рівнем безпеки, економічною ефективністю та експлуатаційною надійністю, що дозволяє рекомендувати його до практичного впровадження в умовах агропромислових підприємств.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літературних джерел

1. Smith, R. L. Belt Conveyors for Bulk Materials. USA: Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2014.
2. Demsetz, L. M. Conveyor Belt Systems: A Comprehensive Guide. USA: McGraw-Hill, 2011.
3. Дубровський, О. І. Підйомно-транспортні машини: посібник для ВНЗ. Донецьк: ДонНУ, 2012.
4. Підйомно-транспортні машини (конспект лекцій для студентів механічних спеціальностей) / В.М. Савенков, В. Ю. Тимохіна, Ю.В. Тимохін, – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. – 178 с.
5. Гольдберг, Д. Е. Основи проектування підйомно-транспортних машин. Київ: Вища школа, 2010.
6. Garbasiak, W. Advances in Belt Conveyor Technology. Germany: Springer, 2012.
7. Курган, Г. М., і Столяренко, В. В. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Харків: НТУ "ХПІ", 2015.
8. Ярошенко В.Ф., Мазоренко Д.І. Підйомно-транспортні машини. Програма для сільськогосподарських вищих навчальних закладів із спеціальності «Механізація сільськогосподарського виробництва» .- К., Вища шк., 1995.-12с.
9. Бахматов, В. Ф. Стрічкові конвеєри: теорія і практика. Львів: Видавництво ЛНУ, 2012.
10. Бойко М.А. Підйомно-транспортні машини. Конспект лекцій для студентів 3 курсу та 1 курсу скороченого терміну навчання денної форми напряму підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» / СНАУ, 2015 рік, 98 с.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шундрик Д.М.			СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					72	76
Реценз.								
Н. Контр.		Лоейкін В.С.				НУБіП України		
Затверд.								

11. Костюк, П. А. Стрічкові конвеєри: розрахунок і проектування. Київ: Політехніка, 2015.
12. Гончарук О.М. Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка/ О.М. Гончарук, В.М. Стрілець. – Рівне: НУВГП, 2006. – 346 с.
13. Петренко, В. Г. Технологія і машини для транспортування матеріалів. Київ: КНУБА, 2013.
14. Любін М.В., Берник П.С. Механізація транспортуючих та вантажопідйомних машин. – К.: Урожай, 1987 – 190 с.
15. Правила виконання кінематичних схем. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи кінематики. (Стандарт кафедри)/ Упор. Б. В. Орловський, В. О. Пишиков, Арабінова Н.С. - .: КНУТД. – 2003. -32 с.
16. Атлас конструкцій підйомно-транспортних машин. Навчальний посібник. ч.І. Крани і кранові механізми, Харків 2008.
17. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
18. Анурьев В.И. – Справочник конструктора – машиностроителя в 3-х томах – М.:Машиностроение .-1979.
19. Бондарев В.С., Дубинець О.І., Колісник М.П., Бондарев С.В., Горбатенко Ю.П. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підйомальних і транспортувальних машин - К.: Вища шк., 2009, 734 с.
20. Лисенко, І. М. Основи транспортування сипучих матеріалів. Харків: ХНУ, 2014.
21. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. – К.: Вицашк., 1988. – 424 с.
22. Иванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини. – К.: Вища школа, 1991– 576 с.
23. Марченко, В. О. Проектування стрічкових конвеєрів. Київ: КПІ, 2015.
24. Ловейкін В.С., Рибалко В.М., Ромасевич Ю.О., Матухно Н.В., Ляшко А.П., Деталі машин. Друге видання. Навчальний посібник. К.: «Компрінт», 2020. 736 с.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

25. Курмаз Л.В. Основи конструювання деталей машин: навчальний посібник. Харків: Видавництво «Підручник НТУ «ХП»». 2010. 532 с.
26. Любін М.З., Берник П.С. Механізація транспортуючих та вантажопідійомних робіт. Частина 1. – Київ-Вінниця.: Урожай, 1996. – 191 с.
27. Булгаков В. М. Інженерна механіка / В. М. Булгаков, О. І. Литвинов, Д.Г. Войтюк. - Вінниця: Нова книга, 2006. - 504 с.
28. Павлице В. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. Львів: Афіша, 2003. — 560 с.
29. Ісьєміні І. І. Проектування вузлів і механізмів ПТМ в середовищі Autodesk Inventor на прикладі гідравлічного буфера / І. І. Ісьєміні, С. Л. Смоляков // Машинобудування. - 2012. - № 10. - С. 6-14.
30. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. – Львів.: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 195 с.
31. Марковський М.Б., Диденко В.С. Розрахунок відкритих ланцюгових передач. Методичні розробки для студентів інженерних факультетів. – К, 1983. – 30с.
32. Лехман С.Д., Целинський В.П., Козирев С.М., Матохнюк Л.О., Бокотей А.Г. Довідк з охорони праці в сільському господарстві. – К.: Урожай, 1990. – 400 с.
33. Тарасов В.К. Безпека технологічних процесів і обладнання : навчально-методичний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 169 с.
34. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. [Чинний від 2018—04—10]. Київ : Міністерство соціальної політики України, 2018.
35. <https://zakon.rada.gov.ua>
36. ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві. Основні положення»;

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

37. НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт»;
38. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
39. НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників»;
40. Гарнець В.М., Безух А.В. Методологія створення машин: Навчальний посібник.- К.: "Хай-Тек Прес", 2010. - 376с.
41. https://agro-build-group.com.ua/ua/p1895599824-strichkovij-konveyer-shevronami.html?source=merchant_center&srsltid=AfmBOorSaFejehAy_J4a8zzcaXrp4MMbtNnYx5RlNLJ1mh-UnHOoq3ePKao
42. <https://prom.ua/p1425617285-lentochnyj-konvejer-transportyor.html>
43. https://4build-krasnopilly.com.ua/ua/p1565490789-transportery-lentochnye-konvejer.html?source=merchant_center&srsltid=AfmBOorKBjhXVhcqKWvsr1_VmzPSByJwQRmPj5w6U_PKAWBgjC5TPQyQoCw
44. https://4build-krasnopilly.com.ua/ua/p1608462047-portovyj-konvejer-dlya.html?source=merchant_center&srsltid=AfmBOoqQNKIbXDsB5xByIHre rqFiFeo4VS326zRcoH8RuNRvm26Y1vyRUVg
45. <https://yasno.ua/electricity-b2b>

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

ДОДАТКИ

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76