

**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
КОВШОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНА**

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 _____

Масліченко Владислав Ігорович

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

Масліченко Владислав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133- Галузеве машинобудування

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи

Розробка конструкції ковшового конвеєра для переміщення зерна

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

Масліченко В.І.

Зміст

Реферат.....	5
Вступ.....	6
Розділ 1. Технологічні основи функціонування ковшових конвеєрів	9
Розділ 2. Методика структурно-функціонального аналізу та морфологічне опрацювання варіантів конструкцій.....	23
Розділ 3. Інженерне обґрунтування та розрахунок конструкції ковшового конвеєра.....	30
Розділ 4. Охорона праці.....	52
Розділ 5. Техніко-економічні розрахунки.....	63
Висновки.....	72
Список літературних джерел.....	74
Додатки.....	78

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ЗМІСТ					
Разраб.		Масліченко В.І.						Лит.	Лист	Листов
Провер.		Кадикало І.О.							4	78
Реценз.								НУБіП України		
Н. Контр.		Ловейкін В.С.								
Утверд.										

Реферат

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему: «Розробка конструкції ковшового конвеєра для переміщення зерна» – складається з п'яти (5) розділів, що розміщені на сімдесяти восьми (78) сторінках друкованого тексту, чотирнадцяти (14) рисунків, трьох таблиць (3), висновків, сорока (40) літературних джерел, додатків та графічної частини.

Пояснювальна записка бакалаврської кваліфікаційної роботи містить наступні розділи:

Вступну частину;

Технологічні основи функціонування ковшових конвеєрів;

Методика структурно-функціонального аналізу та морфологічне опрацювання варіантів конструкцій;

Інженерне обґрунтування та розрахунок конструкції ковшового конвеєра;

Охорона праці;

Техніко-економічні розрахунки.

Ключові слова: конвеєр, ківш, елеватор, привод, вантаж, зерно, продуктивність, привод, безпека, ефективність.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Масліченко В.І.			РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Кадикало І.О.					5	78
<i>Реценз.</i>						НУБіП України		
<i>Н. Контр.</i>		Ловейкін В.С.						
<i>Затверд.</i>								

Вступ

Однією з провідних тенденцій розвитку сучасного сільськогосподарського виробництва є широке впровадження комплексної механізації на всіх етапах технологічного процесу, зокрема в частині навантажувально-розвантажувальних та внутрішньоцехових транспортних операцій. З метою підвищення продуктивності, зменшення питомих витрат ручної праці, а також раціонального використання матеріально-технічних ресурсів, необхідно забезпечити сільськогосподарське виробництво ефективними механізмами, які виконують функції подачі, транспортування та розподілу сипучих матеріалів, зокрема зерна.

Згідно з виробничими даними, витрати, пов'язані з транспортними операціями, включаючи завантаження, переміщення та вивантаження сільськогосподарських продуктів, у ряді випадків становлять до 70% загальної собівартості продукції. Така частка транспортних витрат обумовлює необхідність підвищення технічного рівня транспортуючих пристроїв, зокрема створення конвеєрного обладнання, яке здатне забезпечити ритмічність, безперебійність та надійність транспортувальних процесів у рамках єдиного технологічного ланцюга.

Ковшові конвеєри, які належать до категорії безперервно діючих транспортуючих машин, є доцільним інженерним рішенням при переміщенні зернових та інших сипучих матеріалів на вертикальну або круто похилу висоту. На відміну від інших видів транспорту, ковшові конвеєри характеризуються значною пропускною здатністю при компактних габаритах, стабільним режимом роботи, високим ступенем автоматизації та низькими енерговитратами на одиницю переміщеного вантажу. Вони здатні ефективно транспортувати продукцію на значні висоти при збереженні структурної

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Масліченко В.І.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					6	78
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Ловеїкін В.С.						
Затверд.								

цілісності матеріалу.

У системах зберігання та обробки зернової продукції ковшові конвеєри відіграють ключову роль, оскільки вони забезпечують вертикальне транспортування сипучого вантажу, включаючи подачу зерна до сушильних камер, сепараторів, норійних башт, завантаження та розвантаження зерносховищ, а також рециркуляцію сировини між різними вузлами комплексу. Такі машини можуть працювати в автоматизованому режимі з мінімальним залученням обслуговуючого персоналу, що особливо актуально для умов великотоннажного серійного виробництва.

Інженерно-технічне обґрунтування створення нового типу ковшового конвеєра полягає у підвищенні його енергоефективності, конструктивної надійності, здатності до тривалої роботи в агресивних середовищах та зниженні експлуатаційних витрат. У конструкції повинні бути враховані особливості зернових культур (здатність до руйнування при ударі, абразивність, злежуваність тощо), що впливає на вибір швидкості стрічки, форми ковшів, матеріалу корпусу та захисних елементів.

Проектування ковшового конвеєра здійснюється з урахуванням режиму його експлуатації, типу і фізико-механічних властивостей переміщуваного матеріалу, необхідної продуктивності, висоти підйому, особливостей монтажу та обслуговування. Також враховується можливість виникнення аварійних ситуацій та вимоги до охорони праці.

Крім того, конвеєрна технологія має переваги перед автомобільним або залізничним транспортом у межах сільськогосподарських підприємств. Основною перевагою є те, що участь оператора у самому процесі транспортування є мінімальною або повністю відсутня. Працівник лише обслуговує механізм, що значно підвищує безпеку праці та зменшує ризики травмування. Для роботи конвеєрної установки потрібне лише електроживлення, що, в порівнянні з колісним транспортом, який використовує рідке паливо, є значно вигіднішим з точки зору вартості енергоносіїв.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектування конвеєра передбачає виконання низки розрахунків, які включають визначення необхідної потужності приводу, розрахунок тягового зусилля, вибір типу та матеріалу стрічки, геометричних параметрів ковшів, розміщення ведучого і веденого барабанів, розрахунок вала приводу, підшипникових вузлів, а також вибір натяжного пристрою, муфт та редукторів.

Крім основних конструктивних елементів, у процесі розробки обов'язково враховуються питання динамічних навантажень, вібрацій, теплових деформацій, можливості блокування, пробуксовки стрічки та підвищення абразивного зносу при тривалому використанні. Усі ці аспекти враховуються при підборі матеріалів для виготовлення деталей, виборі режимів роботи та оцінці ресурсу елементів вузлів і агрегатів.

Суттєве значення має розробка заходів з охорони праці, включаючи організацію безпечного доступу до механізмів, установку захисних кожухів на обертові частини, автоматичне відключення при перевантаженні, протипожежний захист, заземлення та сигналізацію аварійних ситуацій. Важливо також забезпечити дотримання нормативних показників шуму, освітленості, мікроклімату, а також передбачити засоби індивідуального захисту для працівників.

У кінцевому результаті, ефективність ковшового конвеєра визначається сукупністю показників, таких як: продуктивність, питома енергоємність, надійність, ресурс, вартість обслуговування та ремонту, швидкість транспортування, адаптованість до конкретних умов виробництва та вартість одиниці продукції, переміщеної за одиницю часу. Усе це дозволяє вважати дану тему актуальною, оскільки вона вирішує низку техніко-економічних завдань у сфері аграрного машинобудування та сприяє підвищенню рівня механізації в зерновому секторі.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОВШОВИХ КОНВЕЄРІВ

Ковшові конвеєри належать до категорії обладнання безперервної дії, що реалізують транспортування сипучих вантажів у вертикальному або крутопохилому напрямку. Їх конструктивна специфіка забезпечує постійний потік матеріалу при мінімальній участі обслуговуючого персоналу, що є критично важливим у високопродуктивних технологічних процесах. Використання таких транспортуючих систем набуло широкого поширення у різних галузях промисловості та сільського господарства, де існує потреба у переміщенні великої кількості насипних матеріалів на значну висоту.

Основним функціональним призначенням ковшових конвеєрів є вертикальне або крутонахилене транспортування дрібнодисперсних, зернистих та кускових вантажів. Завдяки наявності робочих органів у вигляді ковшів, які жорстко або шарнірно закріплюються на тяговому елементі, забезпечується ефективне захоплення, транспортування і скидання матеріалу у відповідну зону розвантаження. Виробнича практика свідчить, що найбільш доцільним є застосування ковшових конвеєрів у умовах, де необхідно організувати підйом зерна, комбікорму, піску, цементу, мінеральних добрив, щебеню або вугілля на висоту, що перевищує 10–15 метрів. Саме в таких випадках стрічкові або гвинтові аналоги часто виявляються малоефективними або технічно непридатними.

В аграрному секторі конвеєри з ковшовим робочим органом експлуатуються як складова частина технологічних ліній зерноочисних комплексів, елеваторних потужностей, борошномельного та круп'яного

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Масліченко В.І.			ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОВШОВИХ КОНВЕЄРІВ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					9	78
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								

виробництва. У промисловості ковшові конвеєри активно застосовуються для подачі сировини у змішувачі, печі, реактори, дробарки, а також у складі механізмів для завантаження бункерів, силосів та перевантажувальних пристроїв. За рахунок простої та перевіреної конструкції ці машини демонструють високі показники надійності навіть при роботі в агресивному або запиленому середовищі.

Залежно від характеру та властивостей вантажу, що транспортується, ковшові конвеєри можуть бути обладнані відповідними типами ковшів – глибокими, дрібними, відкритими або герметичними. Важливою особливістю є також вибір тягового органа – стрічкового або ланцюгового. Перший варіант більш поширений у випадках транспортування легких, сипучих матеріалів, тоді як ланцюгова система забезпечує більшу тягову здатність при роботі з важкими, абразивними або великогабаритними вантажами. Для забезпечення безперервної подачі вантажу на визначену висоту застосовується замкнений контур тягового елемента, який охоплює натяжні та приводні барабани.

Порівняно з альтернативними видами транспортування (автотранспорт, залізничні платформи, гвинтові або пневматичні транспортери), ковшові конвеєри мають низку переваг. По-перше, вони не потребують постійної участі оператора в процесі переміщення вантажу, що суттєво знижує витрати на персонал. По-друге, процес переміщення повністю механізований і відбувається за рахунок електричної енергії, яка, порівняно з дизельним паливом чи бензином, є більш доступним і дешевшим енергоресурсом. По-третє, конвеєрна система дозволяє організувати подачу матеріалу у замкненому просторі, що значно знижує рівень пиловиділення, зменшує втрати матеріалу та сприяє дотриманню санітарно-гігієнічних норм на підприємстві.

Незважаючи на позитивні риси, ковшові конвеєри мають і певні експлуатаційні обмеження. Наприклад, для їх ефективної роботи необхідно забезпечити рівномірну подачу матеріалу на завантажувальну ділянку, а також дотримуватися допустимого рівня наповнення ковшів. Перевантаження або

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

неузгоджене завантаження може спричинити передчасне розвантаження вантажу на зворотному ході або спричинити перевантаження приводного двигуна. Також можливі ускладнення при транспортуванні вологих, липких, злежуваних або агресивних речовин, що можуть налипати до внутрішніх поверхонь ковшів, ускладнюючи їх спорожнення.

Конструктивна простота, висока функціональна надійність та достатній експлуатаційний ресурс роблять ковшові конвеєри одним із ключових механізмів у системах вертикального і похилого транспортування. Їх використання дозволяє суттєво знизити собівартість переміщення одиниці матеріалу та мінімізувати втрати в процесі внутрішньоцехового логістичного переміщення сировини чи готової продукції.

Загалом, доцільність впровадження ковшового конвеєра до технологічної схеми будь-якого підприємства визначається не лише характеристиками вантажу, але й просторовими обмеженнями об'єкта, необхідною продуктивністю системи, можливостями поєднання з іншими механізмами лінії та економічною доцільністю. Як показує аналіз, при грамотному проектуванні й належному технічному обслуговуванні, ковшові конвеєри здатні забезпечити тривалу й стабільну експлуатацію без необхідності значного технічного втручання або частих ремонтів.

Сучасна класифікація ковшових конвеєрів ґрунтується на ряді параметрів, серед яких основними є: орієнтація розташування у просторі, тип застосованого тягового елемента, кількість тягових ниток, а також режим функціонування агрегату. Кожен з цих факторів має безпосередній вплив на конструктивну специфіку обладнання, його технічні характеристики та сферу застосування.

Залежно від орієнтації в просторі, ковшові конвеєри поділяють на вертикальні, похилі та комбіновані. Вертикальні моделі застосовують у випадках, коли необхідно здійснити підйом матеріалу на значну висоту при мінімальному горизонтальному переміщенні. Вони забезпечують компактність системи в умовах обмеженого простору та дозволяють

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

раціонально використовувати площу виробничого приміщення. Похилі варіанти, у свою чергу, слугують для подачі матеріалу під кутом, коли повністю вертикальна конструкція є технічно недоцільною через обмеження, пов'язані з розміщенням або особливостями продукції. Комбіновані конфігурації включають ділянки як вертикального, так і похилого переміщення, що дозволяє оптимізувати маршрут транспортування з урахуванням специфіки технологічного процесу.

Наступним критерієм поділу є вид тягового органу. У ковшових конвеєрах застосовуються стрічкові та ланцюгові тягові елементи. Стрічкові конвеєри характеризуються меншою питомою масою обладнання, вищою плавністю ходу та здатністю до роботи на більших швидкостях. Їх рекомендовано використовувати при транспортуванні дрібнодисперсних, сипучих і пилоподібних матеріалів, зокрема в аграрному секторі, борошномельному та комбікормовому виробництвах. Водночас стрічковий привід має обмежену тягову здатність і чутливий до навантажень з боку абразивних частинок.

Ланцюгові конвеєри, навпаки, відзначаються підвищеною міцністю і надійністю роботи в умовах значних навантажень. Вони переважно застосовуються при транспортуванні важких, великокускових або гарячих вантажів, а також у середовищах з підвищеною вологістю чи забрудненням. Ланцюг, як тяговий елемент, здатний передавати великі зусилля, що дозволяє забезпечити надійність експлуатації на ділянках з підвищеною механічною напругою.

Залежно від конфігурації тягового елемента ковшові конвеєри розрізняють за кількістю ланцюгів чи стрічок, до яких кріпляться ковші. Виділяють одноланцюгові (або однострічкові) та дволанцюгові (двострічкові) конвеєри. Перший варіант має простішу конструкцію, меншу масу і вартість виготовлення, проте є менш стійким до перекосів та асиметричних навантажень. Дволанцюгові установки мають два паралельні тягові елементи, що забезпечує рівномірне навантаження, стійкість до перекосів ковшів та

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

можливість збільшення ширини захоплення. Їх застосовують при високих вимогах до продуктивності, зокрема на великих агропромислових або гірничодобувних підприємствах.

Окрему категорію класифікації становить поділ за режимом роботи. Тут розрізняють тихохідні та швидкохідні ковшові конвеєри. Тихохідні агрегати функціонують на низьких швидкостях, зазвичай до 1 м/с, що забезпечує м'яке завантаження та вивантаження матеріалу. Такий режим мінімізує пошкодження вантажу та сприяє тривалішому ресурсу обладнання. Тихохідні системи доцільно використовувати для переміщення крихких, вологих або злежаних матеріалів, які схильні до злипання або мають підвищену абразивність.

Швидкохідні моделі характеризуються високими швидкостями руху ковшів, що дозволяє досягти високої продуктивності при транспортуванні сипучих матеріалів з хорошими насипними властивостями. Для таких машин обов'язковим є застосування відцентрового або спрямованого розвантаження, яке забезпечує ефективне спорожнення ковшів при збереженні стабільності технологічного процесу. Проте через інтенсивні навантаження швидкохідні конвеєри потребують більш ретельного технічного обслуговування та мають обмеження щодо типів вантажів, з якими можуть працювати.

Таблиця 1.1. Класифікація ковшових конвеєрів

Критерій класифікації	Типи конвеєрів	Особливості
За розташуванням	Вертикальні, похилі, комбіновані	Визначають напрямок переміщення вантажу: строго вертикально, під кутом, або з переходами
За типом тягового органу	Стрічкові, ланцюгові	Тип тягового елемента впливає на конструкцію, швидкість та витривалість машини
За кількістю тягових елементів	Одноланцюгові, дволанцюгові	Кількість ланцюгів впливає на стійкість, навантаження і тип вантажу, що переміщується
За режимом роботи	Тихохідні, швидкохідні	Режим швидкості роботи конвеєра адаптується під властивості матеріалу та вимоги виробництва

У структурі ковшового конвеєра ключову роль відіграє нескінченний тяговий елемент. У залежності від умов експлуатації та характеристик

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

переміщеного матеріалу він може бути виконаний у вигляді гумовотканинної стрічки або металевого ланцюга. Стрічкові системи переважно застосовуються у високошвидкісних конвеєрах, де критичною є мінімізація маси рухомих елементів та плавність ходу. Ланцюгові тягові органи мають вищу міцність, дозволяють працювати при великих навантаженнях та температурних коливаннях, а також краще адаптовані до транспортування абразивних і важких матеріалів.

Ковші, прикріплені до тягового органа, формують активну частину конвеєра. Вони виготовляються з конструкційної сталі, зносостійкого чавуну, армованих полімерів або технічної гуми — вибір матеріалу залежить від абразивності, вологості, температури і сипучості вантажу. За геометрією і компоновкою розрізняють ковші розставленого та зімкнутого типу. Розставлені ковші мають більший крок між собою, можуть бути глибокими, мілкими, з отвором у дні або повністю відкритими. Такі варіанти зручні для транспортування дрібнодисперсних і сипучих вантажів з підвищеною плинністю. Зімкнуті ковші, які кріпляться без зазорів, характеризуються підвищеною вантажопідйомністю і застосовуються переважно для тяжких та кускових фракцій, а також для мокрих і липких матеріалів, що мають схильність до злежування.

Завантаження матеріалу у ковші може здійснюватися способом зачерпування або прямим засипанням. Перший варіант реалізується за допомогою нижнього завантажувального лотка, де ковші, рухаючись по колу, проходять через шар сипучого матеріалу. Засипне завантаження передбачає використання направляючого каналу, через який матеріал безпосередньо потрапляє в ковші з мінімальним розсипом. Вибір методу залежить від фракційного складу і схильності матеріалу до утворення пилу.

Розвантаження здійснюється або під дією відцентрової сили при проходженні ковшів через приводний барабан, або вільним способом (самопливом) при зміні напрямку руху робочого органа. У випадку швидкохідних конвеєрів (понад 1,5 м/с) доцільним є використання від-

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

центрового способу, тоді як тихохідні установки (менше 1 м/с) працюють з гравітаційним розвантаженням.

Натяжні пристрої, встановлені у нижній частині приводу, забезпечують необхідну силу натягу тягового елемента та компенсують подовження при експлуатації. У стрічкових системах це зазвичай гвинтові або вантажні натягувачі, а в ланцюгових — пружинні або гідравлічні компенсатори. Направляючі ролики, опорні барабани, зірочки (у ланцюгових) та захисні кожухи також формують допоміжну систему підтримки та безпеки.

Вибір типу ковшів є критично важливим етапом при проектуванні конвеєра. Глибокі ковші з пологою передньою кромкою краще підходять для пилоподібних і легких сипких вантажів, таких як цемент, зола або зернові. Мілкі ковші мають крутоспадну передню кромку та забезпечують краще випорожнення при розвантаженні, що актуально для вологих і клейких матеріалів. Для транспортування компонентів з високим вмістом вологи або агресивного середовища обирають ковші з отвором у днищі, що забезпечує дренаж або зменшує масу. Також у конструкції передбачають використання ковшів без дна або з частковим обмеженням — особливо при транспортуванні матеріалів, схильних до налипання.

Питання вибору матеріалу виготовлення ковшів вирішується на основі характеристик вантажу. Для звичайних умов використовують ковші зі звичайної вуглецевої сталі; за потреби підвищеної зносостійкості — зі сталі з твердими накладками; для харчових чи хімічно активних вантажів — з полімерів; при високих температурах — з чавуну або жаростійких сплавів.

Вибір тягового органа впливає на геометрію всього транспортного пристрою, його швидкісні параметри, довговічність і експлуатаційну надійність. Стрічкові тягові елементи виготовляються у вигляді гумотканинних або гумотросових стрічок. Перший варіант застосовується для середніх навантажень і помірної швидкості руху. Гумотросові модифікації призначені для важких умов, оскільки дозволяють передавати значні тягові зусилля і мають підвищену стійкість до розтягування.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Ланцюгові приводи краще адаптовані до ситуацій, де необхідне високе тягове зусилля, тривалий ресурс експлуатації та стійкість до високих температур або агресивного середовища. Вони мають більшу масу, вимагають змазки, однак менш чутливі до забруднень, а в разі пошкодження — простіше піддаються ремонту. Крім того, ланцюгові системи дозволяють реалізовувати складні геометричні конфігурації траси конвеєра, що важко забезпечити стрічковим аналогам.

З експлуатаційної точки зору, стрічкові тягові органи забезпечують вищу плавність ходу, менший рівень шуму та знижене енергоспоживання за рахунок меншої маси і меншого опору обертанню. Однак при роботі з абразивними матеріалами зростає ризик порізів і механічних пошкоджень, тому в таких умовах доцільніше застосовувати ланцюгові системи з підсиленою конструкцією.

У цілому, вибір між стрічкою і ланцюгом повинен базуватись на ретельному аналізі робочих умов, обсягів транспортування, середньої маси вантажу, необхідної висоти підйому, допустимої швидкості та прийняттого рівня експлуатаційних витрат. Для дрібнодисперсних і сухих фракцій, таких як зерно, комбікорми, сіль або сода, перевагу зазвичай надають стрічковим конвеєрам. Для транспортування вугілля, щебеню, руди, гарячого шлаку або подрібненого металу — доцільнішими є ланцюгові варіанти.

У процесі експлуатації ковшових конвеєрів, які призначені для вертикального та похилого переміщення сипучих і гранульованих вантажів, значну увагу необхідно приділяти аналізу технологічних властивостей переміщуваних матеріалів. Серед основних факторів, що визначають умови роботи обладнання, вирізняють сипучість, вологість, абразивність, здатність до злежування та злипання вантажу. Наприклад, при транспортуванні дрібнодисперсних та вологих фракцій може виникати ефект залипання матеріалу у ковшах або на поверхні стрічки, що призводить до зниження ефективності вивантаження та порушення ритмічності подачі.

У разі експлуатації конвеєрів із неадекватно підбраною геометрією

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

ковшів або швидкісними параметрами тягового органа, спостерігається перевантаження системи або її недостатнє наповнення, що впливає на коефіцієнт використання робочого об'єму. У таких ситуаціях конвеєрні системи схильні до засмічення, нерівномірного розподілу навантаження на стрічку або ланцюг, виникнення надмірного зносу та потреби у частому сервісному втручанні.

З метою уникнення негативних наслідків у процесі експлуатації передбачаються регулярні технологічні та технічні процедури: очищення поверхонь, профілактичне змащення рухомих елементів, а також комплексні огляди вузлів на предмет зносу, деформацій чи порушення геометрії кріплення ковшів. Обслуговування повинно здійснюватись у межах регламенту, що враховує інтенсивність експлуатації та властивості середовища, у якому працює обладнання.

Однією з важливих складових ефективної роботи ковшового конвеєра є точне визначення його основних геометричних параметрів та кінематичних характеристик. До них належать висота підйому вантажу, крок розміщення ковшів, а також швидкість переміщення тягового елемента. Для оптимізації конструкції необхідно проаналізувати ймовірні варіанти зміни продуктивності при зміні цих параметрів. Ширина, глибина, виліт та об'єм ковшів безпосередньо впливають на добову продуктивність системи. Невідповідність між обраною швидкістю стрічки або кроком ковшів і фактичними властивостями вантажу може призводити до зниження коефіцієнта завантаження або втрат продукції під час розвантаження.

Конструктивні особливості ковшів, включно з їх формою, внутрішнім об'ємом, співвідношенням ширини до висоти, повинні враховуватись під час розрахунків ефективності. Коефіцієнт заповнення, що визначає співвідношення між фактичним і номінальним об'ємом завантаженого ковша, може варіюватися в залежності від властивостей вантажу. Правильний вибір кута початку розвантаження та відповідної конфігурації ковша (наприклад, з нахиленим дном або відбійником) визначає повноту випорожнення і мінімізує

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

залишкове накопичення матеріалу всередині.

У системах, що працюють в умовах значного зносу, особливу увагу приділяють забезпеченню довговічності. Для підвищення ресурсу кріплень ковшів використовують посилені конструкції з додатковими накладками, гумовими прокладками або металевими підкладками. Зносостійкість конвеєра значною мірою залежить також від вибору матеріалу, з якого виготовлені ковші, стрічка чи ланцюг. У середовищах з високою абразивністю або агресивними компонентами доцільним є використання сталевих або армованих полімерних деталей з додатковим антикорозійним захистом.

Зовнішні фактори, такі як пил, підвищена вологість, температурні коливання або хімічно агресивне середовище, потребують впровадження заходів герметизації. Конвеєри, що експлуатуються в закритих просторах із високим пилоутворенням, додатково обладнуються захисними кожухами, вентиляційними відводами та герметичними ущільненнями зони завантаження та вивантаження.

Серед типових помилок, що виникають у процесі проектування або експлуатації ковшових конвеєрів, слід виділити перевантаження ковшів понад розрахунковий об'єм, що призводить до нештатної роботи та прискореного зносу елементів системи. Неправильно визначене розташування розвантажувального патрубку може стати причиною нерівномірного випорожнення або часткового втрачання матеріалу. Помилковий вибір типу ковша без урахування фізико-механічних характеристик вантажу (наприклад, висока вологість чи абразивність) може спричинити утворення налипання або надмірний знос кромки. Також одним із найпоширеніших негативних факторів є надмірне навантаження на тяговий орган, що виникає при некоректному підборі режимів роботи або несвоєчасному обслуговуванні.

У сучасних виробничих лініях ковшові конвеєри широко застосовуються в різних галузях промисловості. Зокрема, в аграрному секторі вони є невід'ємним елементом зернопереробних комплексів, де здійснюють транспортування очищеного та необробленого зерна з комор на технологічні

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

вузли. У борошномельному виробництві конвеєри забезпечують підйом сировини до висотних накопичувальних ємностей та її подачу на сортувальні або подрібнювальні установки. У системах комбікормових заводів ковшові конвеєри використовуються для переміщення як сировинних компонентів, так і готових сумішей у бункери фасування.

У будівельній індустрії ковшові конвеєри виконують функцію вертикального транспортування таких матеріалів як пісок, цемент, щебінь, шлаки. У цьому випадку вони часто працюють в умовах підвищеного пилового навантаження та абразивності матеріалу, тому конструкція системи повинна відповідати жорстким вимогам до зносостійкості та герметичності.

Каркас ковшового конвеєра, або корпус, виконує функцію направляючої структури та захисного кожуха. Він складається з двох головних секцій: головки та натяжної станції, між якими розміщується вертикальна або похила частина зварного або болтового типу. У верхній частині (головці) знаходиться приводний барабан (або зірочка у ланцюговому варіанті), що забезпечує обертання тягового органа, а також зона розвантаження. Конструкція головки часто містить оглядові люки для сервісу та елементи захисту від перевантаження. У нижній частині конструкції розташовується натяжна станція з регульованим механізмом натягування стрічки або ланцюга. Її роль полягає в компенсації температурних або механічних розтягів тягового органа під час експлуатації.

Завантаження ковшів здійснюється у нижній частині корпусу, де вбудовано завантажувальний бункер. Він може мати фіксовану або змінну форму в залежності від параметрів матеріалу, що подається. Для зменшення зносу та попередження перевантаження вхідна секція бункера оснащується напрямними елементами та підсиленими стінками. Розвантаження ковшів відбувається у верхній частині за допомогою дії сили інерції, відцентрової сили або сили тяжіння, залежно від конструктивної швидкості руху і типу конвеєра. При швидкості до 1 м/с ковші спорожнюються під власною вагою, у швидкохідних системах (до 4 м/с) діє ефект відцентрового викиду.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Рухливість тягового елемента забезпечується комплектом напрямних роликів або зірочок, розміщених уздовж всього маршруту транспортування. У стрічкових системах ролики сприяють плавному обертанню та підтриманню стабільного натягу стрічки, у ланцюгових — функцію напрямку виконують напрямні шини або жолоби, які знижують тертя та підвищують зносостійкість системи.

Одним із ключових елементів є механізм натягнення, конструктивно виконаний у вигляді гвинтової або вантажної системи. Він забезпечує підтримання необхідного зусилля натягу, що запобігає прослизанню, скоззуванню або зносу стрічки. У сучасних системах все частіше впроваджуються гідравлічні або пневматичні натяжні пристрої, які автоматично компенсують зміну довжини тягового елемента під дією температурного розширення або навантаження.

Слід також відзначити наявність систем очищення, які запобігають налипанню матеріалу на стрічку або ковші. Це можуть бути скребкові очищувачі, щітки або спеціальні обдувальні пристрої, що дозволяють видаляти залишки матеріалу на виході або у зворотній гілці. Їх ефективність значною мірою впливає на довговічність конвеєра та підтримання його стабільної роботи.

У конструкції ковшового конвеєра передбачено елементи для огляду та технічного обслуговування, зокрема ревізійні люки, платформи доступу, напрямні кришки для швидкого демонтажу. Це спрощує контроль стану зношених компонентів і дає змогу оперативно проводити регламентні роботи без демонтажу всієї системи.

Особливу увагу при проектуванні конструкції приділяють рівню герметичності. В умовах транспортування пилоподібних вантажів кожухи виготовляють із ущільненнями, що не допускають викидів у повітряне середовище. У ряді випадків додатково монтуються фільтраційні системи, що забезпечують очищення повітря від пилу, утвореного при розвантаженні.

З метою підвищення надійності та тривалості служби окремі елементи ковшо-

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

вого конвеєра підлягають зміцненню. Зокрема, зони кріплення ковшів до тягового органа підсилюються за допомогою накладок із зносостійкої сталі або полімерів, що запобігає передчасному розриву стрічки або розтягуванню отворів. Також застосовуються спеціальні захисні покриття на внутрішніх стінках корпусу, які зменшують абразивний вплив частинок.

Конструктивна компоновка конвеєра розраховується таким чином, щоб мінімізувати кількість вигинів, стиків та точок перевантаження, що сприяє зменшенню втрат продуктивності та зниженню ризику поломок. У промислових умовах значна увага приділяється наявності аварійних зупинок, систем контролю навантаження, датчиків натягу та термодатчиків, які дозволяють запобігати несправностям ще до моменту їх виникнення.

Ковшові конвеєри як об'єкти транспортної техніки безперервної дії характеризуються значною варіативністю конструктивного виконання, що зумовлює потребу в детальній класифікації їх основних типів. Таке класифікаційне розмежування виконує функцію базової основи для вибору доцільної моделі устаткування відповідно до конкретних умов використання. Основними чинниками, які впливають на правильність інженерного вибору, виступають фізико-механічні властивості вантажу, технологічні параметри виробництва, вимоги до ефективності процесу транспортування, а також специфіка середовища експлуатації. Саме тому технічне проектування конвеєрів повинно проводитися із урахуванням не лише загальних техніко-економічних показників, а й у контексті особливостей технологічного циклу, у який вписується транспортна система.

У ході інженерного опрацювання ковшового конвеєра обов'язковою умовою є синхронізоване визначення його основних конструктивних компонентів. Взаємозалежний вибір таких елементів, як тип тягового органа, вид і геометрія ковшів, система завантаження та вивантаження, натяжні вузли та направляючі механізми, має базуватися на попередньому аналізі умов експлуатації. Зокрема, враховуються фактори вібраційної динаміки, вплив абразивного середовища, температурні коливання та рівень запиленості. Крім

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

того, враховується доступність до сервісного обслуговування, ремонтоздатність конструктивних вузлів і потенційні затрати на їх технічну підтримку впродовж усього життєвого циклу агрегату.

Формування ефективної конструкції ковшового конвеєра неможливе без належного урахування продуктивності системи в розрізі характеру та об'єму транспортуємого матеріалу. Для сипучих, зернистих або пилоподібних вантажів доцільним є використання стрічкових систем з відповідною формою ковшів, які дозволяють забезпечити стабільне завантаження і повне вивантаження без утрат. У той же час, для транспортування більш важких, злежуваних або агресивних за хімічним складом вантажів доцільніше використовувати посилені ланцюгові конструкції, які краще витримують навантаження та забезпечують підвищену зносостійкість робочих елементів.

Ковшові конвеєри мають низку функціональних переваг, які сприяють їх широкому впровадженню в різних виробничих сферах — як у промисловості, так і в аграрному секторі. Вони вирізняються компактністю компонування при високій висоті підйому, безперервністю процесу подачі вантажу та можливістю герметичного виконання корпусу, що мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище. Водночас ефективність експлуатації таких систем у значній мірі залежить від коректно підібраних параметрів конструкції, правильного технічного обслуговування і періодичного технічного нагляду.

Завдяки вдалому поєднанню простоти конструкції, високої продуктивності та можливості адаптації до різних типів навантаження, ковшові конвеєри залишаються конкурентоспроможним рішенням для транспортування сипучих матеріалів на вертикальних і круто похилих ділянках. У разі грамотного проектного підходу, що враховує специфіку експлуатації та потребу в довготривалій безперервній роботі, такі системи здатні функціонувати протягом багатьох років із мінімальними затратами на обслуговування і модернізацію.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Розділ 2

МЕТОДИКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ТА МОРФОЛОГІЧНЕ ОПРАЦЮВАННЯ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

Метод морфологічного аналізу та синтезу у сфері конструювання технічних систем, зокрема ковшових конвеєрів, базується на принципах комбінаторики, зокрема застосуванні правила множення для створення повного переліку технічно доцільних рішень. Сутність цього методологічного підходу полягає у систематизації всіх значущих конструктивних або функціональних ознак об'єкта проектування, а також у виявленні для кожної ознаки можливих альтернатив реалізації. Послідовне комбінування таких варіантів дозволяє створити широкий спектр допустимих конфігурацій обладнання, серед яких можуть бути виявлені оптимальні рішення з технічної та економічної точки зору.

Застосування морфологічного підходу дозволяє враховувати велику кількість параметрів при проектуванні ковшових конвеєрів, що особливо актуально в умовах індивідуального або серійного виробництва з високим ступенем варіативності умов експлуатації. Метод забезпечує системність при виборі технічних рішень, сприяє уникненню непослідовності в прийнятті інженерних рішень, а також дозволяє ідентифікувати неочевидні, але потенційно ефективні варіанти конструкційних поєднань.

Першим етапом застосування методу є чітке визначення цілі технічного завдання. У контексті конструювання ковшового конвеєра це може бути, наприклад, підвищення продуктивності агрегату при одночасному зменшенні габаритів або забезпечення транспортування вантажів підвищеної абразивності. Після цього виконується розширене формалізоване описання

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Масліченко В.І.			МЕТОДИКА СТРУКТУРНО- ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ТА МОРФОЛОГІЧНЕ ОПРАЦЮВАННЯ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКЦІЙ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					23	78
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								

об'єкта — ковшового конвеєра, з фіксацією його основних техніко-експлуатаційних характеристик: тип приводу, режим функціонування, вантажопідйомність, допустимий рівень зносу, тощо.

Наступний етап включає ідентифікацію конструктивних підсистем та формування переліку їхніх можливих реалізацій. Наприклад, для тягового органа можуть бути розглянуті варіанти стрічкового та ланцюгового типу; для системи завантаження — варіанти із зачерпуванням або засипанням; для конфігурації ковшів — глибокі, трапецієвидні, з отворами або без дна. Для кожного з цих елементів складається набір альтернатив, що дозволяє утворити багатовимірну морфологічну таблицю, де кожна комірка містить один із варіантів реалізації тієї чи іншої ознаки.

На підставі створеної морфологічної матриці проводиться процедура генерації варіантів технічних рішень шляхом повного або часткового перебору комбінацій ознак. Кожен сформований варіант розглядається як потенційна конструкція ковшового конвеєра, яку можна оцінити за заданими критеріями ефективності, надійності, матеріалоемності, вартості виготовлення та експлуатаційної доцільності.

Для скорочення обсягу аналізу та оптимізації перебору можливих поєднань доцільним є впровадження обмежень або критеріїв відбору. Наприклад, при транспортуванні дрібнодисперсного матеріалу виключаються варіанти ковшів із відкритим дном. Або, якщо задана висока швидкість переміщення, то ланцюгові тягові органи можуть бути замінені на більш відповідні стрічкові.

Фінальним етапом методики є оцінка отриманих технічних комбінацій та виділення найбільш доцільних з них для подальшого інженерного опрацювання. Така оцінка може проводитись як експертним методом, так і шляхом техніко-економічного аналізу із застосуванням математичних моделей, наприклад функцій втрат, вагових коефіцієнтів або методів багатокритеріального оцінювання.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

У контексті конструювання ковшових конвеєрів цей метод особливо ефективний на етапах попереднього проєктування, коли відсутній жорсткий регламентований шаблон готового рішення. Метод дозволяє проаналізувати не лише варіативність конструктивного виконання, але й гнучко адаптувати системний підхід до умов функціонування. Наприклад, у випадку зміни технологічного процесу або при необхідності уніфікації конвеєра для різних видів вантажу (зерно, пісок, гранулят), морфологічний аналіз дає змогу переосмислити архітектуру машини без повної перебудови проєкту.

Методологія морфологічного аналізу дозволяє реалізовувати системний інженерний підхід, коли кожен елемент — від типу напрямних до форми завантажувального вузла — розглядається не ізольовано, а в контексті всієї функціональної структури машини. Це дозволяє досягти максимального узгодження між підсистемами, уникнути технічних конфліктів, та закласти основу для підвищення ремонтпридатності, модульності та технологічності конструкції ковшового конвеєра.

Таким чином, морфологічний аналіз виступає не лише як інструмент генерації технічних рішень, а й як засіб оптимізації проєктного процесу в цілому. Він дає змогу реалізувати принцип відкритості інженерного мислення, формувати нові підходи до класичних завдань та забезпечує підвищення надійності та функціональної ефективності конвеєрних систем при їх впровадженні у виробничі процеси різної складності та масштабу.

Оцінювання кількості можливих технічних конфігурацій ковшового конвеєра здійснюється за формулою комбінаторного добутку, яка враховує кількість функціональних складових системи та кількість альтернатив для кожної з них. У нашому випадку ця кількість дорівнює добутку:

$$N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot \dots \cdot n_m = 4 \cdot 7 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 = 29400,$$

де m — загальне число ключових вузлів; n_i — кількість варіантів реалізації i -го функціонального елемента системи.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.1 - Морфологічна таблиця можливих варіантів ковшового конвеєра

		Функціональні елементи					
№	Привід		Муфта	Гальмівний механізм	Тяговий орган	Ковші	Натяжний механізм
	Електропривід	Передавальний механізм					
1	Постійного струму	Циліндричний редуктор	Фрикційна	Храповий	Стрічка	Глибокі металеві	Лебідковий
2	Змінного струму синхронний	Черв'ячний редуктор	Зубчата	Обгінна муфта	Ланцюг	Глибокі полімерні	Зі змінним кутом нахилу
3	Змінного струму асинхронний	Планетарний редуктор	Ланцюгова	-	Канат	Гострокутні металеві замкнуті	Хвостовий лебідкового типу
4	-	Конічний редуктор	Шарнірна	-	-	Гострокутні полімерні замкнуті	Гвинтовий
5	-	Хвильовий редуктор	Тороподібна	-	-	Ковші без дна	Пружинно – гвинтовий
6	Мотор - редуктор		Гідромуфта	-	-	-	-
7	-	Комбінований редуктор	Пружина втулко - пальцева	-	-	-	-

Після побудови морфологічної матриці стало можливим сформулювати повну множину можливих варіантів конструктивних рішень приводів конвеєра вертикального типу. На підставі логічного аналізу функціональних та експлуатаційних характеристик усіх конфігурацій було обґрунтовано доцільність одного з них, який найбільш повно відповідає вимогам технологічного процесу. Обраний варіант конструкції представлений у вигляді кінематичних схем, що відображають як загальну структуру приводу, так і будову ковшового конвеєра в цілому.

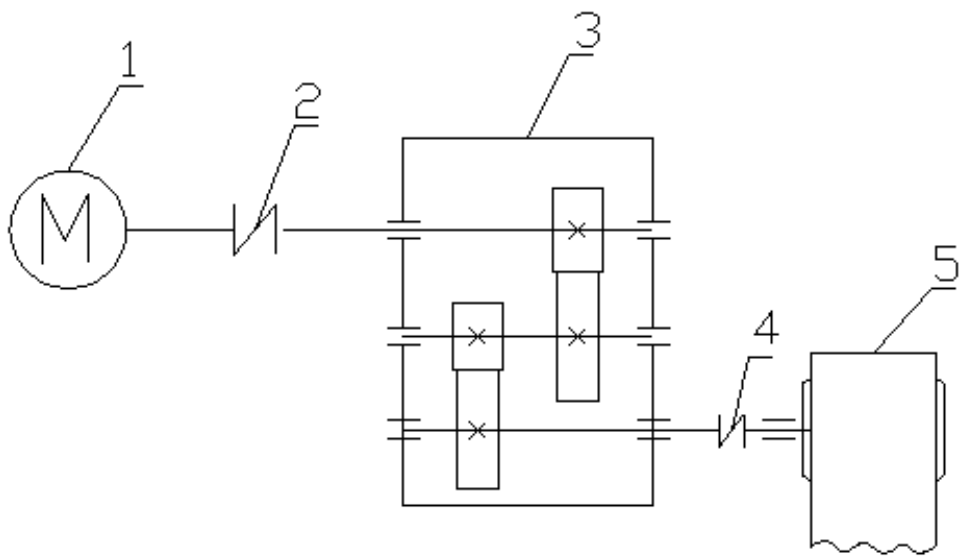


Рис. 2.1 - Кінематична схема приводу ковшового конвеєра:

1 – електродвигун асинхронний; 2 – муфта з’єднувальна втулково-пальцева;

3 – редуктор циліндричний; 4 – муфта запобіжна фрикційна;

5 – привідний барабан.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

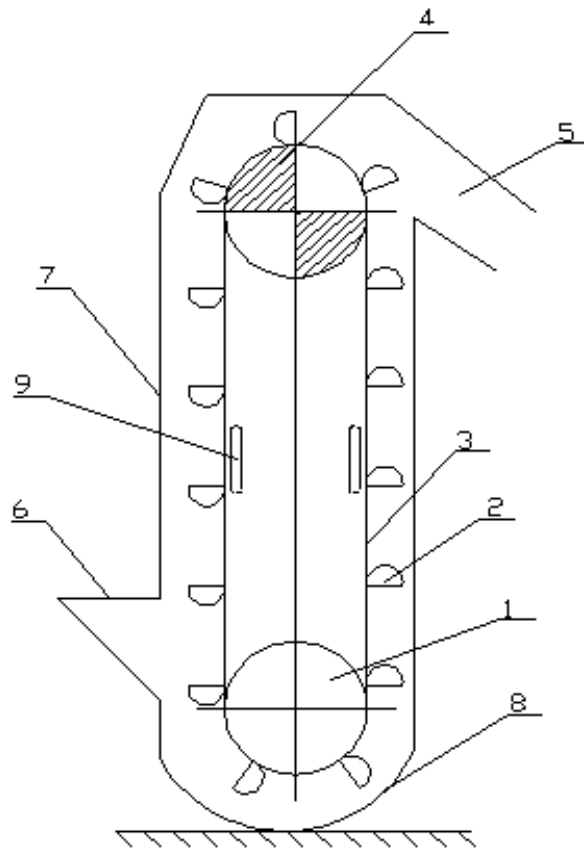


Рис. 2.2. - Кінематична схема ковшового конвеєра:

1 - натяжний барабан; 2 - ківш глибокий; 3 - стрічка; 4 - привідний (ведучий) барабан; 5 - розвантажувальний патрубок; 6 - завантажувальний патрубок; 7 - кожух; 8 - діафрагма; 9 - заспокоювачі ланцюга.

З огляду на те, що загальна висота підйому ковшового конвеєра не перевищує 60 метрів, у якості натяжного пристрою доцільно застосувати конструкцію гвинтового типу. Такий варіант забезпечує необхідне регулювання натягування тягового елемента при збереженні компактності системи. Для захисту приводу від перевантажень та плавного з'єднання обертових елементів під навантаженням було передбачено використання фрикційної муфти. Принцип її роботи полягає у поступовому зростанні обертового моменту на веденому валі, що прямо пропорційне силі притискання поверхонь тертя. Такий підхід дозволяє синхронізувати швидкості обертання валів навіть за значної різниці їх початкових кутових швидкостей. У процесі зчеплення муфта деякий час пробуксовує, що сприяє

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

плавному набору швидкості та виключає динамічні удари в системі. Додатково, фрикційна муфта виконує роль захисного елемента, оскільки здатна проковзувати під час перевищення допустимих навантажень.

На відміну від стандартного рішення, в якому було реалізовано привід через ланцюгову передачу в поєднанні з одноступінчастим редуктором, у даному проєкті замість цього обрано двоступінчасту циліндричну редукторну схему. Це дозволило не лише зменшити витрати на виготовлення за рахунок простішої конструкції, але й спростити процес технічного обслуговування. Крім того, відмова від ланцюгової передачі дала змогу зменшити обсяг допоміжних металевих конструкцій, що були необхідні для її встановлення, що також позитивно вплинуло на зниження загальної маси системи та її складності. Запропоноване конструктивне рішення зберегло передбачену потужність приводу, не погіршило експлуатаційні характеристики, але забезпечило кращу технологічну адаптацію приводу до умов обслуговування та монтажу в реальних виробничих умовах.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3

ІНЖЕНЕРНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ КОВШОВОГО КОНВЕЄРА

У рамках техніко-розрахункової частини проєкту розглядається варіант транспортування сипучого сільськогосподарського матеріалу – зерна, а саме кукурудзи – за допомогою ковшового конвеєра. Вихідні параметри об'єкта визначаються з урахуванням фізико-механічних характеристик продукту, що переміщується, та умов його вертикального підйому. Згідно з нормативними значеннями, середня насипна густина зернової маси складає $\rho = 0,75 \text{ т/м}^3$, що є типовим показником для сухого зерна кукурудзи стандартної вологості, з урахуванням допустимих відхилень для зберігання та переробки.

Проєктна транспортна система повинна забезпечувати сталу масову подачу матеріалу на рівні $a = 14 \text{ т/год}$, що відповідає продуктивності середньої автоматизованої лінії з прийому, попереднього очищення та подачі зернових у сховища. При цьому підйом здійснюється на висоту $H = 27$ метрів, що є типовою величиною для вертикального переміщення сільськогосподарських продуктів у силосні башти, зернові бункери або на вхід до наступного транспортного або технологічного обладнання.

Для уточнення розмірних та експлуатаційних параметрів конвеєра необхідно визначити розрахункову продуктивність системи, що враховує втрати, пов'язані з нерівномірністю заповнення ковшів. Цей ефект зазвичай виникає через нестабільність подачі на завантажувальній ділянці та можливе просипання матеріалу під час руху. Для таких умов вводиться коефіцієнт k_n – поправка на нерівномірне завантаження. Його значення залежить від типу вантажу та конструктивного виконання конвеєра й коливається в межах

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Масліченко В.І.			ІНЖЕНЕРНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ КОВШОВОГО КОНВЕЄРА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					30	78
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								

1,2–1,4. У розрахунковій моделі доцільно прийняти $k_n = 1,1$, що узгоджується з рекомендаціями для транспортування зернових культур у системах ковшового типу.

Таким чином, з урахуванням приведеного коефіцієнта уточнена продуктивність системи визначається як добуток основної подачі на коригувальний коефіцієнт:

$$Q = k_n \cdot a = 1,1 \cdot 14 = 15,4 \text{ т/год}$$

Отримане значення дозволяє перейти до подальших етапів – вибору конструктивних параметрів ковшів, визначення їх кількості, об'єму, а також геометрії траси конвеєра й потужності приводу, необхідної для забезпечення заданого режиму транспортування.

Для транспортування кукурудзяного зерна передбачено використання ковшового конвеєра з високошвидкісним режимом переміщення. Вантаж транспортується вгору, тому в конструктивній схемі передбачено глибокі ковші з роздільним розташуванням, що забезпечують централізоване розвантаження за рахунок відцентрової дії. Для таких умов середній коефіцієнт наповнення ковшів приймається у межах $\psi = 0,75$. Робоча швидкість тягового органа – гумової стрічки – встановлюється на рівні $v = 2,5$ м/с, що відповідає рекомендованому діапазону для подібних систем (2...3,2 м/с).

Як тяговий елемент обрано конвеєрну стрічку типу БКНЛ-100 з чотирма текстильними прошарками, відповідно до діючих державних стандартів. Така стрічка характеризується наявністю гумового шару з боку робочої поверхні та додаткового захисного покриття з зворотної сторони. Товщина одного текстильного прошарку становить приблизно 1,25 мм, а розривна міцність прошарку визначена на рівні 100 Н/мм.

Розрахунок діаметра привідного барабана виконується за формулою:

$$D_6 = k_a \cdot k_b \cdot i ,$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

де: k_a – коефіцієнт, що враховує тип текстильної структури (k_a від 141 до 160 м/шт), i – кількість шарів ($i = 4$), k_b – коефіцієнт для двобарабанної схеми ($k_b = 1,1$).

$$D_\delta = 143 \cdot 1,1 \cdot 4 = 629,4 \text{ мм} .$$

Після округлення прийнято стандартне значення $D_\delta = 0,63$ м.

Частота обертання валу барабана конвеєра обчислюється:

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_\delta} ;$$

$$n = \frac{60 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 0,63} = 75,8 \approx 76 \text{ хв}^{-1} .$$

Розраховуємо величину полюсної відстані:

$$h_n = \frac{895}{n^2} ;$$

$$h_n = \frac{895}{76^2} = 0,155 \text{ м} ;$$

$$0,155 \leq 0,315 .$$

Порівняння цієї величини з радіусом барабана показує, що умова $h_n > r_b$ виконується, тобто ковші надають матеріалу відцентрового прискорення достатнього для повного вивантаження в заданій точці.

Розрахункова масова продуктивність конвеєра визначається виразом:

$$\frac{i_0}{t_k} = \frac{Q_{\text{расч.}}}{3,6 \cdot v \cdot \rho \cdot \psi} ,$$

де: i_0 – об'єм одного ковша, t_k – крок кріплення ковшів до стрічки.

$$\frac{i_0}{t_k} = \frac{15,4}{3,6 \cdot 2,5 \cdot 0,75 \cdot 0,75} = 3,04 \text{ л/м} .$$

Для забезпечення заданої продуктивності 14 т/год обрано ківш типу Г із геометричним об'ємом $i_0 = 1,3$ л і шириною $B_k = 200$ мм, що сумісно з шириною стрічки $B_d = 250$ мм. Відстань між ковшами по довжині стрічки прийнято $t_k = 400$ мм.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

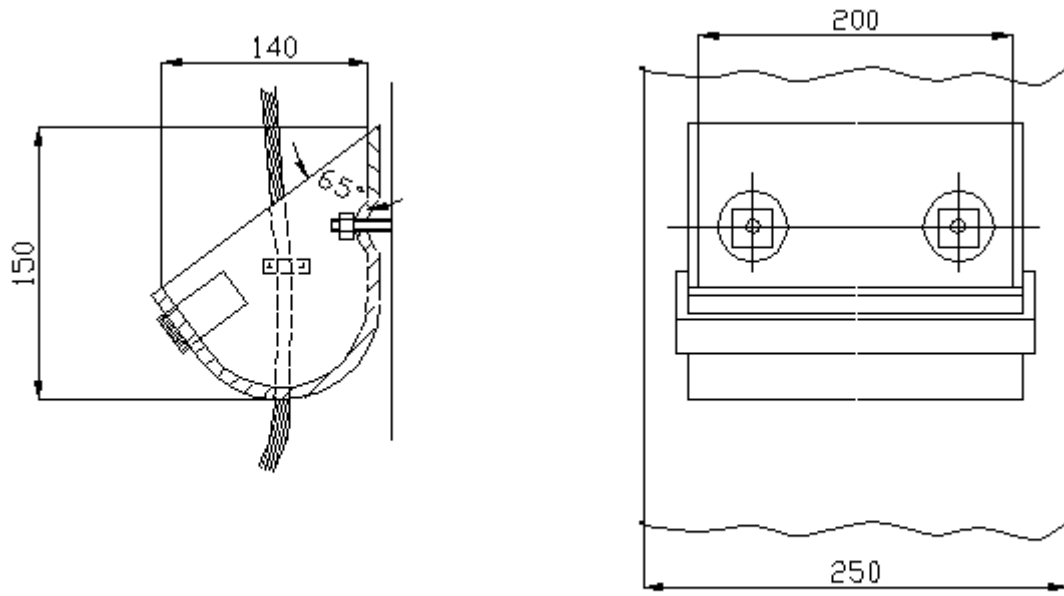


Рис.3.1. Ескіз ковша типу Г.

Обрані параметри стрічки, ковшів і швидкості руху забезпечують необхідну продуктивність ковшового конвеєра при підйомі зерна на задану висоту. Конструктивна схема відповідає умовам ефективного функціонування при допустимих енергетичних витратах та забезпечує стабільність транспортування сипучого вантажу у вертикальному напрямку.

Для забезпечення коректного тягового розрахунку ковшового конвеєра потрібно визначити величину лінійних навантажень, які утворюються від дії трьох основних компонентів: маси транспортуємого матеріалу, власної маси ковшів і маси тягового органа, тобто стрічки. Знання цих характеристик є ключовим для обґрунтованого проектування силових елементів приводу, вибору типорозміру привідних барабанів і натяжних пристроїв.

Розподілена маса переміщуваного вантажу обчислюється на основі питомої густини сипучої речовини та продуктивності транспортного процесу.

Вона визначається за формулою:

$$q_{\Gamma} = \frac{q \cdot Q_{расч}}{3,6 \cdot v} ;$$

$$q_{\Gamma} = \frac{9,81 \cdot 15,6}{3,6 \cdot 2,5} = 17 \text{ Н / м .}$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Одержане значення виражає масу матеріалу, що припадає на кожен метр довжини завантаженої гілки конвеєра.

Маса ковшів, розподілена по довжині стрічки, залежить від одиничної маси одного ковша та кроку їхнього розташування. Обчислення ведеться за співвідношенням:

$$q_k = \frac{q \cdot m_k}{t_k},$$

де m_k — маса одного ковша, кг, t_k — відстань між ковшами по довжині стрічки (тобто крок кріплення), м.

$$q_k = \frac{9,81 \cdot 1}{0,4} = 24,53 \text{ Н / м}.$$

Для обчислення розподіленої ваги самої конвеєрної стрічки необхідно врахувати геометричні та матеріальні характеристики її будови. Зокрема, маса стрічки на одиницю довжини визначається як:

$$q_s = 1,1 \cdot q \cdot (\delta_0 \cdot z + \delta_1 + \delta_2) \cdot B_s,$$

де q_0 - товщина тканинної прокладки; q_1 - товщина шару гуми з робочою боку стрічки; q_2 - товщина шару гуми з опорної боку; B_s – ширина стрічки.

$$q_s = 1,1 \cdot 9,81 \cdot (1,25 \cdot 4 + 4 + 2) \cdot 0,25 = 29,68 \text{ Н / м}.$$

Загальне лінійне навантаження на порожній (не завантажений) відрізок гілки ковшового конвеєра становить суму мас ковшів та стрічки:

$$q_0 = q_k + q_s$$

$$q_0 = 24,53 + 29,68 = 54,21 \text{ Н / м}.$$

У свою чергу, лінійне навантаження на робочій, тобто завантажений ділянці конвеєра включає:

$$q_{заг} = q_0 + q_{Г};$$

$$q_{заг} = 54,21 + 17 = 71,21 \text{ Н / м}.$$

Ці показники є базовими для наступного етапу розрахунку тягового зусилля, обґрунтування вибору потужності приводу, розміру барабанів і типу

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

редуктора. Правильне визначення розподілених мас дає змогу точно врахувати механічні впливи в системі й забезпечити надійну та безпечну роботу конвеєра при транспортуванні сипучих вантажів. Усе це дозволяє уникнути передчасного зношування компонентів приводу, стрічки й ковшів, а також запобігає аварійним навантаженням, які можуть виникати при перевантаженнях або різких динамічних діях.

Згідно з аналізом кінематичної схеми ковшового конвеєра (рис. 3.2), мінімальне значення натягу тягового елемента фіксується в позиції, що відповідає ділянці S1. Саме в цій точці спостерігається найменший рівень розтягуючого навантаження, що визначає критичну умову для забезпечення стійкої роботи системи. Проведення розрахунку виконується в загальному вигляді, оскільки на момент аналізу не встановлено точне значення зусилля натягу в ділянці S4 — тобто в сегменті стрічки, що безпосередньо виходить з привідного барабана. Це значення є необхідним для реалізації достатнього тягового зусилля, яке дозволяє компенсувати сумарні опори руху завантаженої та порожньої гілок, а також забезпечити ефективне зчеплення стрічки з поверхнею привідного шківів.

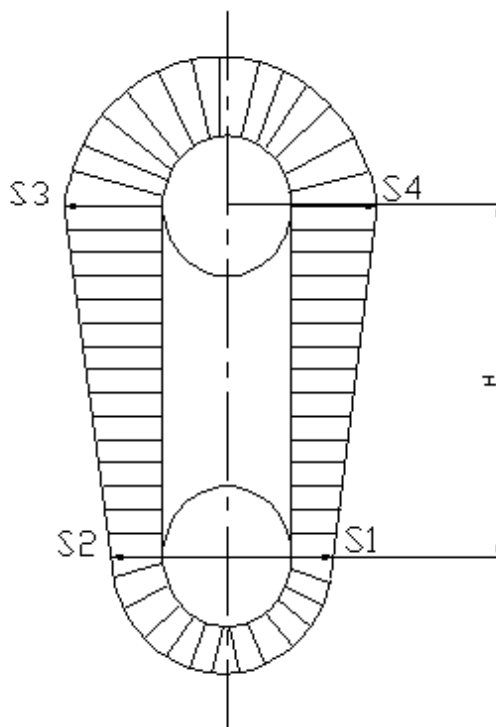


Рис.3.2. Схема для тягового розрахунку.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Без наявності достовірного значення натягу у вузлі S4, подальший аналітичний процес потребує побудови загального рівняння рівноваги системи з урахуванням опору руху, впливу сили тяжіння переміщуваного матеріалу, а також механічних втрат у елементах приводу. Таким чином, визначення величин натягу по довжині тягового органа ковшового конвеєра є необхідною умовою для вірного конструювання натяжного пристрою, який у кінцевому результаті повинен забезпечити стабільну роботу механізму при допустимому рівні ковзання в зоні контакту з барабаном.

1. Натяг в вітці S1 має бути мінімальним:

$$S_1 = S_0 = 1000 \dots 2000 \text{ Н.}$$

2. Натяг в другій точці:

$$S_2 = S_0 \cdot \varepsilon + W_{\text{зач}},$$

де ε - коефіцієнт опору при обгинанні стрічкою барабана, $\varepsilon = 1,05 \dots 1,08$ приймаємо $\varepsilon = 1,08$; $W_{\text{зач}}$ - опір зачерпуванню вантажу;

$$W_{\text{зач}} = k_{\text{зач}} \cdot q_{\Gamma},$$

де $k_{\text{зач}}$ - коефіцієнт опору зачерпуванню, $k_{\text{зач}} = 1,25 \dots 2,5$, приймаємо $k_{\text{зач}} = 2$;

$$W_{\text{зач}} = 2 \cdot 17 = 34 \text{ Н/м};$$

$$S_2 = S_0 \cdot 1,08 + 34 \text{ Н.}$$

3. Натяг в третій точці:

$$S_3 = S_2 + q_{\text{заз}} \cdot H;$$

$$S_3 = 1,08 \cdot S_0 + 34 + 71,21 \cdot 27 = 1,08 S_0 + 1916,67 \text{ Н.}$$

4. Натяг в четвертій точці:

$$S_4 = S_0 + q_0 \cdot H;$$

$$S_4 = S_0 + 54,21 \cdot 27 = S_0 + 1463,67 \text{ Н.}$$

Згідно з основами теорії про фрикційний привод, між тяговим елементом (стрічкою або ланцюгом) ковшового конвеєра та поверхнею привідного барабана повинна забезпечуватись достатня сила тертя для

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

передачі обертального моменту без проковзування. Цей принцип ґрунтується на умові:

$$S_{нб} \leq S_{сб} \cdot e^{\mu\alpha};$$
$$S_{нб} = S_3; S_{сб} = S_4.$$

Ця формула дозволяє розрахувати допустиме співвідношення натягів, яке не перевищує межі зчеплення. У разі порушення цієї нерівності виникає ковзання, що негативно впливає на стабільність роботи приводу конвеєра та знижує його ефективність. У практичному проєктуванні забезпечення необхідного натягу досягається завдяки правильно обраному натяжному пристрою та коректному налаштуванню параметрів тягового органа й привідного барабана.

У конструкції ковшового конвеєра, встановленого на відкритій ділянці експлуатації, при розрахунку передавання тягового зусилля через привідний барабан зі сталеною поверхнею слід враховувати значення коефіцієнта тертя, характерне саме для пари “гумова стрічка – сталевий барабан” за умов впливу зовнішнього середовища. Для даного випадку приймається коефіцієнт тертя, який забезпечує достатню величину зчеплення тягового елемента з поверхнею барабана, що є критично важливим для уникнення проковзування при пускових навантаженнях та змінних режимах роботи.

Одним із ключових параметрів, що також впливають на якість взаємодії між стрічкою та барабаном, є величина кута обхвату. Цей параметр визначає частину окружності барабана, яку охоплює стрічка в зоні контакту, і прямо впливає на здатність системи забезпечити необхідне тягове зусилля. Чим більшим є кут обхвату, тим більшою є контактна поверхня, що сприяє підвищенню сили тертя та стабільності роботи приводу. Усі ці характеристики враховуються при технічному моделюванні та оптимізації тягової частини привідного механізму ковшового конвеєра.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{нб} \leq 1,37 \cdot S_{сб} ;$$

$$S_3 \leq 1,37 \cdot S_4 ;$$

$$1,08S_0 + 191667 \leq 1,37S_0 + 205523 ;$$

$$-0,29S_0 \leq -138,56 ;$$

$$0,29S_0 \geq 138,56 ;$$

$$S_0 \geq 477,8H .$$

Так як $S_0 \leq 1000H$, то приймаємо $S_0 = 1000H$.

Таким чином:

$$S_1 = 1000H ;$$

$$S_2 = 1114H ;$$

$$S_3 = 299667H ;$$

$$S_4 = 2463,67H .$$

Для побудови діаграми натягу стрічки ковшового конвеєра необхідно визначити розподіл зусиль у стрічці по всій довжині замкненого контуру руху. Діаграма дає змогу візуалізувати зміну натягів у різних точках системи, включно з ведучим барабаном, натяжною гілкою, навантаженою та холостою частинами.

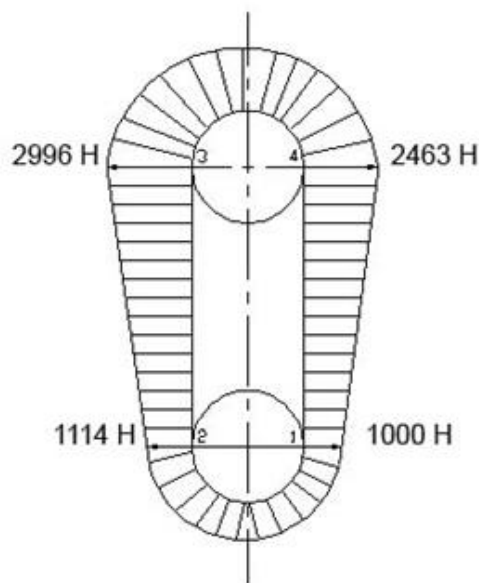


Рис.3.3. Діаграма натягу стрічки.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Розрахунок кількості шарів (прокладок) у стрічці починається з того, що визначається максимальне значення натягу в стрічці, яке виникає у точці після привідного барабана. Далі, за загальною формулою визначається кількість тканинних прокладок, необхідних для забезпечення міцності стрічки:

$$Z = \frac{k \cdot S_{\max}}{B_{\pi} \cdot k_p},$$

де k – коефіцієнт запасу міцності стрічки, $k = 8,5$; k_p – межа міцності тягової прокладки стрічки, $k_p = 100$ Н/мм;

$$Z = \frac{8,5 \cdot 2996,67}{250 \cdot 100} = 1,018 .$$

У процесі перевірки розрахункових параметрів було остаточно підтверджено доцільність використання попередньо обраної стрічки з чотирма текстильними прокладками, яка відповідає експлуатаційним умовам ковшового конвеєра. Така кількість прошарків забезпечує необхідну механічну міцність стрічки при робочих навантаженнях, а також дозволяє витримувати динамічні зусилля, що виникають під час функціонування приводу та підйому сипучих матеріалів.

Для подальших розрахунків необхідно визначити окружне тягове зусилля, яке передається від привідного барабана на стрічку

$$W = (S_3 - S_4) \cdot \varepsilon;$$

$$W = (299667 - 246367) \cdot 1,08 = 575,64 \text{ Н.}$$

Для енергетичної оцінки привідної системи ковшового конвеєра виконується розрахунок потужності електродвигуна, необхідної для стабільної роботи транспортного вузла з урахуванням усіх втрат у механізмах передачі.

$$N_{\text{дв. рас}} = \frac{k_3 \cdot W \cdot v}{1000 \cdot \eta},$$

де η - ККД приводного механізму, $\eta = 0,85$; k_3 – коефіцієнт запасу приводу, $k_3 = 1,25$;

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$N_{де.рас} = \frac{1,25 \cdot 575,64 \cdot 2,5}{1000 \cdot 0,85} = 2,11 \text{ кВт} .$$

За результатами обчислення і враховуючи стандартний модельний ряд електроприводів, для реалізації приводу конвеєрної системи доцільно застосувати електродвигун моделі АР 100 L6. Цей двигун має номінальну потужність 2,2 кВт, а частота обертання його вала становить 940 об/хв. Обраний агрегат повністю відповідає технічним вимогам до потужності, забезпечує стабільну роботу стрічки та враховує конструктивні та енергетичні особливості проектованої установки.

Для забезпечення необхідного режиму роботи приводу ковшового конвеєра важливо визначити частоту обертання ведучого барабана, яка є ключовим параметром у розрахунках:

$$n_{пр.б.} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_б}; \quad n_{пр.б.} = \frac{60 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 0,63} = 76 \text{ об/хв};$$

Передаточне число привідної системи, необхідне для передачі потужності від вала електродвигуна до ведучого барабана.

$$u_{общ.} = \frac{n_{де.ном}}{n_{пр.б.}}; \quad u_{общ.} = \frac{950}{76} \approx 12,5.$$

З урахуванням отриманих параметрів кінематичної схеми доцільним є використання стандартного двоступінчастого циліндричного редуктора моделі Ц2У-100. Даний редуктор забезпечує передаточне число, рівне $u_{ред} = 12,5$ і розвиває крутний момент на тихохідному валу, що становить $T = 250 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Таке значення моменту є достатнім для стабільної роботи барабана та забезпечення необхідного тягового зусилля під час транспортування зернової маси.

Для зручності компоновання всіх елементів приводу побудовано кінематичну схему (рис. 3.4), яка демонструє послідовне з'єднання електроприводу з механізмами передачі зусилля. Схема включає електродвигун 1, який через з'єднувальну муфту 2 передає обертальний момент на двоступінчастий циліндричний редуктор 3. На виході редуктора

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлено запобіжну муфту 4, яка виконує функцію обмеження переданого моменту при перевантаженнях. Завершальним елементом є ведучий барабан 5, який безпосередньо приводить у рух стрічку конвеєра.

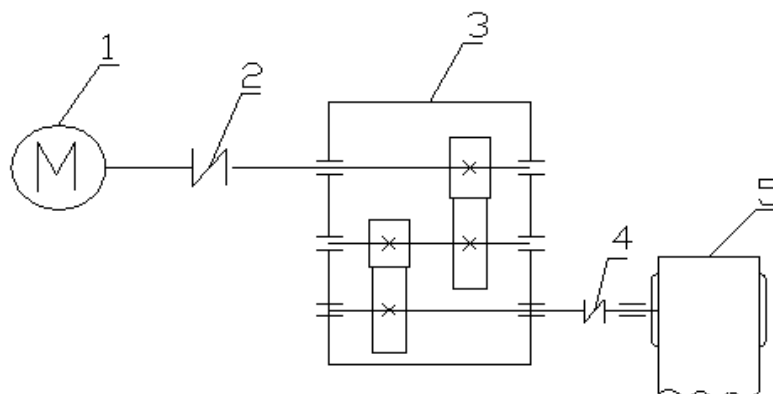


Рис.3.4. Кінематична схема привода ковшового конвеєра.

Таке конструктивне рішення приводу є збалансованим з точки зору потужності, економічності виробництва, ремонтпридатності та забезпечення надійної роботи конвеєрної системи при транспортуванні сипучих матеріалів, зокрема зерна кукурудзи.

З урахуванням того, що висота підйому вантажу ковшовим конвеєром у проєктованому випадку не перевищує 60 метрів, для стабілізації натягу тягового елемента обґрунтовано обрати натяжний пристрій гвинтового типу. Така конструкція достатньо ефективна при середніх навантаженнях і дозволяє підтримувати задану силу натягу в процесі роботи обладнання.

Параметри та основні габаритні розміри натяжного вузла обрані на основі аналізу типових промислових рішень, що використовуються на аналогічних конвеєрних установках. Це дозволяє скоротити час на розробку креслень і гарантує взаємозамінність елементів у разі технічного обслуговування чи ремонту. На рис. 3.5 представлено ескіз натяжного пристрою, що застосовується в конструкції.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

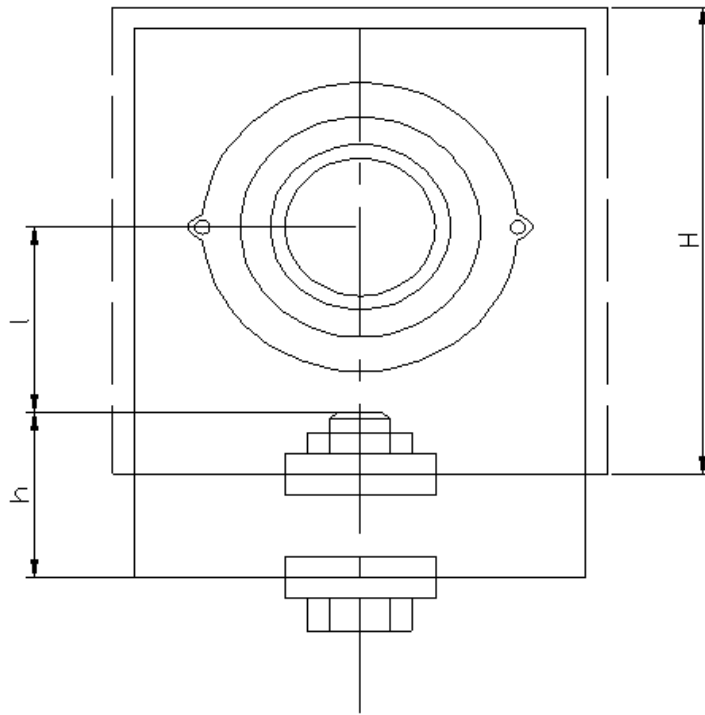


Рис. 3.5. Ескіз натяжного пристрою.

Для проведення точного технічного розрахунку сили натягу використано схему навантаження, яка враховує геометрію розміщення елементів приводу, а також величини сил, що діють на стрічку в робочому та холостому стані. Відповідна розрахункова схема відображена на рисунку 3.6.

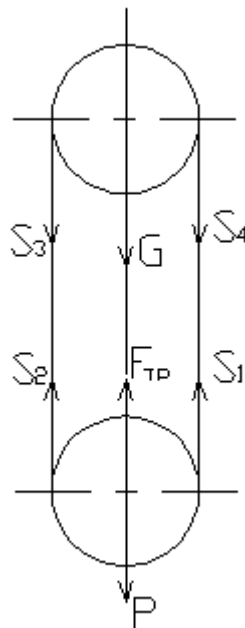


Рис. 3.6. Розрахункова схема.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Розрахунок сили натягу стрічки виконується згідно з побудованою схемою навантаження, в якій враховано всі основні чинники: масу рухомих елементів, кут огортання барабана стрічкою, а також напрям прикладення зусиль. На базі цієї моделі визначається оптимальна величина натяжного зусилля, необхідна для забезпечення стабільної роботи конвеєра при транспортуванні сипучого матеріалу (зокрема, зерна кукурудзи) на задану висоту.

Таким чином, вибір гвинтового натяжного пристрою, а також визначення його основних параметрів базується, як на нормативних розрахунках, так і на типових конструктивних рішеннях, що вже підтвердили свою ефективність у практиці експлуатації аналогічного обладнання.

Для розрахунку сили натягу, що прикладається до стрічки конвеєра, використовується побудована розрахункова модель, яка враховує зусилля тертя, що виникає між рухомих елементом — повзуном — та направляючими поверхнями.

$$P_H = S_1 + S_2 + F_{тр},$$

де $F_{тр}$ – сила тертя між повзуном і направляючими;

$$F_{тр} = 150 \dots 200 \text{ Н};$$

$$P_H = 1000 + 1114 + 166 = 2280 \text{ Н}.$$

На основі визначеного значення натягу стрічки здійснюється вибір відповідного гвинта з опорною різьбою, який забезпечуватиме механічну фіксацію вузла натягу. При цьому враховуються стандартні геометричні та силові характеристики, рекомендовані для таких умов навантаження. В розрахунках застосовуються конструктивні коефіцієнти: коефіцієнт висоти гайки $\psi_n = 2$, а коефіцієнт профілю різьблення $\psi_h = 0,75$. Як матеріал контактної пари обрано термічно оброблену сталь або бронзу з допустимим напруженням на стиск у межах $[\sigma_{см}] = 11 \dots 13 \text{ МПа}$.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$d_2 = \sqrt{\frac{P_H}{\pi \cdot \psi_n \cdot \psi_h \cdot [\sigma_{cm}]}} , \text{ мм}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{2280}{3,14 \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot 12 \cdot 10^6}} = 0,00635 \text{ м} = 6,35 \text{ мм};$$

Відповідно до вимог державного стандарту ГОСТ 10177-82, для реалізації гвинтового механізму обрано стандартний варіант УП10×2.

$d=10\text{мм}$ – зовнішній діаметр різьби; $d_1=8,5\text{мм}$ – внутрішній діаметр різьби; $d_2=12,3$ – середній діаметр опорної різьбової поверхні гайки або головки гвинта.

Саме цей тип гвинтової пари здатний забезпечити надійне передавання зусилля без перевищення допустимих меж контактних напружень, що є критично важливим для довготривалої безаварійної експлуатації натяжного вузла конвеєра.

Щоб визначити зусилля, необхідне для ручного обертання гвинта натяжного механізму ковшового конвеєра, використовується відповідне розрахункове рівняння. Це дає змогу оцінити фізичне навантаження на оператора, який здійснює натяг тягового елемента.

$$P_\varepsilon = k_{\text{см}} \cdot \frac{d_1}{2 \cdot l} \cdot P_H \cdot \left[\text{tg}(\beta_\varepsilon + \varphi_T) + \mu \cdot \frac{d_2}{d_1} \right],$$

де l – довжина рукоятки гвинта, $l=0,5\text{м}$; $k_{\text{БТ}}$ – коефіцієнт розподілу зусилля між натяжними гвинтами (при одному натяжному гвинті $k_{\text{БТ}} = 1$); d_1 – середній діаметр різьби гвинта; d_2 – середній діаметр опорної поверхні гайки або головки гвинта; φ_T - приведений кут тертя, $\varphi_T = 6^\circ$; μ - коефіцієнт тертя в торці упорної поверхні гайки або головки гвинта, $\mu = 0,25$; β_ε - кут підйому гвинтової канавки, $\beta_\varepsilon = 4^\circ$;

$$P_\varepsilon = 1 \cdot \frac{8,5}{2 \cdot 500} \cdot 2280 \cdot \left[\text{tg}(4 + 6) + 0,25 \cdot \frac{12,3}{8,5} \right] = 10,43 \text{ Н} .$$

Лінійний розмір пристрою натяжки:

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$X = \frac{1,5 \cdot H}{100},$$

де H – висота ковшового конвеєра.

$$X = \frac{1,5 \cdot 27}{100} = 0,405 \text{ м.}$$

У процесі розрахунку приводного вала конвеєрної установки доцільно здійснити підбір його параметрів з урахуванням геометричних характеристик барабана.

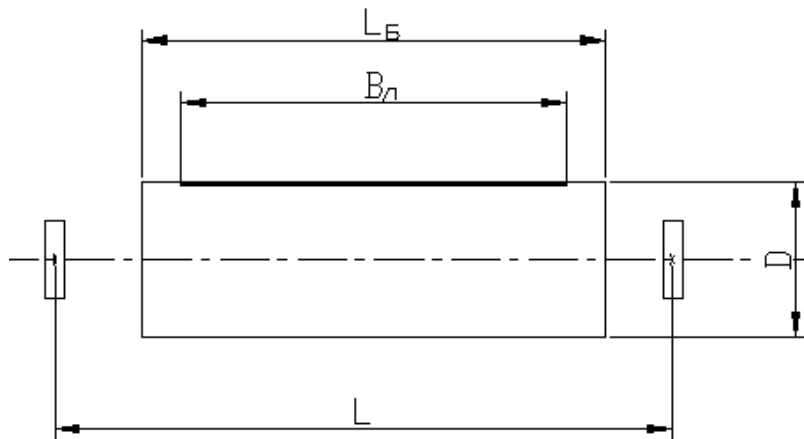


Рис. 3.7. Ескіз приводного барабана.

Насамперед визначаються лінійні розміри приводного барабана, включаючи його ширину, яка має бути узгодженою з шириною тягового органа – конвеєрної стрічки:

$$L = L_б + (150 \dots 200),$$

де $L_б$ – ширина барабана

$$L_б = (100 \dots 120) + B_л,$$

де $B_л$ – ширина стрічки;

$$L_б = 110 + 250 = 360 \text{ мм};$$

$$L = 360 + 170 = 530 \text{ мм};$$

У даному варіанті приймаємо конструктивне виконання барабана із листа сталі, що має товщину 5 мм. Це дозволяє забезпечити належну жорсткість і мінімізувати деформації під навантаженням. Маса барабана в

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

такому випадку визначається розрахунково за відповідною формулою з урахуванням матеріалу та геометрії:

$$G = V \cdot \beta \cdot g, \text{ Н}$$

де β - щільність сталі, $\beta = 7800 \text{ кг/м}^3$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; V – об'єм сталевого листа для барабана;

$$V = (2 \cdot \pi \cdot r \cdot L_g + 2 \cdot \pi \cdot r^2) \cdot b$$

де r – радіус барабана, $r = 0,315 \text{ м}$; b - товщина листа, $b = 0,005 \text{ м}$;

$$V = (2 \cdot 3,14 \cdot 0,315 \cdot 0,36 + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,315^2) \cdot 0,005 = 0,0067 \text{ м}^3 ;$$

$$G = 0,0067 \cdot 7800 \cdot 9,8 = 512,67 \text{ кг} .$$

Додатково розраховується силове навантаження, що виникає на вал від натягу конвеєрної стрічки.

$$P_{H1} = S_3 + S_4 + G ;$$

$$P_{H1} = 2996,67 + 2463,67 + 512,67 = 5973,01 \text{ Н} .$$

На основі отриманих даних будується графічне зображення – епюри згинальних і крутних моментів, які дозволяють візуалізувати зміну навантаження вздовж довжини вала.

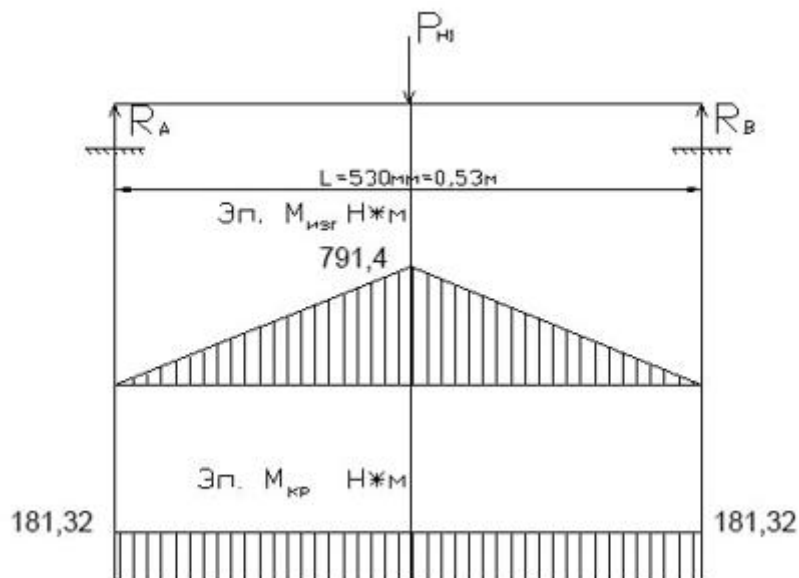


Рис. 3.8. Епюра крутних моментів

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Далі визначаються реакції опорних підшипників, згинальні навантаження у критичних перетинах і крутильний момент на валу, що виходить з редуктора, який передає обертання через з'єднувальну муфту на вал барабана.

$$R_A + R_B - P_{H1} = 0 ;$$

$$R_A = R_B = \frac{P_{H1}}{2} = 2986,5H .$$

$$M_{изз} = R_A \cdot \frac{L}{2} = 2986,5 \cdot \frac{0,53}{2} = 791,4H \cdot м .$$

$$M_{кр.б.} = W \cdot \frac{D_{\epsilon}}{2} ;$$

$$M_{кр.б.} = 575,64 \cdot \frac{0,63}{2} = 181,32H \cdot м .$$

Крім того, обчислюється крутильний момент на валу, що входить до редуктора, виходячи з обраної кінематичної схеми.

$$M_{кр.р.} = T_1 \cdot \eta \cdot u,$$

де η – механічний ККД редуктора, $\eta \geq 0,97$; T_1 – крутний момент електродвигуна,

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{P}{n} ,$$

де P – номінальна потужність; n – номінальна частота обертання;

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{2,2}{950} = 22,12H \cdot м ;$$

$$M_{кр.р.} = 22,12 \cdot 0,97 \cdot 12,5 = 268,20H \cdot м .$$

При цьому перевіряється відповідність редуктора за значенням переданого моменту і перевіряється виконання умови забезпечення передавання заданої потужності.

$$M_{кр.р.} \geq M_{кр.б.} \leq [M_{кр.р.}] ;$$

$$268,20 \geq 181,32 \leq 250 .$$

У рамках розрахунку також визначається тип і марка сталі для виготовлення вала. Для цього обрано конструкційну вуглецеву сталь марки

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Сталь 45 згідно з ГОСТ4543-72, яка широко використовується в машинобудуванні для елементів, що працюють на вигин і кручення.

Діаметр вала визначається на основі розрахункових навантажень і перевіряється на відповідність допустимим напруженням для вибраного матеріалу.

$$d_{\varepsilon} = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{зке}}}{0,1 \cdot [\sigma_H]}} ;$$

$$M_{\text{зке}} = \sqrt{M_{\text{цзе}}^2 + 0,75M_{\text{кр}}^2} ;$$

$$M_{\text{зке}} = \sqrt{791,4^2 + 0,75 \cdot 191,65^2} = 808,6 \text{ Н} ;$$

$$d_{\varepsilon} = \sqrt[3]{\frac{808,6}{0,1 \cdot 780 \cdot 10^6}} = 0,02003 \text{ м} = 20,03 \text{ мм} .$$

Остаточне значення діаметра вала узгоджується зі стандартним рядом, у нашому випадку вибрано $d=20\text{мм}$. Такий підхід дозволяє забезпечити необхідну міцність при оптимізації масогабаритних показників і спрощенні виготовлення та монтажу привідного вузла конвеєрної системи.

У процесі проектування валових з'єднань у приводі ковшового конвеєра вибір підшипників виконується на основі аналізу їхньої експлуатаційної надійності за критерієм динамічного навантаження. При цьому розрахункову динамічну вантажопідйомність підшипникового вузла доцільно визначати за встановленою формулою:

$$C = P \cdot \sqrt[3]{L} ,$$

де L – довговічність; P – еквівалентне динамічне навантаження;

$$L = \frac{10^4 \cdot 60 \cdot n}{0,6 \cdot 10^5} = \frac{10^4 \cdot 60 \cdot 76}{0,6 \cdot 10^5} = 760 \text{ млн. об.}$$

$$P = X \cdot V \cdot F_r \cdot k_b \cdot k_T ;$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

X – коефіцієнт радіального навантаження, $X = 0,56$; V – коефіцієнт обертання підшипників, $V = 1$; F_r – радіальне навантаження (реакція опор), $F_r = 2986,5\text{H}$; k_b – коефіцієнт безвідмовності, що враховує характер навантаження, $k_b = 1,2$; k_T – температурний коефіцієнт, $k_T = 1$;

$$P = 0,56 \cdot 1 \cdot 29865 \cdot 1,2 \cdot 1 = 200692\text{H} ;$$

$$C = 200692 \cdot \sqrt[3]{760} = 18,3\text{кН} .$$

Згідно розрахунків обрано кульковий підшипник середньої серії № 305, з вантажопідйомністю $C = 22,5\text{кН}$, внутрішнім діаметром $d = 25\text{мм}$.

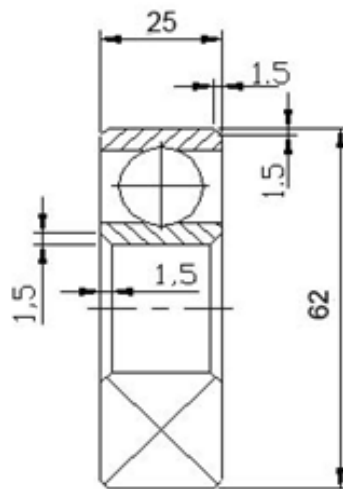


Рис. 3.9. Ескіз кулькового підшипника № 305

Підбір з'єднувальної муфти для конвеєра здійснюється з урахуванням величини розрахованого обертового моменту, а також діаметра валу, на якому вона встановлюватиметься.

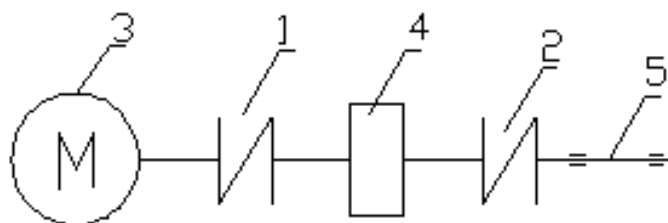


Рис. 3.10. Кінематична схема приводної частини ковшового конвеєра:

1 – з'єднувальна муфта; 2 – запобіжна муфта; 3 – електродвигун;

4 – редуктор; 5 – приводний вал ковшового конвеєра;

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

З'єднання між електроприводом і редуктором у даній конструкції реалізується за допомогою пружно-втулково-пальцевої муфти відповідно до вимог нормативного документа ГОСТ 21424-75.

$$T = k \cdot T_{ном},$$

де k – розрахунковий коефіцієнт, $k = 1,7 \dots 2$, приймаємо $k = 1,85$;

$$T = 1,85 \cdot 22,12 = 40,92 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$d_{дв} = 28 \text{ мм}.$$

Враховуючи значення розрахованого моменту та конструктивні параметри валу, вибрано пружно-втулково-пальцеву муфту, яка забезпечує необхідне передавання крутного моменту 125Н, при цьому номінальний діаметр валу, на якому вона монтується, становить 28 мм. Такий тип муфти дозволяє компенсувати незначні осьові та радіальні зміщення, що виникають у процесі експлуатації, а також знижує динамічні навантаження в приводі.

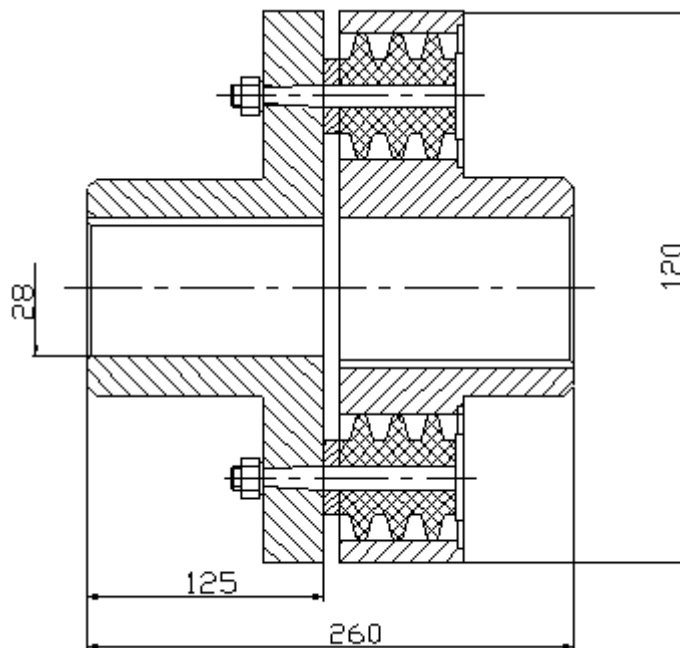


Рис.3.11. Муфта пружна втулково-пальцева.

Для забезпечення безпечного з'єднання валу, що виходить з редуктора з барабанним валом конвеєра обрано муфту запобіжну, що відноситься до фрикційного типу.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$T = \kappa \cdot T_{кр.р} ;$$

$$T = 1,85 \cdot 177,93 = 329,17 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Така конструкція виконує функцію захисту приводу від перевантажень, шляхом передачі моменту лише до встановленого порогу ковзання. Згідно з обраним стандартом, зовнішній діаметр вала на виході редуктора становить 36 мм, крутний момент 250Н. Виходячи з цього параметра, обрано відповідну фрикційну запобіжну муфту, розраховану на монтаж на вал із зазначеним діаметром.

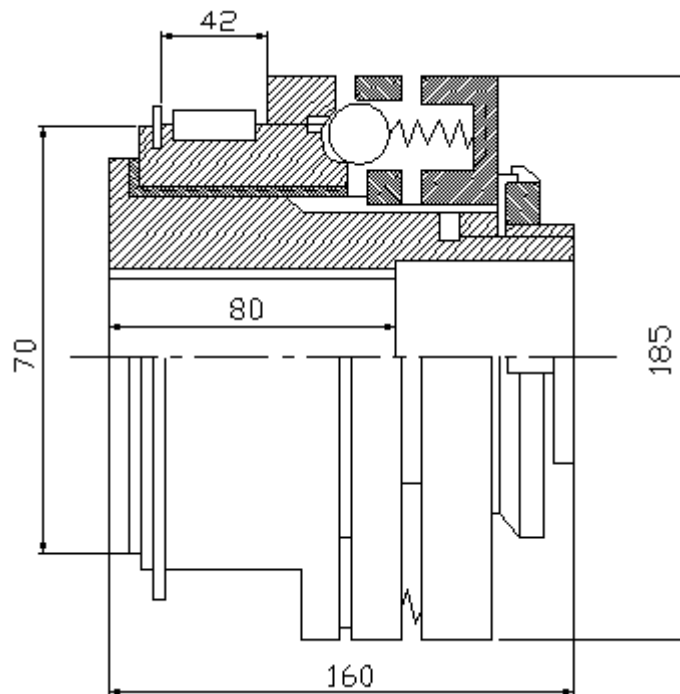


Рис. 3.12 Запобіжна муфта фрикційного типу.

Таким чином, підібрана конфігурація з'єднувальних елементів у приводі конвеєра забезпечує надійне передавання моменту, сумісність із геометрією валів, а також виконує захисні функції, необхідні для стабільної та безаварійної роботи транспортного обладнання в умовах промислової експлуатації.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Розділ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Загальні вимоги до безпечної експлуатації ковшового конвеєра

Надійна та безпечна експлуатація ковшового конвеєра в умовах виробничих процесів є важливою умовою збереження життя та здоров'я працівників. У процесі обслуговування цього виду обладнання необхідно враховувати різноманітні фактори, пов'язані з потенційними загрозами, особливостями конструкції, типом вантажу та умовами експлуатації. Конвеєри ковшового типу застосовуються здебільшого для вертикального або похилого транспортування сипучих і дрібнокускових матеріалів, зокрема зернових, мінеральних або комбікормових сумішей. Ці системи можуть мати значну довжину, складну конструкцію та експлуатуються в автоматичному або напівавтоматичному режимі, що вимагає додаткових заходів безпеки.

Однією з ключових передумов забезпечення безаварійної роботи ковшового конвеєра є чітке дотримання вимог охорони праці на всіх етапах — від підготовки до запуску, до зупинки та технічного обслуговування. Визначальним у цьому контексті є попередження виникнення небезпечних ситуацій, своєчасне виявлення відхилень у роботі та їх усунення.

Типи небезпек, що можуть виникати під час експлуатації ковшового конвеєра, поділяються на механічні, електричні, термічні, шумові, пилові та інші. Механічні небезпеки включають травмування при попаданні тіла в зону дії рухомих частин: стрічки, барабанів, ковшів, натяжних пристроїв тощо. Електричні загрози виникають унаслідок несправностей в електропроводці, пошкодження ізоляції або неправильної експлуатації електродвигунів і пускових пристроїв. В умовах транспортування матеріалів, що утворюють пил

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Масліченко В.І.			ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					52	78
Реценз.								
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								
						НУБіП України		

або мають високу абразивність, зростає ризик утворення вибухонебезпечних середовищ, забруднення повітря робочої зони або перегріву підшипників і вузлів тертя.

До основних причин виробничого травматизму при роботі з ковшовими конвеєрами належить ігнорування інструкцій з техніки безпеки, незадовільний стан механізмів, експлуатація з несправними елементами, перевищення допустимого навантаження, відсутність або несправність захисних кожухів. Часто має місце недотримання норм технологічного процесу, зокрема пуск обладнання без перевірки справності кінцевих вимикачів або блокувальних пристроїв.

Загальні принципи техніки безпеки при обслуговуванні ковшових конвеєрів передбачають суворе дотримання правил технічної експлуатації, а також наявність і справність відповідних систем захисту. Зокрема, всі приводні та натяжні барабани, рухомі елементи конвеєра повинні бути надійно закриті кожухами або огорожами, що виключають випадкове проникнення тіла в небезпечну зону.

Особливу увагу слід приділити розміщенню оглядових майданчиків, сходів, поручнів, захисних дверцят з блокуванням, які повинні виключати можливість запуску обладнання при відкритих люках. Переміщення обслуговуючого персоналу в зоні розміщення стрічки допускається лише у разі повної зупинки машини та знеструмлення приводу.

Важливими є вимоги до організації пуску: запуск конвеєра повинен супроводжуватись світловим або звуковим сигналом, що попереджає працівників про початок роботи. Усі електротехнічні вузли, зокрема двигуни, розподільчі шафи та кнопкові пости, повинні відповідати вимогам електробезпеки та регулярно проходити огляд.

Конвеєри, що використовуються для транспортування сипучих матеріалів, мають бути оснащені системами аспірації або вентиляції. Це дає змогу запобігти накопиченню пилу в робочих приміщеннях, що вкрай важливо для збереження здоров'я працівників і зменшення ризику вибуху. У разі

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

використання конвеєра на відкритих майданчиках, варто передбачити заходи захисту обладнання від атмосферних впливів, зокрема вологості, яка може впливати на роботу електроприводів або спричинити корозію металевих елементів.

Окреме значення має система аварійної зупинки, яка повинна бути доступною по всій довжині конвеєра. Застосування блокувальних пристроїв та аварійних кнопок дозволяє швидко припинити роботу обладнання у випадку виникнення небезпечної ситуації. Також необхідно передбачити періодичні планові огляди, технічне обслуговування та своєчасне усунення виявлених несправностей.

У процесі експлуатації ковшових конвеєрів на виробничих об'єктах виникає широкий спектр потенційних загроз, які необхідно ідентифікувати, класифікувати та враховувати при розробці заходів безпеки. Надійне функціонування конвеєра як частини технологічної лінії можливе лише за умови системного підходу до виявлення й мінімізації ризиків, пов'язаних із впливом небезпечних виробничих чинників на обслуговуючий персонал та обладнання.

Одним із ключових завдань системи охорони праці є своєчасне виявлення типових джерел небезпек, пов'язаних з роботою транспортувального обладнання, зокрема ковшових конвеєрів. У даному контексті класифікація факторів ризику дозволяє чітко структурувати можливі загрози та сприяти розробці ефективних захисних і запобіжних рішень.

До основних небезпек, що характерні для використання ковшового конвеєра у виробничих умовах, відносять:

Механічні небезпеки. До цієї групи входять небезпечні ситуації, пов'язані з обертовими елементами конвеєра, такими як приводні барабани, натяжні пристрої, рухома стрічка, ковші тощо. У результаті необережного втручання працівника або неправильного регулювання вузлів можливе захоплення частин тіла, затягування одягу або інструментів, що призводить до травматизму. Найчастіше механічні ушкодження спричинені

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

несанкціонованим доступом до робочих зон без зупинки обладнання, відсутністю огорожувальних елементів або несправністю системи аварійної зупинки.

Електричні загрози. При експлуатації конвеєра використовуються електродвигуни, пускова апаратура, лінії живлення. При пошкодженні ізоляції кабелів, порушенні заземлення або неправильному обслуговуванні електричних шаф підвищується ризик ураження електричним струмом. Особливу небезпеку становлять старі установки з ручними перемикачами або несертифікованими комплектуючими.

Термічні впливи. В окремих випадках перегрівання підшипникових вузлів, фрикційних з'єднань або двигунів створює загрозу термічних опіків або виникнення пожежі. Надмірна температура може також провокувати деформацію корпусів, що знижує загальну надійність експлуатації конвеєра.

Акустичне навантаження (шумові впливи). Робота конвеєра, особливо при наявності зношених або розбалансованих елементів, супроводжується значним шумовим фоном. Це може мати негативний вплив на слуховий апарат обслуговуючого персоналу та викликати хронічне перевантаження нервової системи. Тому нормування рівнів шуму і використання індивідуального захисту органів слуху є обов'язковими заходами.

Пилові загрози. Транспортування сипких або пилоподібних матеріалів супроводжується утворенням великої кількості пилу, який потрапляє в робочу зону і вентиляційні системи. Це погіршує мікроклімат, ускладнює дихання і сприяє розвитку професійних захворювань органів дихання. Крім того, пил у замкнутому просторі з високим вмістом кисню потенційно вибухонебезпечний.

Токсикологічні чинники. У випадку транспортування речовин, що мають леткі компоненти або забруднені хімічно активними елементами, може виникати загроза отруєння через вдихання або контакту з шкірою. В таких ситуаціях необхідна обов'язкова вентиляція, герметизація окремих вузлів та забезпечення працівників респираторами, рукавицями та спецодягом.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Окрему групу ризиків становлять аварійні ситуації, які можуть статися під час функціонування ковшового конвеєра внаслідок несправностей, перевантажень або порушень режимів експлуатації. Їх аналіз дозволяє своєчасно запобігати серйозним технологічним збоям і зменшити кількість позаштатних зупинок системи.

Одним із найпоширеніших інцидентів є розрив (обрив) стрічки. Таке порушення виникає через надмірне механічне навантаження, зношення тканинних прокладок або вплив агресивного середовища. Наслідком стає повна зупинка подачі матеріалу, пошкодження опорних роликів, можливе падіння завантажених ковшів. Для мінімізації наслідків доцільно передбачати захист у вигляді системи аварійної зупинки та встановлення натяжного контрольного вузла з індикатором зусилля.

Не менш критичним є блокування або зупинка конвеєра під час активного завантаження. При перевантаженні або втраті синхронізації між подаючим обладнанням та ковшовою стрічкою може відбуватися накопичення матеріалу в зоні завантаження, що створює ризик механічного заклинювання. Такий стан вимагає негайного втручання технічного персоналу та повного вимкнення живлення. Впровадження автоматизованої системи моніторингу швидкості стрічки дозволяє ефективно реагувати на перевантаження.

Заклинювання або клин ковшів виникає при деформації кріплень, перекосі монтажу або попаданні сторонніх тіл між ковшами та корпусом. Це призводить до перевантаження приводу і може спричинити вихід з ладу двигуна або редуктора. Профілактикою є систематичне регулювання напрямних, перевірка зусиль натягу та періодична ревізія стану ковшів.

Вихід з ладу підшипникових вузлів також є розповсюдженим джерелом позаштатних ситуацій. Найчастіше причина полягає у недостатньому або несвоєчасному змащенні, попаданні абразивних частинок або пилу, порушенні центрування вала. Наслідками є підвищення вібрації, шуму, зниження ККД приводу та поступове руйнування суміжних елементів.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Надійний режим обслуговування з обов'язковою діагностикою температурного режиму підшипників дозволяє своєчасно виявити відхилення.

При експлуатації ковшового конвеєра, який використовується для транспортування зернових культур та інших сипучих матеріалів у вертикальному або похилому напрямку, виникає потреба у забезпеченні надійної зупинки обладнання у випадку виникнення аварійної ситуації. Такий режим зупинки є невід'ємним елементом загальної системи техніки безпеки на виробничому підприємстві та передбачає негайне втручання оператора з метою уникнення пошкоджень обладнання, а також запобігання виникненню загрози життю чи здоров'ю обслуговуючого персоналу.

Ковшовий конвеєр, як складна транспортна машина, має в своєму складі значну кількість рухомих вузлів і механічно пов'язаних систем, які під час нормальної роботи функціонують у заданому технологічному режимі. Однак у разі раптового відхилення від стандартних параметрів, зокрема через перевантаження, заклинювання ковшів, зсув або обрив тягової стрічки, несправність електродвигуна чи збої в роботі редукторного приводу, потрібно негайно задіяти аварійне відключення.

Першочерговим заходом у такій ситуації є негайне припинення подачі електроживлення на весь комплекс приводної системи. Це досягається шляхом активації аварійного вимикача, що повинен бути доступний для оператора на всіх рівнях експлуатаційного доступу. Блок аварійного відключення повинен мати фіксоване положення та механічне блокування від несанкціонованого ввімкнення до усунення причини несправності.

Після знеструмлення обладнання необхідно провести попередній технічний огляд конвеєрної лінії з метою виявлення джерела збою. Доцільно здійснити візуальну перевірку стану стрічки, натяжного механізму, огляд зачеплення ведучого барабана зі стрічкою, а також цілісності кріплення ковшів. Якщо джерелом зупинки є обрив або перекіс ковшів, необхідно провести демонтаж пошкоджених елементів з подальшим їх ремонтом або заміною.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

У випадку перегріву або підклинювання підшипникових вузлів приводу, необхідно дочекатись повного охолодження металевих частин і лише після цього розпочинати демонтаж. Порушення температурного режиму може свідчити як про відсутність змащення, так і про механічне зношення або втрату геометрії опорного вала. Такі випадки вимагають проведення дефектації, а також ревізії стану мастильних матеріалів і точок змащування згідно з паспортом установки.

Особливої уваги потребує аналіз дій персоналу під час зупинки конвеєра при його навантаженому стані. У разі якщо аварійне відключення відбулося під час транспортування матеріалу, всередині шахти конвеєра можливе утворення зони підвищеного навантаження. Для уникнення додаткового пошкодження конструкції необхідно спочатку розвантажити конвеєр шляхом локального вивантаження матеріалу через сервісні люки або ревізійні отвори. Заборонено запускати обладнання без усунення блокування рухомих елементів та розвантаження ділянок, де відбулося накопичення матеріалу.

У технічному сенсі аварійна зупинка потребує аналізу усіх електромеханічних елементів, які брали участь у процесі. Особливо це стосується приводу — перевірці підлягають електродвигун, редуктор, муфта, підшипникові вузли, а також елементи пуско-регулювальної апаратури. Доцільно провести вимірювання ізоляції обмоток, тестування робочого струму, опору заземлення та перевірку на наявність сторонніх механічних шумів при обертанні в холостому режимі.

Окрему категорію становлять заходи з відновлення працездатності тягового органу — ковшової стрічки. У випадку її обриву або значного розтягування необхідно здійснити нове натягування або заміну окремих ланок. Стрічка повинна бути встановлена відповідно до вісесиметрії барабанів, з дотриманням оптимального натягу, щоб уникнути бокового зміщення та нерівномірного зносу.

Особливо небезпечним є повторний пуск конвеєра без верифікації усіх вузлів. Після аварійної зупинки необхідно скласти технічний акт, у якому

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мають бути зафіксовані: час події, обставини зупинки, попередній висновок щодо причини несправності та перелік відновлювальних робіт. Лише після виконання всіх ремонтно-відновлювальних процедур, проведення контрольного огляду та позитивних результатів пробного запуску можна дозволити повернення конвеєра до експлуатації у штатному режимі.

Оператор, який виконує пусконаладжувальні заходи після зупинки внаслідок аварійної ситуації, повинен мати відповідну кваліфікацію та пройти цільовий інструктаж з охорони праці. Необхідно забезпечити його доступ до повного комплексу технічної документації, інструментів та засобів індивідуального захисту. Крім того, з міркувань безпеки рекомендовано проводити такі роботи у присутності ще одного співробітника.

Профілактичним заходом для уникнення аварійних зупинок конвеєра є впровадження системи автоматичного моніторингу основних параметрів обладнання. Використання датчиків температури, вібрацій, навантаження на вал, натягу стрічки та частоти обертання дозволяє виявляти критичні відхилення на ранній стадії. Сигнали з цих пристроїв повинні інтегруватися у систему управління, яка зможе реалізовувати як сповіщення, так і автоматичне відключення обладнання у разі перевищення граничних значень.

На практиці ефективність аварійного зупинення значною мірою залежить від загального стану конвеєрного обладнання, своєчасності технічного обслуговування та дотримання регламентних заходів. Забезпечення постійного контролю за станом кожного вузла та агрегату, а також регулярне оновлення знань обслуговуючого персоналу щодо алгоритму дій у випадку зупинки сприятиме зниженню рівня травматизму та підвищенню експлуатаційної надійності системи в цілому.

Також у процесі експлуатації ковшових конвеєрів на промислових об'єктах важливою умовою збереження життя та здоров'я працівників, а також недопущення руйнування обладнання та інфраструктури, є суворе дотримання вимог пожежної безпеки. Цей аспект регламентується, як чинним законодавством України, так і низкою галузевих стандартів, технічних

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

регламентів і виробничих інструкцій. Розглянемо ключові вимоги щодо вогнезахисту, організації протипожежних заходів, дій персоналу у разі загоряння, а також питання організації системи охорони праці на підприємстві, де експлуатується ковшовий конвеєр.

Одним із головних чинників зниження ризику виникнення пожежі є раціональний вибір матеріалів, що використовуються для виготовлення та монтажу конструкцій. Усі елементи, що входять до складу несучих конструкцій конвеєра (рамна частина, кожухи, опори), повинні мати класифікацію не нижче ніж В1 згідно з вимогами ДБН та ГОСТ. Вогнестійкість сталевих та композитних компонентів підвищується шляхом нанесення вогнезахисних покриттів, у тому числі антипіренів, спеціальних лакофарбових систем або термозахисних складів, що перешкоджають нагріванню металу та сповільнюють процес займання.

На кожному підприємстві, де встановлено ковшові конвеєри, має бути передбачений протипожежний режим, який включає комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на мінімізацію ймовірності загоряння. Цей режим визначається внутрішніми інструкціями, погодженими з місцевими органами ДСНС, та закріплюється наказом по підприємству. У таких інструкціях детально вказуються дії персоналу у разі виникнення пожежі, відповідальні особи за забезпечення пожежної безпеки, перелік заборонених дій (наприклад, використання відкритого вогню у зоні розвантаження або завантаження сипучих матеріалів), а також місця розміщення первинних засобів пожежогасіння.

Усі працівники, що залучаються до обслуговування транспортувальних систем, проходять первинний, повторний та позаплановий інструктаж з пожежної безпеки, що фіксується у спеціальному журналі. Всі інструктажі проводить призначена особа, яка має відповідну технічну підготовку. Працівники повинні знати порядок евакуації, послідовність повідомлення про пожежу, використання вогнегасників та інших засобів локалізації займання.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Під час обслуговування конвеєрів слід звертати увагу на наявність елементів, здатних створювати джерела загоряння. Це зокрема стосується вузлів тертя — підшипникових опор, приводних муфт, зон контакту стрічки з барабанами. За умов недостатнього технічного обслуговування можливе підвищене нагрівання, що може призвести до займання наявного на поверхні пилу або мастила. У зв'язку з цим усі такі вузли мають контролюватися візуально та за допомогою приладів термодіагностики. Нормативно рекомендовано впроваджувати систему автоматичного термоконтролю у зонах підвищеного навантаження.

Серйозну небезпеку становить іскроутворення, особливо в зонах подачі сипких пилових вантажів, де може виникати вибухонебезпечне середовище. Для запобігання цьому необхідно передбачити системи іскробезпеки, включно з антистатичним заземленням обертових частин, використанням підшипників із іскробезпечними елементами та установкою іскрогасників на вентиляційні канали. Система вентиляції повинна забезпечувати ефективне відведення пилу, який може накопичуватись у приводній та натяжній частинах конвеєра. Також слід застосовувати аспіраційні пристрої з циклонною або фільтраційною системою, які дають змогу локалізувати пиловий фактор до його поширення в робочому середовищі.

У разі виявлення загоряння персонал повинен діяти згідно з визначеним порядком: негайно припинити роботу конвеєра, повідомити відповідальну особу або диспетчера, активувати систему пожежної сигналізації, провести евакуацію згідно з розробленим планом. Усі ці дії передбачаються у протипожежній інструкції, яка повинна бути доступною на видимому місці на кожному виробничому майданчику.

Окремий напрям заходів безпеки при експлуатації ковшових конвеєрів стосується планування та реалізації комплексної системи охорони праці. Її основою є впровадження плану організаційних заходів, які охоплюють як безпосередню роботу обладнання, так і супутні аспекти — нагляд, контроль, аналіз ризиків, інструктажі тощо. Основним інструментом такого управління

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

є таблиця заходів з охорони праці, в якій визначаються відповідальні за виконання, терміни та конкретні дії. Наприклад, встановлюється, що технічний інженер повинен щоквартально перевіряти справність електроприводів, а майстер дільниці — здійснювати візуальний контроль захисних кожухів.

Усі заходи охоплюють як безперервний інструктаж співробітників, так і своєчасне оновлення технічної документації, включно з правилами безпечної експлуатації. Усі інструктажі мають фіксуватись у відповідних журналах, з вказанням дати, теми, підпису інструктора та працівника. Відповідальність за зберігання та ведення журналів покладається на інженера з охорони праці або керівника дільниці.

Крім адміністративних заходів, до системи охорони праці належать також технічні засоби, зокрема, запобіжні бар'єри, аварійні кнопки відключення, блокуючі системи доступу до рухомих частин конвеєра. Наявність цих елементів суттєво знижує ризики ураження та створює умови для проведення планових ремонтів без додаткових загроз. Усі подібні пристрої повинні проходити регулярну перевірку відповідно до графіка, затвердженого технічним відділом підприємства.

Комплексна реалізація вимог з охорони праці при експлуатації ковшового конвеєра є ключовим фактором для зменшення виробничих ризиків, стабільності роботи обладнання та збереження здоров'я персоналу. Вона передбачає впровадження технічних та організаційних заходів, дотримання регламентів безпеки, періодичне інструктування працівників, а також контроль за станом технічних вузлів. Ефективна профілактика аварійних ситуацій можлива лише за умови належного технічного обслуговування та наявності системи управління безпекою праці. Такий підхід підвищує надійність експлуатації транспортних систем.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Розділ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Метою даного розрахунку є оцінка економічної ефективності використання ковшового конвеєра на підприємстві аграрного сектору для транспортування зерна кукурудзи. Основна увага приділяється визначенню окупності інвестицій, рентабельності, оцінці експлуатаційних витрат і аналізу рівня економічної віддачі від впровадження даного обладнання за умови безперервної роботи при повному завантаженні.

Вихідні техніко-економічні параметри:

Вартість ковшового конвеєра: $C=94000$ грн

Строк служби: 5 років

Робочий режим: 16 год/день, 5 днів/тиждень

Потужність електродвигуна: 2,2 кВт

Тариф на електроенергію: 4,32 грн/кВт·год

Продуктивність ковшового конвеєра: 14 т/год

Ціна реалізації кукурудзи: 7510 грн/т

Коефіцієнт використання $\eta = 0,95$

Розрахунок ефективного річного часу експлуатації

Робочий тиждень:

$$5 \text{ днів} \times 16 \text{ год} = 80 \text{ год/тиждень}$$

Кількість тижнів у році: ~52

Річний календарний фонд часу:

$$T_n = 80 \times 52 = 4160 \text{ год/рік}$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Масліченко В.І.			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					63	78
Реценз.								
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								
						НУБіП України		

Розрахунок ефективного часу експлуатації (ефективний фонд часу):

$$t_{\phi} = 4160 \times 0,95 = 3952 \text{ год/рік}$$

Розрахунок споживання електроенергії:

$$E_{\text{н}} = \text{Потужність} \times t_{\phi} \times T_{\text{ариф}}$$
$$E_{\text{н}} = 2,2 \times 3952 \times 4,32 = 37\,586,3 \text{ грн/рік}$$

Оцінка витрат на обслуговування:

На основі відкритих джерел та актуальних ринкових пропозицій станом на 2025 рік в Україні приймаємо:

$M_{\text{т}}$ – витратні матеріали (мастила, ущільнення, болти): 20 000 грн/рік

$T_{\text{р}}$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу (мінімум 1 оператор на зміну):

$$30\,000 \text{ грн/міс} \times 2 \text{ оператори} \times 12 = 720\,000 \text{ грн/рік}$$

$O_{\text{б}}$ – сервісне технічне обслуговування та поточні ремонти: 30 000 грн/рік

$A_{\text{м}}$ – амортизаційні витрати за формулою:

$$A_{\text{м}} = C / T_{\text{експ}} = 94\,000 / 5 = 18\,800 \text{ грн/рік}$$

Загальні (сумарні) експлуатаційні витрати за рік:

$$P = E_{\text{н}} + M_{\text{т}} + T_{\text{р}} + O_{\text{б}} + A_{\text{м}};$$

$$P = 37\,586,3 + 20\,000 + 720\,000 + 30\,000 + 18\,800 = 826\,386,3 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок обсягів транспортування і річного доходу від експлуатації:

Обсяг транспортування зерна за рік:

$$Q_{\text{зерна}} = \text{Продуктивність} \times t_{\phi} = 14 \times 3952 \text{ год} = 55328 \text{ т/рік}$$

Валова виручка

$$O_{\text{т}} = 55328 \text{ т} \times 7510 \text{ грн/т} = 415510280 \text{ грн/рік}$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такий показник — це не прибуток, а валовий дохід від реалізованої продукції. Він не враховує логістики, податків, тощо. Тому слід скоригувати до прибутку з тонни. Приймаємо 100 грн/т як реалістичну маржу (без урахування інших логістичних та складських витрат, лише за транспортування):

$$O_{\text{прибуток}} = 55\,328 \times 100 = 5\,532\,800 \text{ грн/рік}$$

Річний економічний ефект:

$$Q_{\text{реальний}} = O_{\text{прибуток}} - P;$$

$$Q_{\text{реальний}} = 5\,532\,800 - 826\,386,3 = 4\,706\,413,7 \text{ грн/рік}$$

Строк окупності інвестицій:

$$T_{\text{ок}} = C / Q_{\text{реальний}} = 94\,000 / 4\,706\,413,7 \approx 0,02 \text{ року} \approx 0,24 \text{ місяця}$$

Це свідчить про надшвидку окупність, що вказує на необхідність корекції розрахунків відповідно до реальних умов.

Проведено коригування за наступних припущень та уточнень: обмежена наявність зерна, а також сезонність. Приймаємо зменшене реалістичне навантаження на конвеєр до 25% часу (іноді конвеєр простоює, йде переналаштування, технічне обслуговування тощо).

Скориговане навантаження (25% часу):

$$t = 3952 \times 0,25 = 988 \text{ год/рік}$$

Обсяг транспортування (вихід зерна):

$$Q_{\text{реальне зерно}} = 988 \times 14 = 13832 \text{ т/рік}$$

$$O_{\text{прибуток (25\%)}} = 13832 \times 100 = 1383200 \text{ грн/рік}$$

Ефект:

$$Q_{\text{реальний (25\%)}} = 1383200 - 826386,3 = 556813,7 \text{ грн/рік}$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Уточнений строк окупності за умовами обмеженої сезонності:

$$T_{\text{ок (25\%)}} = 94\,000 / 556813,7 \approx 0,17 \text{ року} \approx 6 \text{ міс}$$

Таблиця 5.1. Техніко-економічні показники

Назва	Показник	Значення
Вартість обладнання	C	94 000 грн
Термін експлуатації	$T_{\text{експ}}$	5 років
Календарний фонд часу	$T_{\text{н}}$	4160 год/рік
Коефіцієнт використання	η	0,95
Ефективний фонд часу	$t_{\text{ф}}$	3952 год/рік
Витрати на електроенергію	$E_{\text{н}}$	37 586,3 грн/рік
Витратні матеріали	$M_{\text{т}}$	20 000 грн/рік
Заробітна плата обслуговуючого персоналу	$T_{\text{р}}$	720 000 грн/рік
Обслуговування та ремонт	$O_{\text{б}}$	30 000 грн/рік
Амортизаційні відрахування	$A_{\text{м}}$	18 800 грн/рік
Загальні експлуатаційні витрати	P	826 386,3 грн/рік
Річний обсяг транспортування зерна	$Q_{\text{зерна}}$	55 328 т/рік
Валовий дохід	$O_{\text{т}}$	415 510 280 грн/рік
Реалістичний прибуток	$O_{\text{прибуток}}$	5 532 800 грн/рік
Річний економічний ефект	$Q_{\text{реальний}}$	4 706 413,7 грн/рік
Строк окупності (номінальний)	$T_{\text{ок}}$	0,02 року \approx 0,24 міс
Ефективна робота при сезонному завантаженні (25%)	t	988 год/рік
Обсяг транспортування за реального навантаження	$Q_{\text{реальне зерно}}$	13 832 т/рік
Прибуток за реального навантаження	$O_{\text{прибуток (25\%)}}$	1 383 200 грн/рік
Економічний ефект при 25% завантаженні	$Q_{\text{реальний (25\%)}}$	556 813,7 грн/рік
Окупність за умовами обмеженої сезонності	$T_{\text{ок (25\%)}}$	0,17 року \approx 6 міс

Показник вартості обладнання, який у розрахунках позначено як C, відображає стартову суму інвестицій, необхідну для придбання ковшового

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

конвеєра. Це капітальне вкладення, яке підприємство здійснює одноразово з метою забезпечення технологічного процесу. Вартість обладнання суттєво впливає на строк його окупності та амортизаційні витрати, що розподіляються протягом усього періоду експлуатації. Відносно невисока вартість конвеєра у розрахунковому прикладі забезпечує швидке повернення інвестицій навіть при частковому завантаженні обладнання.

Термін експлуатації (позначається як $T_{\text{експ}}$) визначає нормативний період служби механізму до моменту фізичного чи морального зносу. У розрахунках прийнято строк у 5 років, що відповідає реалістичному ресурсу для обладнання цієї категорії в умовах інтенсивного використання. Цей параметр використовується для визначення річної амортизації та є важливим для прогнозування довгострокових витрат на оновлення технічної бази підприємства.

Календарний фонд часу (T_n) — це кількість годин, які обладнання потенційно може відпрацювати за один рік, виходячи з встановленого режиму роботи. В даному випадку маємо 80 годин на тиждень (16 год/день протягом 5 днів), що, при множенні на кількість тижнів у році, дає 4160 годин. Це теоретичне значення, яке необхідне для подальшого врахування коефіцієнта використання. Календарний фонд не враховує ремонтні або простоя через відсутність сировини, тому його корегують, множачи на реальний коефіцієнт навантаження.

Коефіцієнт використання (позначається як η) є безрозмірною величиною, яка показує фактичне співвідношення між дійсним часом роботи та можливим календарним фондом. Для ковшового конвеєра він прийнятий на рівні 0,95, що вказує на високу ступінь задіяності обладнання. Цей показник особливо важливий для оцінки ефективності організації виробничого процесу та оптимізації графіків навантаження.

Ефективний фонд часу роботи (позначається як $t_{\text{ф}}$) — це кількість годин на рік, протягом яких обладнання реально задіяне у виконанні технологічного процесу. Він розраховується шляхом множення календарного фонду на

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

коефіцієнт використання. У нашому випадку це 3952 год/рік. Цей показник є базою для розрахунку витрат на електроенергію, обсягу продукції, валової виручки та річного прибутку.

Витрати на електроенергію (E_n), який безпосередньо залежить від споживаної потужності двигуна конвеєра, тривалості його роботи та тарифу на електроенергію. Враховуючи потужність 2,2 кВт, ефективний час експлуатації та тариф 4,32 грн/кВт·год, отримаємо річну суму витрат у межах 37 586,3 грн. Даний показник дає змогу оцінити енергетичну ефективність обладнання та є одним із ключових елементів у складі загальних експлуатаційних витрат.

Матеріальні витрати (M_T) включають в себе вартість витратних компонентів, необхідних для підтримання працездатності обладнання: мастильні матеріали, ущільнюючі елементи, болтові з'єднання, які підлягають заміні в процесі експлуатації. Сума в 20 000 грн на рік відображає середньоринковий рівень технічного обслуговування в умовах українського аграрного сектору станом на 2025 рік.

Оплата праці обслуговуючого персоналу (T_p) враховує щомісячну заробітну плату двох операторів, які працюють позмінно, відповідно до 16-годинного режиму функціонування конвеєра. При ставці 30 000 грн на місяць на одного оператора, річна сума витрат на оплату праці становить 720 000 грн. Даний компонент займає найбільшу частку в структурі витрат і має критичне значення при оцінці економічної доцільності автоматизації виробничого процесу.

Витрати на обслуговування та ремонти (O_6) охоплюють планові технічні огляди, дрібні ремонти, регламентні заміни вузлів та реагування на позаштатні ситуації. Прийняте значення у 30 000 грн/рік відповідає типовому технічному циклу обслуговування механізмів даного типу. Регулярність і своєчасність виконання сервісних операцій безпосередньо впливають на надійність експлуатації та зменшення простоїв, що у свою чергу знижує ризики втрати прибутку.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Амортизаційні витрати (A_m) визначаються як рівномірний розподіл вартості обладнання на весь строк його служби. У нашому випадку 94 000 грн вартості розділено на 5 років, що дає 18 800 грн/рік. Амортизація враховується у фінансовій звітності для формування реального уявлення про повну собівартість експлуатації обладнання.

Сумарні річні експлуатаційні витрати (P) — це загальна сума всіх перерахованих вище витратних статей, що виникають у процесі використання обладнання. У випадку з ковшовим конвеєром річна величина P становить 826 386,3 грн. Цей показник дозволяє здійснити комплексну оцінку витратного навантаження, яке несе підприємство при використанні даного технічного рішення.

Обсяг транспортування зерна за рік ($Q_{\text{зерна}}$) обраховується на основі добутку продуктивності конвеєра та ефективного фонду часу. Отриманий результат — 55 328 т/рік — дозволяє кількісно оцінити корисний вихід обладнання у виробничому процесі. На основі цього показника розраховується як валова виручка, так і очікуваний прибуток.

Валова виручка (O_T) демонструє загальну суму доходу від реалізації зерна, яке було переміщено за допомогою обладнання. Проте цей показник не відображає прибуток, оскільки не враховує витрати, пов'язані з функціонуванням технічного засобу. У нашому прикладі ця величина дорівнює 415 510 280 грн/рік.

Реалістичний прибуток ($O_{\text{прибуток}}$) визначає грошовий дохід, який підприємство може реально отримати з урахуванням маржі з кожної тонни переміщеної продукції. Прийнято значення 100 грн прибутку на 1 т кукурудзи, що є середнім ринковим показником, за відсутності витрат на сушіння, зберігання та логістику. Отже, прибуток при повному завантаженні становить 5 532 800 грн/рік.

Річний економічний ефект ($Q_{\text{реальний}}$) показує різницю між валовим прибутком та витратами на експлуатацію обладнання. В даному розрахунку цей ефект становить 4 706 413,7 грн, що свідчить про значну дохідність

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

використання конвеєра за умов повного завантаження. Цей показник використовується при оцінці ефективності інвестицій у технічне переоснащення.

Строк окупності ($T_{ок}$) є критерієм повернення інвестицій, який вказує, за який період витрати на придбання обладнання будуть компенсовані за рахунок отриманого прибутку. У нашому випадку строк окупності становить лише 0,02 року або приблизно 0,24 місяця, що є нереалістично високим показником, тому було проведено коригування на основі реальних умов.

Скориговане реальне навантаження (25%) враховує сезонність, простої, обмеження по наявності сировини, технічне обслуговування. Фактична кількість годин роботи за таких умов становить 988 годин, що значно зменшує обсяг переміщеного зерна. Це дозволяє отримати більш достовірну економічну модель.

Скоригований обсяг транспортування ($Q_{\text{реальне зерно}}$) при зниженому завантаженні становить 13 832 т/рік. Відповідно, очікуваний прибуток підприємства за таких умов — 1 383 200 грн/рік, що суттєво нижче від теоретично можливого максимуму, проте більш відповідає реаліям аграрного виробництва.

Скоригований економічний ефект ($Q_{\text{реальний при 25\%}}$) визначає прибуток з урахуванням фактичного завантаження обладнання і становить 556 813,7 грн/рік. Цей показник є більш показовим для підприємств, які працюють в умовах обмеженого сезону або циклічного виробництва.

Остаточний строк окупності ($T_{ок \text{ скоригований}}$) при навантаженні 25% дорівнює приблизно 0,17 року або 6 місяців. Це значення слугує реальним орієнтиром для ухвалення управлінських рішень щодо доцільності закупівлі обладнання, планування бюджету та оптимізації виробничих витрат.

Розрахунок проведено з урахуванням максимально ідеальних умов експлуатації ковшового конвеєра: максимальна ефективність, повна завантаженість сировиною та оптимальний режим роботи без тривалих простоїв. Проте, з урахуванням сезонності, затримок у транспортуванні,

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

обмеженого обсягу зерна після збирання врожаю, прийнято коригувальну модель з навантаженням 25%. Це дозволило отримати реалістичну оцінку строку окупності – близько 6 місяців, що є високим показником економічної ефективності для агропромислових підприємств. Проте ці показники в майбутньому можливо уточнити прорахувавши бізнес план з повними показниками затрат та інших потужностей підприємства.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Висновки

У даній бакалаврській кваліфікаційній роботі було виконано комплексне дослідження, спрямоване на розроблення та інженерне обґрунтування конструкції ковшового конвеєра для транспортування зерна кукурудзи. В ході виконання завдання були поетапно розглянуті всі ключові технічні та економічні аспекти, що забезпечують раціональність вибору технічного рішення, його конструктивну реалізацію та ефективність експлуатації.

У першому розділі проведено аналіз конструктивних принципів побудови ковшових конвеєрів. Розглянуто основні елементи системи транспортування сипких матеріалів, класифіковано типи ковшових транспортерів відповідно до умов експлуатації. Акцентовано увагу на специфіці транспортування зерна, враховуючи його сипку структуру, габарити ковшів, тип стрічки, а також вимоги до герметичності й безперебійності подачі.

Другий розділ був присвячений методології структурного аналізу, яка включала побудову морфологічної матриці, що дозволила виявити раціональні варіанти компонування вузлів. За допомогою системного підходу здійснено порівняння техніко-експлуатаційних характеристик і сформовано обґрунтований варіант конструктивного виконання транспортного пристрою.

У третьому розділі проведено інженерні розрахунки елементів конвеєра. Визначено основні параметри стрічки, розраховано лінійне навантаження та зусилля, що виникають у тяговому органі. На основі обчислення необхідної потужності приводу виконано підбір електродвигуна, враховуючи умови навантаження та режим роботи. Встановлено кінематичні співвідношення для передачі обертального моменту. Окремо виконано розрахунок натяжного пристрою, вала привідного барабана, а також вузлів підшипникової опори.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Масліченко В.І.			ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					72	78
Реценз.								
Н. Контр.		Ловейкін В.С.						
Затверд.								
						НУБіП України		

Підбір муфти забезпечив узгодження жорсткості з'єднання між електродвигуном і редуктором.

У розділі з охорони праці сформовано систему заходів, спрямованих на безпечну експлуатацію обладнання. Надано обґрунтування засобів індивідуального захисту, вентиляції, освітлення та попереджувальних заходів щодо зниження виробничих ризиків.

П'ятий розділ містить детальні техніко-економічні обчислення. Проведено оцінку річних витрат на електроенергію, обслуговування, матеріали та оплату праці. На основі продуктивності транспортера визначено обсяг обробленого зерна, змодельовано прибуток від одиниці продукції й отримано величину економічного ефекту. Розрахунок окупності засвідчив доцільність застосування конструкції: навіть з урахуванням коригувань через сезонність строк повернення інвестицій не перевищує шести місяців. Це є підтвердженням високої ефективності запропонованого технічного рішення у виробничих умовах сільськогосподарського підприємства.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Список літературних джерел

1. Підйомно-транспортні машини (конспект лекцій для студентів механічних спеціальностей) / В.М. Савенков, В. Ю. Тимохіна, Ю.В. Тимохін, – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. – 178 с.
2. Бойко М.А., Павлов О.Г. Методичні вказівки до лабораторних та практичних занять з курсу „Підйомно-транспортні машини” – 2011, СНАУ, 26 с.
3. 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.
4. Ярошенко В.Ф. Типові питання студентам при захисті курсових робіт пійомно-транспортних машин. Методичні вказівки до курсового проекту. – К.:Вища шк., 1998.-25с.
5. Саділо О. В. Оцінка стану металу несучих металоконструкцій вантажопідйомних машин / О. В. Саділо // Техніка будівництва. - 2008. - № 21. - С. 45-47.
6. Іванченко Ф.К. Підйомно – транспортні машини: Підручник. – К.: Вища школа, 1993 – 413 с.
7. 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.
8. Гончарук О.М. Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка/ О.М. Гончарук, В.М. Стрілець. – Рівне: НУВГП, 2006. – 346 с.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Масліченко В.І.			СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кадикало І.О.					74	78
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Лоейкін В.С.						
Затверд.								

9. Любін М.В., Берник П.С. Механізація транспортуючих та вантажопідійомних машин. – К.: Урожай, 1987 – 190 с.
10. Правила виконання кінематичних схем. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи кінематики. (Стандарт кафедри)/ Упор. Б. В. Орловський, В. О. Пищиков, Арабінова Н.С. - .: КНУТД. – 2003. -32 с.
11. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
12. Анурьев В.И. – Справочник конструктора – машиностроителя в 3-х томах – М.:Машиностроение .-1979.
13. Бондарев В.С., Дубинець О.І., Колісник М.П., Бондарев С.В., Горбатенко Ю.П. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин - К.: Вища шк., 2009, 734 с.
14. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. – К.: Вицашк., 1988. – 424 с.
15. 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.
16. Курмаз Л.В. Основи конструювання деталей машин: навчальний посібник. Харків: Видавництво «Підручник НТУ «ХПІ». 2010. 532 с.
17. Любін М.З., Берник П.С. Механізація транспортуючих та вантажопідійомних робіт. Частина 1. – Київ-Вінниця.: Урожай, 1996. – 191 с.
18. Булгаков В. М. Инженерна механіка / В. М. Булгаков, О. І. Литвинов, Д.Г. Войтюк. - Винниця: Нова книга, 2006. - 504 с.
19. Павлице В. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. Львів: Афіша, 2003. — 560 с.
20. 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.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Марковський М.Б., Диденко В.С. Розрахунок відкритих ланцюгових передач. Методичні розробки для студентів інженерних факультетів. – К, 1983. – 30с.
22. Лехман С.Д., Целинський В.П., Козирев С.М., Матохнюк Л.О., Бокотей А.Г. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. – К.: Урожай, 1990. – 400 с.
23. 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.
24. <https://zakon.rada.gov.ua>
25. ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві. Основні положення»;
26. НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт»;
27. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
28. НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників»;
29. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями»;
30. НПАОП 0.00-7.17-18 «Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці»;
31. НПАОП 45.2-7.03-17 «Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках».
32. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв. Навчальний посібник. / Гурський П.В., Перцевой В.В., Гулий І.С. та ін. – Харків.: ХДАТОХ 2001. - 230 с.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

33. Гарнець В.М., Безух А.В. Методологія створення машин: Навчальний посібник. - К.: "Хай-Тек Прес", 2010. - 376с.
34. <https://prom.ua/p209734842-noriyi-kovshovi.html>
35. https://tehnomashstroy.com.ua/ua/p2305630184-noriya-zernova.html?source=merchant_center&srsltid=AfmBOorFZ3FP6hasXYvuc2Nb5NFLO8eHSNpt6yVmsQv_g6BCNTl-4n391Gs
36. <https://artmash.ua/product/noriya>
37. <https://yasno.ua/electricity-b2b>
38. <https://tripoli.land/ua/kukuruza>
39. <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/commodities/corn/>
40. https://prom.ua/p2330153048-zernovaya-noriya-115.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gad_campaignid=20983226771&gbraid=0AAAAADBxJSUi8F7kzNjFRHEWpsgzaSG9N&gclid=Cj0KCQjwxdXBBhDEARIsAAUkP6iE4YE977fQ1rBBOQmqOLzRej0ssVuGVYeJhcRwggw9Kr8QYajQrLLsaAtD6EALw_wcB

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ДОДАТКИ

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78