

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

(назва кафедри)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(підпис) (ПІБ)

“ ” 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАН-
СПОРТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Володимир БУЛГАКОВ

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН

к.т.н.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Анастасія ЛЯШКО

Виконав

Заверуха Олександр Богданович
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

д.т.н., професор Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ ” 2025р.

З А В Д А Н Н Я
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Заверухи Олександра Богдановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра) **РОЗРОБКА
КОНСТРУКЦІЇ СТІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ**

затверджена наказом ректора НУБіП України від “15” квітня 2026 р. №1044 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2026 червня 04

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра)

Технологічна схема застосування стрічкового конвеєра для транспортування сільськогосподарських вантажів

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів
2. Розглянути перспективи створення нової конструкції стрічкового конвеєра
3. Виконати розрахунок стрічкового конвеєра
4. Розглянути питання охорони праці при роботі зі стрічковим конвеєром
5. Виконати розрахунок економічної ефективності

Перелік графічних документів (за потреби)

1. Загальний вигляд
2. Креслення вузла

Дата видачі завдання “16” квітня 2026 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Вячеслав ЛОВЕЙКІН.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анастасія ЛЯШКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Олександр ЗАВЕРУХА

(підпис) (прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ.....	9
1.1.Аналіз сучасних засобів транспортування сільськогосподарської продукції.....	9
1.2.Призначення та область застосування стрічкових конвеєрів в аграрному секторі	10
1.3.Аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів.....	12
1.4.Аналіз основних вузлів та механізмів	17
1.5.Порівняльний аналіз конструкцій	22
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА	24
2.1.Технологічна схема транспортування вантажу	24
2.2.Вихідні дані для проектування та фізико-механічні характеристики вантажу.....	25
2.3.Попередній вибір параметрів стрічки та визначення лінійних навантажень	26
2.4.Геометричні та масові параметри роликоопор конвеєра.....	26
2.5.Визначення конструктивних розмірів барабанів конвеєра	28
2.6.Тяговий розрахунок конвеєра методом обходу по контуру	29
2.7.Аналіз умов провисання стрічки та оптимізація натягів	31
2.8.Розрахунок тягового зусилля та потужності привода.....	34

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Заверуха О.Б.			ЗМІСТ				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Ляшко А.П.									3	62
									НУБіП України			
Н. Контр.		Матухно Н.В.										
Затверд.		Ловейкін В.С.										

2.9.Вибір та технічна характеристика електродвигуна.....	35
2.10. Вибір та кінематичний розрахунок редуктора Nord	36
2.11. Розрахунок приводного барабана.....	37
2.12. Розрахунок приводного вала.....	37
2.13. Підбір підшипникових вузлів вала приводного барабана	39
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
3.1.Аналіз потенційних небезпечних та шкідливих чинників під час експлуатації конвеєра.....	43
3.2.Інженерно-технічні рішення з безпеки конструкції та автоматизації захисту	44
3.3.Технічні заходи з електробезпеки та захисного заземлення	45
3.4.Організація пожежної безпеки та вимоги до персоналу.....	45
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	47
4.1.Вихідні дані для розрахунку техніко-економічних показників	47
4.2.Розрахунок капітальних вкладень	48
4.3.Розрахунок річних експлуатаційних витрат	49
4.4.Розрахунок показників економічної ефективності.....	51
4.5.Обґрунтування техніко-економічної вигоди та висновки	52
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТКИ.....	61

РЕФЕРАТ

Структурно бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, що містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Обсяг текстової частини роботи становить 61 сторінок комп'ютерного набору.

У першому розділі висвітлено історичні аспекти розвитку та еволюції конструкцій стрічкових конвеєрів, здійснено їхню класифікацію за ключовими функціональними показниками, а також проведено детальний аналітичний огляд існуючого транспортуючого обладнання, що застосовується в аграрному секторі. Досліджено сучасні конструктивні й технологічні рішення провідних вітчизняних та закордонних виробників, на основі чого визначено перспективні напрями проектування інноваційних стрічкових транспортерів для переміщення сільськогосподарських вантажів.

У другому розділі виконано комплексний конструктивно-технологічний розрахунок стрічкового конвеєра з визначенням його базових параметрів, зокрема: обґрунтовано вибір типу та ширини транспортерної стрічки, встановлено оптимальну швидкість її руху, розраховано номінальну продуктивність та необхідну потужність приводного механізму. Окрім цього, проведено розрахунки на міцність і жорсткість критично навантажених елементів металоконструкції, а саме рами конвеєра та приводного барабана.

У третьому розділі («Охорона праці») проаналізовано комплекс вимог безпеки під час експлуатації проектного стрічкового конвеєра, ідентифіковано потенційні небезпечні та шкідливі виробничі фактори й обґрунтовано інженерно-технічні заходи щодо мінімізації виробничих ризиків. Також регламентовано правила технічного обслуговування, планово-попереджувальних ремонтів та безпечного ведення робіт для забезпечення

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Заверуха О.Б.						
Перевір.		Ляшко А.П.					5	61
						НУБіП України		
Н. Контр.		Матухно Н.В.						
Затверд.		Ловейкін В.С.						

безперебійного функціонування обладнання.

У четвертому розділі здійснено техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки та впровадження запропонованої конструкції стрічкового конвеєра. Проведені розрахунки підтверджують ефективність оптимізації процесів транспортування сільськогосподарської продукції, а також детермінують зниження операційних та експлуатаційних витрат.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, стрічка, привод, барабан

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується постійним зростанням обсягів перевезення та переробки продукції рослинництва, що вимагає застосування ефективних, надійних і енергоощадних засобів механізації транспортних процесів. Одним із найпоширеніших видів транспортуючого обладнання в агропромисловому комплексі є стрічкові конвеєри, які забезпечують безперервне переміщення зерна, насіння, комбікормів та інших сипких вантажів із мінімальними втратами продукції.

Використання стрічкових конвеєрів дозволяє значно знизити трудомісткість виробничих процесів, підвищити продуктивність праці та забезпечити високу якість транспортування сільськогосподарських вантажів. На відміну від інших видів транспортерів, стрічкові конвеєри характеризуються плавністю роботи, невеликим рівнем шуму, низьким споживанням енергії та мінімальним пошкодженням продукції під час транспортування.

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору особливого значення набуває створення конструкцій транспортуючого обладнання, які поєднують високу продуктивність, надійність, довговічність та економічну ефективність. Це обумовлює необхідність удосконалення існуючих та розробки нових конструкцій стрічкових конвеєрів, адаптованих до умов експлуатації на підприємствах агропромислового комплексу.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка конструкції стрічкового конвеєра для транспортування сільськогосподарських вантажів, яка забезпечує необхідну продуктивність, надійність роботи та економічну доцільність використання.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Заверуха О.Б.			ВСТУП				Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Ляшко А.П.									7	61
									НУБіП України			
Н. Контр.		Матухно Н.В.										
Затверд.		Ловейкін В.С.										

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Провести аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів та особливостей їх застосування в аграрному секторі.
- Виконати вибір основних конструктивних параметрів конвеєра.
- Провести тяговий та конструктивний розрахунок основних вузлів і механізмів.
- Здійснити вибір привода та елементів приводної станції.
- Розглянути питання охорони праці під час експлуатації конвеєра.
- Визначити економічну ефективність впровадження розробленої конструкції.

Об'єктом дослідження є процес транспортування сільськогосподарських вантажів стрічковими конвеєрами.

Предметом дослідження є конструктивні параметри та експлуатаційні характеристики стрічкового конвеєра для транспортування сільськогосподарських вантажів.

Практичне значення роботи полягає у розробці конструкції стрічкового конвеєра, що забезпечує ефективне переміщення вантажів, зниження експлуатаційних витрат, підвищення надійності роботи обладнання та покращення техніко-економічних показників виробництва.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

1.1. Аналіз сучасних засобів транспортування сільськогосподарської продукції

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу ефективність логістичних операцій стає визначальним фактором конкурентоспроможності підприємства. Сільськогосподарські вантажі, що характеризуються значною різноманітністю фізико-механічних властивостей – від сипких зернових мас до крихких коренеплодів та штучних вантажів – вимагають застосування спеціалізованих систем неперервного транспорту. Традиційні лінійні конвеєри, які десятиліттями були основою галузі, наразі проходять етап глибокої трансформації. Основні претензії до застарілих конструкцій стосуються їхньої обмеженої маневреності, нездатності до адаптивного позиціонування вантажу та низької енергоефективності [1]. Новітні розробки, такі як двовимірні платформи на основі модульного дизайну, пропонують високу ступінь повторного використання компонентів та спрощений процес модернізації, що дозволяє інтегрувати в систему алгоритми розпізнавання положення вантажу за допомогою штучного інтелекту та комп'ютерного зору [1].

Стрічкові конвеєри залишаються найбільш економічно вигідним типом механізованого транспорту для переміщення продукції на великі відстані та при високих швидкостях [2]. Порівняно з ланцюговими, гвинтовими (шнековими) або пневматичними системами, вони забезпечують найбільш дбайливе поводження з продуктом, що є критично важливим для насіннєвого матеріалу та зерна харчового призначення. Наприклад, використання гвинтових конвеєрів (аугерів) часто призводить до травмування зернової маси, розколювання ядер та погіршення посівних якостей, тоді як на стрічці вантаж залишається нерухомим

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Заверуха О.Б.			РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					9	61
						НУБіП України		
Н. Контр.		Матухно Н.В.						
Затверд.		Ловейкін В.С.						

відносно тягового органу, що зводить механічне пошкодження практично до нуля [3]. Крім того, стрічкові системи демонструють значно меншу енергоємність на одиницю транспортованого вантажу порівняно з пневматичними установками [6]

Впровадження автоматизованих систем керування дозволяє мінімізувати вплив людського фактору, знизити ризик виникнення заторів та оптимізувати енергоспоживання. Сучасні інтелектуальні конвеєри оснащуються сенсорами, які в реальному часі відстежують стан основних вузлів, запобігаючи аварійним зупинкам та пошкодженню дорогої стрічки [8]. Застосування нових матеріалів, таких як високоміцні полімери, дозволяє створювати легші та довговічніші конструкції, що особливо важливо для мобільних систем, які використовуються безпосередньо в польових умовах або на тимчасових токах [5].

1.2. Призначення та область застосування стрічкових конвеєрів в аграрному секторі

Стрічкові конвеєри в сільському господарстві виконують роль ключової ланки в ланцюгу «поле-споживач». Їхня функціональна роль охоплює декілька основних напрямків: завантаження зерносховищ і силосів, транспортування продуктів переробки на комбикормових заводах, сортування та пакування коренеплодів, а також відвантаження продукції в транспортні засоби різних типів (автомобілі, залізничні вагони, морські судна) [9].

Для зернових вантажів стрічкові конвеєри є незамінними завдяки їхній здатності забезпечувати високу продуктивність – до 2400 т/год і більше – при довжині транспортування до 500 метрів [12]. Це дозволяє ефективно обслуговувати великі елеваторні комплекси. При роботі з коренеплодами, такими як картопля або буряк, конвеєри інтегруються в складні лінії приймання, де вони працюють спільно з роликівими очисниками та системами відокремлення домішок ґрунту [14]. Особливістю таких систем є необхідність дбайливого переміщення,

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

оскільки механічні удари та падіння з великої висоти призводять до псування овочів під час тривалого зберігання [16].

Штучні вантажі (мішки з насінням, добривами або коробки з готовою продукцією) вимагають плоских стрічок зі специфічними фрикційними властивостями для запобігання ковзанню при нахилах. У тваринництві конвеєри застосовуються для роздачі кормів та видалення гною, де критичним є стійкість матеріалів до корозії та агресивного хімічного середовища [9].

Таблиця 1.1.

Вимоги до конструкції транспортерів залежно від категорії вантажу

Категорія вантажу	Характерні об'єкти транспортування	Ключові вимоги до конструкції
Зернові та олійні	Пшениця, кукурудза, соняшник	Герметичність (аспірація), вибухозахист, дбайливе поводження [3]
Коренеплоди	Картопля, цукровий буряк, цибуля	Низька висота падіння, очищення від землі, «активні» борти [14]
Корми та добавки	Силос, сінаж, комбікорм	Стійкість до вологи та жирів, легкість очищення стрічки [10]
Штучні вантажі	Мішки, ящики, палети	Висока адгезія стрічки, можливість реверсу, точне позиціонування [1]

Сучасна тенденція розвитку галузі спрямована на використання закритих конструкцій, які повністю виключають викиди пилу в навколишнє середовище, що є вимогою екологічних стандартів та норм безпеки праці [3]. Крім того, закриті системи захищають вантаж від атмосферних опадів та зовнішнього забруднення, що критично для харчової продукції [3].

1.3. Аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів

Конструктивне виконання стрічкових конвеєрів визначається умовами експлуатації та специфікою логістичних процесів підприємства. Аналіз існуючих рішень дозволяє класифікувати їх за декількома фундаментальними ознаками.

1.3.1. Стаціонарні та мобільні конвеєри

Стаціонарні конвеєри (рис. 1.1) є основою промислової інфраструктури великих елеваторів та переробних підприємств. Вони монтуються на постійних фундаментах або металевих фермах і призначені для тривалої безперервної експлуатації в режимі високої інтенсивності. Основною перевагою стаціонарних систем є їхня надзвичайна надійність та стабільність робочих характеристик, оскільки умови експлуатації практично не змінюються [20]. Проте такі системи мають нульову мобільність і вимагають значних початкових інвестицій у будівництво естакад та галерей [20].



Рис. 1.1. Стаціонарний конвеєр

Мобільні (пересувні) конвеєри (рис. 1.2) пропонують гнучкість, необхідну для сучасних багатопрофільних господарств. Вони можуть базуватися на колісному ході (для переміщення трактором) або на гусеничному шасі (для самостійного руху на складських майданчиках) [14]. Мобільні системи часто обладнуються телескопічними секціями, що дозволяє змінювати дальність вильоту стріли без переміщення всієї установки [22]. Вони ідеально підходять для тимчасових проектів, завантаження автомобілів у полі або формування буртів у

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

підлогових складах [25]. Незважаючи на меншу продуктивність порівняно зі стаціонарними гігантами, мобільні конвеєри знижують витрати на внутрішньогосподарську логістику на 30–75% порівняно з використанням вантажівок [26].



Рис. 1.2. Мобільний (пересувний) конвеєр

1.3.2. Горизонтальні та похилі конвеєри

Вибір геометрії траси конвеєра залежить від необхідності подолання перепадів висот. Горизонтальні конвеєри (рис. 1.3) є найбільш простими в розрахунку та експлуатації, оскільки натяг стрічки не залежить від маси вантажу на підйомі [2]. Похилі конвеєри (рис. 1.4) використовуються для підйому продукції на верхні поверхи складів або в силоси. Для зерна на гладкій стрічці критичний кут нахилу становить близько 18° , після чого матеріал починає сповзати [10].

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

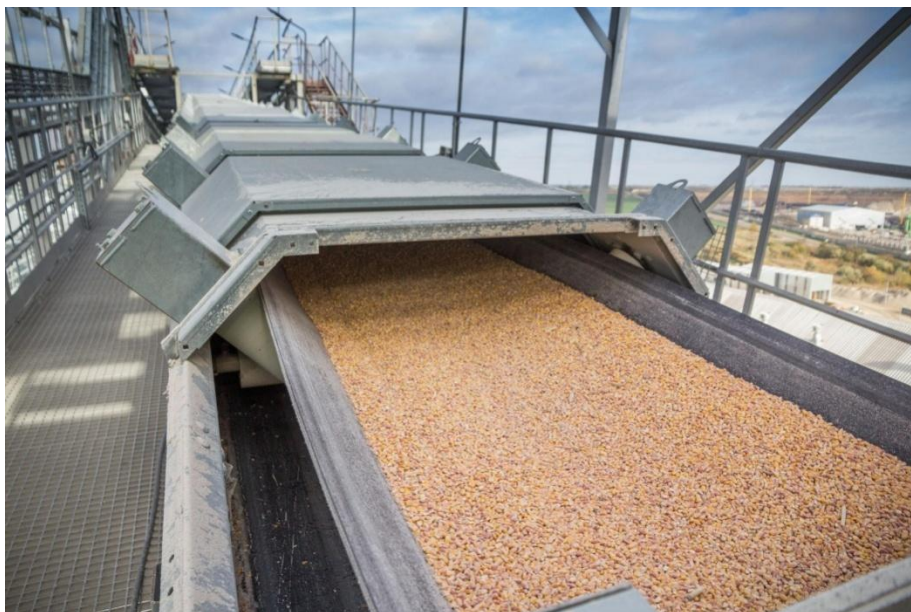


Рис. 1.3 Горизонтальний стрічковий конвеєр для транспортування зерна.



Рис. 1.4. Похилий стрічковий конвеєр для подачі зерна до силосів або верхніх рівнів складу.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Для збільшення кута нахилу до 35° і більше застосовуються спеціальні рішення:

Шевронні профілі(рис. 1.5, рис. 1.6.): V-подібні ребра на стрічці, що утримують сипкий вантаж [10].

Гофровані борти (Sidewall)(рис. 1.5): стрічка з високими еластичними бортами та поперечними перегородками, що фактично перетворює її на безперервний ряд ковшів [2].



Рис. 1.5. Крутопохилий конвеєр із шевронною стрічкою і гофробортами

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рис 1.6. Конвеєр з комбінованими шевронами для підйому під кутом

Трубчасті (Pipe) конвеєри: стрічка згортається в трубу після завантаження, що дозволяє піднімати вантаж під крутими кутами та долати складні повороти траси в обмеженому просторі [7].

1.3.3. Спеціальні сільськогосподарські конвеєри

В аграрному секторі особливого поширення набули закриті (герметичні) конвеєри. Модель Bühler LBIA (рис. 1.7) є прикладом повністю інкапсульованої системи, яка запобігає викидам зернового пилу, що не тільки покращує екологічну ситуацію, але й різко знижує ризик вибуху пилоповітряної суміші [3]. Для коренеплодів розроблено конвеєри з «активними бортами» (walkingsidewalls), де борти рухаються разом зі стрічкою, усуваючи тертя продукту об нерухомі частини рами, що мінімізує пошкодження шкірки картоплі чи цибулі [14].

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

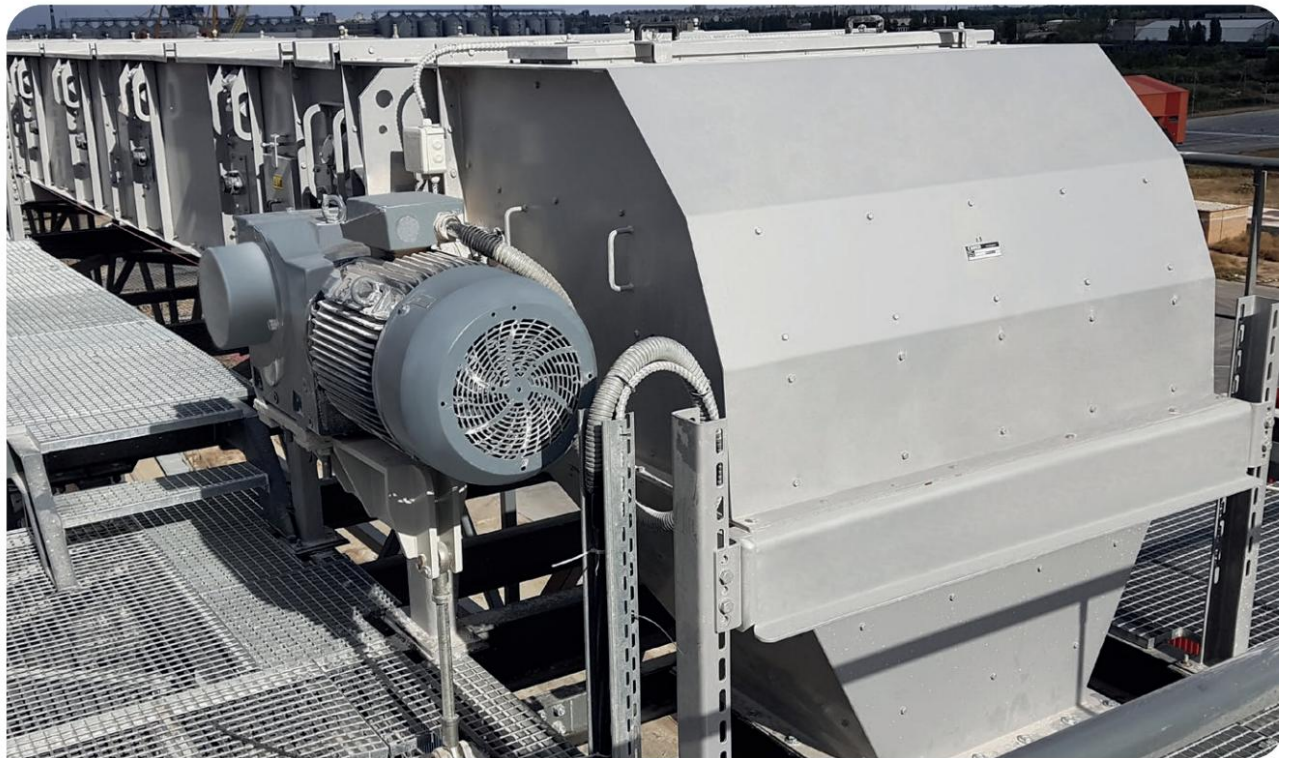


Рис. 1.7. Модель Bühler LBIA

1.4. Аналіз основних вузлів та механізмів

1.4.1. Загальна будова та рама

Основою будь-якого стрічкового конвеєра є металева рама (рис. 1.8), яка повинна забезпечувати жорсткість конструкції при динамічних навантаженнях. Погано спроектована рама призводить до перекосів, що викликає схід стрічки, передчасний знос підшипників та просипання вантажу [29]. У мобільних установках часто використовуються легкі алюмінієві сплави або високоміцні сталі для зменшення маси при збереженні міцності [5].

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рис. 1.8. Рамна конструкція

1.4.2. Конвеєрна стрічка: типи та матеріали

Стрічка є головним робочим органом і одночасно найбільш витратним елементом (до 50% вартості системи) [29]. Сучасна класифікація стрічок включає:

- **Гумовотканинні (EP):** каркас із поліефірних та поліамідних ниць забезпечує високу міцність на розтяг та низьке видовження [10].
- **Маслостійкі:** необхідні для транспортування соняшнику, ріпаку та продуктів їх переробки, оскільки звичайна гума набухає та втрачає міцність під дією рослинних жирів [10].
- **Енергоощадні (Energy-SavingBelts):** наприклад, серія AmpMiser від ForboSiegling. Спеціальне просочення нижньої сторони знижує коефіцієнт тертя об ролики, що дозволяє зменшити споживання електроенергії на 50% [31].
- **Антистатичні:** відповідно до ISO 284, обов'язкові для роботи в зернових терміналах для запобігання накопиченню статичного заряду [13].

1.4.3. Приводні пристрої

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Привод конвеєра забезпечує необхідне тягове зусилля. Традиційна схема включає електродвигун та редуктор (черв'ячний, гелікоїдальний або циліндричний), з'єднувальні муфтами [18]. Гелікоїдальні редуктори демонструють вищий ККД та здатність до великих навантажень порівняно з черв'ячними [18].

Проте найбільш технологічним рішенням сьогодні є **мотор-барабан**. У цій конструкції двигун та редуктор розміщені всередині самого приводного барабана, що працює в масляній ванні.

Переваги мотор-барабанів включають:

- **Гігієнічність:** відсутність зовнішніх частин та витоків мастила, що ідеально для харчової промисловості [32].
- **Висока ефективність:** Передача потужності на стрічку досягає 97% проти 75% у традиційних систем [32].
- **Компактність:** Економія місця в конструкції за рахунок відсутності виступаючих вузлів [28].

1.4.4. Натяжні пристрої

Належний натяг стрічки є критичним для передачі крутного моменту та запобігання надмірному провисанню між роликкоопорами. Недостатній натяг призводить до пробуксовки барабана, що спричиняє перегрів та розрив стрічки [33].

- **Гвинтові** (рис. 1.9): найдешевші та найпростіші, застосовуються на конвеєрах довжиною до 40 м. Вимагають ручного регулювання в процесі експлуатації [2].

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

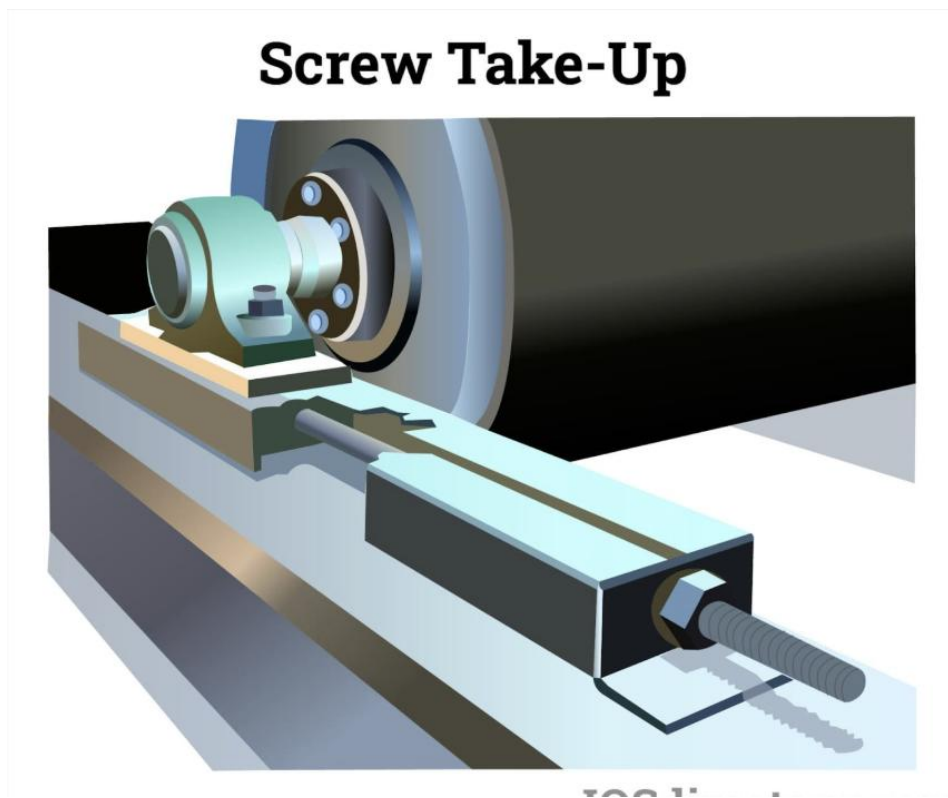


Рис. 1.9. Гвинтовий натяжний пристрій

Гравітаційні: використовують вагу контрвантажу для автоматичної компенсації розтягнення стрічки. Забезпечують стабільний натяг у всіх режимах роботи, але потребують багато вертикального простору [28].

Гідравлічні: застосовують циліндри з датчиками тиску. Це найбільш просунута система, що дозволяє динамічно змінювати натяг під час пуску (коли навантаження максимальне) та в процесі роботи, що значно подовжує термін служби стрічки [28].

1.4.5. Роликоопори та підтримка стрічки

Для підтримки робочої гілки при транспортуванні насипних вантажів використовують жолобчасті роликоопори (рис. 1.10), зазвичай з трьома роликами. Кут нахилу бокових роликів у 35° – 45° дозволяє збільшити площу поперечного перерізу вантажу та, відповідно, продуктивність [10]. Важливим елементом є використання роликів великого діаметра з надійними лабіринтними ущільненнями, що запобігають потраплянню зернового пилу в підшипники [3]. Для

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

коренеплодів часто використовують ролики з гумовим покриттям для амортизації ударів при падінні картоплі на стрічку [14].



Рис. 1.10. Роликоопори

1.4.6. Завантажувальні та розвантажувальні пристрої

Завантаження здійснюється через приймальні лійки, які мають забезпечувати подачу матеріалу зі швидкістю, близькою до швидкості стрічки, для зменшення зносу та травмування зерна [3]. Для розвантаження в проміжних точках траси використовуються:

- **Розвантажувальні візки:** мобільні пристрої, що переміщуються вздовж конвеєра на рейках, піднімаючи стрічку і скидаючи вантаж у бокові жолоби [37].
- **Плужкові скидачі:** ножі, що опускаються на стрічку і зсувають матеріал. Вони простіші, але при транспортуванні абразивних вантажів можуть пошкоджувати поверхню стрічки [37].

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.5. Порівняльний аналіз конструкцій

Проведення порівняння дозволяє визначити оптимальну конфігурацію конвеєра для конкретних господарських потреб.

Таблиця 1.2.

Порівняльна характеристика типів конструкцій стрічкових конвеєрів

Тип конструкції	Переваги	Недоліки	Оптимальне застосування
Відкритий жолобчастий	Простота обслуговування, найменша вартість, висока продуктивність [3]	Високе пилоутворення, вплив опадів, втрати продукту (до 1-3%) [10]	Магістральні лінії великих елеваторів [44]
Закритий коробний (LBIA)	Відсутність пилу, захист від вологи, пожежна безпека [3]	Складність доступу до роликів, вища вартість компонентів [3]	Портові термінали, насінневі заводи, міська забудова [19]
Мобільний (пересувний)	Гнучкість використання, швидке розгортання, низькі капітальні витрати [22]	Обмежена довжина та висота підйому, менша продуктивність [21]	Фермерські токи, завантаження машин, склади підлогового типу [26]
Шевронний (похилий)	Кути підйому до 35°-45°, компактність [9]	Складність очищення стрічки від залишків вантажу, дорожча стрічка [27]	Завантаження високих бункерів та силосів у обмеженому просторі [23]

Використання частотно-регульованих приводів (VFD) у всіх типах конструкцій дозволяє знизити енергоспоживання на 20% та забезпечити плавний

пуск, що особливо важливо для довгих конвеєрів, де динамічні хвилі натягу можуть призвести до обриву стрічки [31].

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Сільськогосподарські вантажі, зокрема зернові культури, вимагають делікатного поводження через загрозу травмування зерна та утворення вибухонебезпечного пилу. Сучасні стрічкові конвеєри забезпечують низький бій зерна під час роботи на помірних швидкостях, що суттєво підвищує загальну рентабельність елеваторних та внутрішньогосподарських комплексів порівняно зі скребковими ланцюговими транспортерами. Метою цього розділу є детальний конструкторський, тяговий та приводний розрахунок стрічкового конвеєра, що виконується відповідно до стандартних методик проектування та реальних умов експлуатації на підприємствах АПК України.

2.1. Технологічна схема транспортування вантажу

Для обґрунтування технічних параметрів конвеєра розроблено та прийнято технологічну схему його функціонування в межах зернотоку фермерського господарства. Проектований похилий стрічковий конвеєр інтегрується в лінію післязбиральної обробки та зберігання ячменю.

Зерно ячменю з авторозвантажувача надходить до приймального бункера, звідки подається на очисну машину (віброцентробіжний сепаратор БЦС-50). Після первинного очищення від легких, великих і дрібних домішок ячмінь вологістю до 16% потребує тимчасового консервування. Стрічковий конвеєр призначений для підйому очищеного зерна та його транспортування безпосередньо у бункери активного вентилявання типу БВ-40 для тимчасового зберігання перед сушінням. Така схема виключає проміжне перевантаження, суттєво зменшує відсоток механічного пошкодження (бою) насіння та забезпечує безперервність технологічного процесу очищення.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТА РОЗРОБКА КОНС- ТРУКЦІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА		
Розроб.		Заверуха О.Б.					
Перевір.		Ляшко А.П.					
Н. Контр.		Матухно Н.В.					
Затверд.		Ловейкін В.С.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						24	61
					НУБіП України		

2.2. Вихідні дані для проектування та фізико-механічні характеристики вантажу

Для забезпечення розрахункової точності параметрів приводної та натяжної станцій необхідно визначити кінематичні обмеження та фізичні властивості матеріалу, що транспортується. За основний вантаж прийнято зерно ячменю. Його характеристики, а також геометричні вимоги до конвеєра наведено в таблиці нижче.

Таблиця 2.1.

Вихідні дані

Найменування параметра	Позначення	Значення	Джерело
Продуктивність конвеєра	Q	75 т/год	Вихідні дані
Насипна щільність ячменю	ρ	0.75 т/м ³	
Кут природного укосу вантажу	ϕ	28°	
Швидкість руху транспортерної стрічки	V	1.2 м/с	
Довжина конвеєра за трасою	L	35 м	Вихідні дані
Кут нахилу траси конвеєра	B	10 °	
Коефіцієнт тертя стрічки по футерованому барабану	f	0.40	
Кут обхвату приводного барабана стрічкою	α	210° = 3.665 рад	

Вибір помірної швидкості руху стрічки (1,2 м/с) обумовлений необхідністю запобігання вітровому знесенню легких фракцій зернової маси та мінімізації стирання гумових обкладок стрічки у зонах завантаження й розвантаження.

2.3. Попередній вибір параметрів стрічки та визначення лінійних навантажень

Тяговим та вантажоносним органом конвеєра є гумотканинна стрічка. Для забезпечення необхідної продуктивності за заданої швидкості та кута нахилу попередньо приймається ширина стрічки $B = 500$ мм (0.5 м), що є стандартним типорозміром для фермерських елеваторних транспортерів.

Стрічка вибирається на основі міцного тканинного каркаса з поліефірних та поліамідних волокон типу EP-300, що мають високий опір розтягуванню та низьке відносне видовження. Кількість прокладок каркаса становить $z = 3$. Товщина однієї прокладки дорівнює $\delta = 1.25$ мм. Товщина робочої (верхньої) гумової обкладки приймається $\delta_1 = 3.0$ мм, а неробочої (нижньої) - $\delta_2 = 1.5$ мм.

Лінійна щільність стрічки ρ_l розраховується за формулою:

$$\rho_l = 1.1 \cdot B \cdot (z \cdot \delta + \delta_1 + \delta_2) \quad (1.1)$$

Підставивши геометричні параметри стрічки, отримуємо:

$$\rho_l = 1.1 \cdot 0.5 \cdot (3 \cdot 1.25 + 3.0 + 1.5) = 0.55 \cdot 8.25 = 4.54 \text{ кг/м} \quad (2.2)$$

Середня лінійна щільність вантажу ρ_T , що припадає на один погонний метр довжини робочої гілки конвеєра, визначається за формулою:

$$\rho_T = \frac{Q}{3.6 \cdot V} = \frac{75}{3.6 \cdot 1.2} = 17.36 \text{ кг/м} \quad (2.3)$$

Розраховані значення лінійних щільностей дозволяють визначити відповідні погонні навантаження від сил тяжіння елементів конвеєра, які діють безпосередньо на опорні металоконструкції та приводну станцію.

2.4. Геометричні та масові параметри роlikоопор конвеєра

Для підтримки робочої та холостої гілок стрічки вздовж траси встановлюють стаціонарні роlikоопори. На робочій гілці використовуються

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

трироликові жолобчасті опори з кутом нахилу бічних роликів 30° , що дозволяє сформувати оптимальний жолоб для утримання зерна та запобігає його просипанню. На холостій гілці стрічка підтримується плоскими одноролковими опорами.

Діаметр роликів для ширини стрічки $B = 500$ мм згідно з нормативними рекомендаціями приймається рівним $D_p = 108$ мм. Крок встановлення роликкоопор на робочій гілці l_p розраховується з урахуванням насипної щільності вантажу. Оскільки $\rho = 0.75 \text{ т/м}^3 < 1.0 \text{ т/м}^3$ розрахунковий коефіцієнт відстані становить $A = 1750$ мм:

$$L_p = A - 0.625 \cdot B = 1750 - 0.625 \cdot 500 = 1437.5 \text{ мм} = 1.4 \text{ м} \quad (2.4)$$

Крок встановлення роликкоопор на холостій гілці l_x приймається вдвічі більшим порівняно з робочою гілкою:

$$l_x = 2 \cdot l_p = 2 \cdot 1.4 = 2.8 \text{ м} \quad (2.5)$$

Маса обертових частин трироlikової жолобчастої роликкоопори робочої гілки $m_{ж}$ розраховується за емпіричною залежністю:

$$m_{ж} = 10 \cdot B + 7 = 10 \cdot 0.5 + 7 = 12 \text{ кг} \quad (2.6)$$

Аналогічно визначається маса обертових частин однієї плоскої роликкоопори холостої гілки $m_{п}$:

$$m_{п} = 10 \cdot B + 3 = 10 \cdot 0.5 + 3 = 8 \text{ кг} \quad (2.7)$$

Лінійна щільність обертових частин роликкоопор для робочої ($\rho_{р.ж}$) та холостої ($\rho_{р.п}$) гілок визначається як відношення їхньої маси до відповідного кроку встановлення:

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$p_p = \frac{m_{ж}}{l_p} = \frac{12}{1.4} = 8.57 \text{ кг/м} \quad (2.8)$$

Для детального інженерного розрахунку погонні навантаження переводять у сили тяжіння, що припадають на один метр довжини конвеєра. Відповідні лінійні силові навантаження від стрічки (q_l), вантажу (q_r), а також обертових частин роликкоопор робочої ($q_{p.ж}$) та холостої ($q_{p.п.}$) гілок визначаються за допомогою прискорення вільного падіння $g = 9.81 \text{ м/с}^2$:

$$q_l = p_l \cdot g = 4.54 \cdot 9.81 = 44.54 \text{ Н/м} \quad (2.9)$$

$$q_r = p_r \cdot g = 17.36 \cdot 9.81 = 170.30 \text{ Н/м} \quad (2.10)$$

$$q_{p.ж} = p_{p.ж} \cdot g = 8.57 \cdot 9.81 = 84.07 \text{ Н/м} \quad (2.11)$$

$$q_{p.п.} = p_{p.п.} \cdot g = 2.86 \cdot 9.81 = 26.06 \text{ Н/м} \quad (2.12)$$

Усі отримані конструктивні, масові та силові параметри лінійних елементів конвеєра корисні для виконання подальшого тягового розрахунку обладнання.

2.5. Визначення конструктивних розмірів барабанів конвеєра

Геометричні розміри барабанів розраховуються відповідно до умов міцності та запобігання виникненню надмірних напружень згину в гумотканинній стрічці.

Мінімальний діаметр приводного барабана D_6 вибирається з урахуванням кількості прокладок каркаса стрічки з за формулою:

$$D_6 = z \cdot 120 = 3 \cdot 120 = 360 \text{ мм} \quad (2.13)$$

Згідно зі стандартизованим рядом значень, приймається найближче уніфіковане значення діаметра приводного барабана $D_6 = 400 \text{ мм}$.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Довжина приводного барабана B_1 повинна бути більшою за ширину стрічки B для запобігання її зсуву та пошкодженню бічних країв під час можливих коливань траєкторії руху :

$$B_1 = B + 100 = 500 + 100 = 600 \text{ mm} \quad (2.14)$$

Для забезпечення самоцентрування стрічки на приводному барабані конструктивно передбачається стріла опуклості f_B :

$$f_B = 0.005 \cdot B_1 = 0.005 \cdot 600 = 3.0 \text{ мм} \quad (2.15)$$

Діаметр кінцевого натяжного барабана D_H приймається рівним приблизно двоти третинам від діаметра приводного барабана для компактності конструкції натяжної станції :

$$D_H = \frac{2}{3} \cdot D_6 = \frac{2}{3} \cdot 400 = 266.7 \text{ мм} \quad (2.16)$$

Згідно зі стандартизованим рядом значень, приймається діаметр натяжного барабана $D_H = 320 \text{ мм}$.

2.6. Тяговий розрахунок конвеєра методом обходу по контуру

Тяговий розрахунок виконується за методом послідовного обходу за контуром траси транспортування. Контур конвеєра розбивається на чотири характерні точки на перегибах стрічки:

Точка 1: місце збігання стрічки з приводного барабана (початок холостої гілки);

Точка 2: місце набігання стрічки на натяжний барабан (кінець холостої гілки);

Точка 3: місце збігання стрічки з натяжного барабана (початок робочої гілки);

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Точка 4: місце набігання стрічки на приводний барабан (кінець робочої гілки).

Висота підйому вантажу H розраховується через кут нахилу траси конвеєра $B=10^\circ$ та загальну довжину $L=35$ м :

$$H = L \cdot \sin B = 35 \cdot \sin 10^\circ = 35 \cdot 0.17365 = 6.08 \text{ м} \quad (2.17)$$

Для розрахунку натягів у точках контуру використовуються такі коефіцієнти опору руху стрічки :

- коефіцієнт опору на холостій гілці $k_{\text{хол}} = 0.018$;
- коефіцієнт опору на робочій гілці $k_{\text{роб}} = 0.020$;
- коефіцієнт опору на натяжному барабані $k_{\text{б.н}} = 0.05$

2.6.1. Розрахунок натягу на холостій гілці (ділянка від точки 1 до точки 2)

На цій ділянці стрічка опускається вниз, тому сила тяжіння стрічки допомагає руху, частково компенсуючи сили тертя в роликкоопорах:

Сила опору тертя на холостій гілці W_{1-2} становить:

$$W_{1-2} = (p_{\text{л}} + p_{\text{р.п}}) \cdot g \cdot L \cdot k_{\text{хол}} \cdot 10^{-3} = (4.54 + 2.86) \cdot 9.81 \cdot 6.08 \cdot 10^{-3} = 0.271 \text{ кН} \quad (2.18)$$

Складова сили тяжіння стрічки, що опускається, G_{1-2} становить :

$$G_{1-2} = p_{\text{л}} \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3} = 4.54 \cdot 9.81 \cdot 6.08 \cdot 10^{-3} = 0.271 \text{ кН} \quad (2.19)$$

Натяг у точці 2 виражається через натяг у точці 1 за формулою :

$$F_2 = F_1 + W_{1-2} - G_{1-2} = F_1 + 0.046 - 0.271 = F_1 - 0.225 \text{ кН} \quad (2.20)$$

2.6.2. Розрахунок натягу на натяжній станції (ділянка від точки 2 до точки 3)

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Опір на натяжному барабані враховується через коефіцієнт опору $k_{\delta,н}$:

$$F_3 - F_2 \cdot (1 + k_{\delta,н}) = 1.05 \cdot F_2 = 1.05 \cdot (F_1 - 0.225) = 1.05 \cdot F_1 - 0.236 \text{ кН} \quad (2.21)$$

2.6.3. Розрахунок натягу на робочій гілці (ділянка від точки 3 до точки 4)

На робочій завантаженій гілці стрічка піднімається вгору, тому сили тертя та гравітації протидіють її руху.

Сила опору тертя на робочій гілці W_{3-4} дорівнює:

$$W_{3-4} = (p_r + p_l + p_{p.ж.}) \cdot g \cdot L \cdot k_{wж} \cdot 10^{-3} \quad (2.22)$$

$$W_{3-4} = (17.36 + 4.54 + 8.57) \cdot 9.81 \cdot 35 \cdot 0.020 \cdot 10^{-3} = 30.47 \cdot 9.81 \cdot 6.08 \cdot 10^{-3} = 0.209 \text{ кН} \quad (2.23)$$

Гравітаційна складова підйому стрічки з вантажем G_{3-4} становить:

$$G_{3-4} = (p_r + p_l) \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3} = (17.36 + 4.54) \cdot 9.81 \cdot 6.08 \cdot 10^{-3} = 1.306 \text{ кН} \quad (2.24)$$

Натяг у точці 4 виражається за формулою:

$$F_4 = F_3 + W_{3-4} + G_{3-4} = F_3 + 0.209 + 1.306 = F_3 + 1.515 \text{ кН} \quad (2.25)$$

Підставивши вираз для F_3 , отримуємо залежність між кінцевими натягами на приводному барабані :

$$F_4 = (1.05 \cdot F_1 - 0.236) + 1.515 = 1.05 \cdot F_1 + 1.279 \text{ кН} \quad (2.26)$$

2.7. Аналіз умов провисання стрічки та оптимізація натягів

Для запобігання просипанню ячменю між сусідніми роликоопорами робочої гілки та виключення передчасного втомного руйнування каркаса стрічки,

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

стріла прогину стрічки $l_{\max}$ у точці з мінімальним натягом ($F_{\min} - F_3$) не повинна перевищувати 3% від кроку роlikоопор:

$$[l_{\max}] \leq 0.03 \cdot l_p = 0.03 \cdot 1.4 = 0.042 \text{ м} = 42 \text{ мм} \quad (2.27)$$

Максимальний фактичний прогин стрічки визначається за формулою:

$$l_{\max} = \frac{(p_r + p_l) \cdot g \cdot l_p^2}{8 \cdot F_{\min}} \quad (2.28)$$

Звідси впливає необхідна мінімальна величина натягу стрічки в точці 3 для забезпечення нормативної стріли прогину:

$$F_{3_min} \geq \frac{(p_r + p_l) \cdot g \cdot l_p}{0.24} = \frac{(17.36 + 4.54) \cdot 9.81 \cdot 1.4}{0.24} = 1253.2 \text{ Н} = 1.25 \text{ кН} \quad (2.29)$$

Для створення надійного технологічного запасу та стабільної роботи конвеєра при випадкових перепадах завантаження приймаємо натяг у точці 3 рівним $F_3 = 1.30 \text{ кН}$

Використовуючи це значення як базове опорне, проведемо зворотний розрахунок натягів у всіх інших точках контуру конвеєра:

натяг у точці 2 :

$$F_2 = \frac{F_3}{1.05} = \frac{1.30}{1.05} = 1.238 \text{ кН} \quad (2.30)$$

натяг у точці 1 (що збігає з приводного барабана) :

$$F_1 = F_2 + 0.225 = 1.238 + 0.225 = 1.463 \text{ кН} \quad (2.31)$$

натяг у точці 4 (що набігає на приводний барабан):

$$F_4 = F_3 + 1.515 = 1.300 + 1.1515 = 2.815 \text{ кН} \quad (2.32)$$

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для перевірки можливості передачі тягового зусилля без буксування стрічки застосовується класичне рівняння Ейлера :

$$\frac{F_4}{F_1} \leq e^{f\alpha} \quad (2.33)$$

де $f = 0.40$ – коефіцієнт тертя між гумовою стрічкою та футерованою гумою поверхнею приводного барабана у сухому середовищі ;

$\alpha = 210^\circ = 3.665$ рад – кут обхвату приводного барабана стрічкою.

Розраховуємо граничне співвідношення натягів :

$$e^{f\alpha} = e^{0.40 \cdot 3.665} = e^{1.466} = 4.33 \quad (2.34)$$

Фактичне співвідношення натягів становить:

$$\frac{F_4}{F_1} = \frac{2.815}{1.463} = 1.924 \quad (2.35)$$

Оскільки $1.924 \leq 4.33$ умова відсутності буксування повністю виконується із коефіцієнтом запасу зчеплення $k_{зч} = 4.33/1.924 = 2.25$, що є відмінним показником для надійної експлуатації конвеєра при пусках під навантаженням.

Розподіл натягів по контуру конвеєра зведений в таблицю нижче.

Таблиця 2.2.

Розподіл натягів по контуру конвеєра

Точка контуру	Позначення	Розрахункове значення натягу, кН	Фізичний зміст точки контуру
Точка 1	F1	1.463	Збігання стрічки з приводного барабана
Точка 2	F2	1.238	Набігання стрічки на натяжний барабан

Точка 3	F ₃	1.300	Збігання стрічки з натяжного барабана
Точка 4	F ₄	2.815	Набігання стрічки на приводний барабан

Проведений аналіз та введення обмеження на мінімальний натяг дозволили повністю усунути загрозу надмірного провисання стрічки та забезпечити стійке зчеплення на приводному барабані.

2.8. Розрахунок тягового зусилля та потужності привода

Уточнене тягове зусилля $F_{т.у}$ на приводному барабані визначається як різниця натягів у точках набігання та збігання стрічки :

$$F_{т.у} = F_4 - F_1 = 2.815 - 1.463 = 1.352 \text{ кН} = 1352 \text{ Н} \quad (4.6)$$

Необхідна корисна потужність на валу приводного барабана P_6 розраховується за формулою:

$$P_6 = F_{т.у} \cdot V = 1.352 \cdot 1.2 = 1.622 \text{ кВт} \quad (2.37)$$

Розрахункова потужність на валу електродвигуна $P_{дв}$ визначається з урахуванням втрат у передавальних механізмах привода. Коефіцієнт корисної дії приводної станції враховує втрати у підшипниках барабана ($\eta_{\text{барабан}} = 0.98$) та втрати у сучасному двоступеневому циліндро-конічному редукторі виробництва компанії Nord ($\eta_{\text{ред}} = 0.96$) .

Загальний ККД привода становить:

$$\eta = \eta_{\text{барабан}} \cdot \eta_{\text{ред}} = 0.98 \cdot 0.96 = 0.94 \quad (2.38)$$

Потужність електродвигуна дорівнює:

$$P_{дв} = \frac{P_6}{\eta} = \frac{1.622}{0.94} = 1.726 \text{ кВт} \quad (2.39)$$

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Розрахована потужність є базовою величиною для вибору стандартного електродвигуна промислового виконання.

2.9. Вибір та технічна характеристика електродвигуна

Для привода конвеєра вибираємо трифазний асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором типу **AIP90L4** загальнопромислового призначення. Даний двигун поєднує високу експлуатаційну надійність із доступною вартістю та повністю відповідає вимогам ДСТУ.

Таблиця 2.3.

Характеристики електродвигуна

Технічний параметр двигуна AIP90L4	Величина параметра	Джерело інформації
Номінальна потужність, P_n	2.2 кВт	
Синхронна частота обертання поля статора	1500 об/хв	
Фактична частота обертання валу, $\eta_{дв}$	1410 об/хв	
Номінальний струм при напрузі 380 В (з'єднання «Зірка»)	5.0 А	
Коефіцієнт корисної дії, ККД	80.0%	
Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi$	0.81	
Відношення максимального крутного моменту до номінального	2.3	
Відношення пускового крутного моменту до номінального	2.3	
Діаметр вихідного кінця валу	24мм	
Клас пило- та вологозахисту	IP55	
Загальна вага двигуна	25.5 кг	

Електродвигун AIP90L4 має номінальну потужність $P_n = 2.2$ кВт, що перевищує розраховану мінімальну величину $P_{дв} = 1.726$ кВт на 27%. Цей запас за потужністю гарантує стійку роботу привода у разі коливання напруги в мережі

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

та за можливих перевантажень під час подачі зерна з бункера. Завдяки високому значенню відношення пускового моменту ($M_p/M_n = 2.3$) забезпечується надійний запуск завантаженого конвеєра без пробуксовування .

2.10. Вибір та кінематичний розрахунок редуктора Nord

Частота обертання валу приводного барабана конвеєра η_6 розраховується за формулою:

$$\eta_6 = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_6} = \frac{1410}{57.30} = 24.61 \quad (2.40)$$

Необхідне передавальне число редуктора i дорівнює:

$$i = \frac{\eta_{дв}}{\eta_6} = \frac{1410}{57.30} = 24.61 \quad (2.41)$$

Для приводної станції вибираємо високотехнологічний циліндро-конічний редуктор компанії Nord моделі **SK 1282** . Редуктори Nord цієї серії характеризуються моноблочним міцним чавунним корпусом, високою жорсткістю валів та відсутністю стикових поверхонь, що працюють під дією крутного моменту, забезпечуючи безшумність та герметичність конструкції.

Фактичний крутний момент на вихідному валу редуктора (валу приводного барабана) становить:

$$T_6 = \frac{P_6 \cdot 9550}{\eta_6} = \frac{1.622 \cdot 9550}{57.30} = 270.3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.42)$$

Відповідно до технічного каталогу Nord, максимальний допустимий крутний момент для редуктора серії SK 1282 становить $M_{\max} = 590 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Оскільки фактичний крутний момент на приводному валу конвеєра менший за максимальний допустимий момент редуктора ($T_6 = 270.3 \text{ Н} \cdot \text{м} < M_{\max} = 590 \text{ Н} \cdot \text{м}$), вибраний редуктор повністю задовольняє умові міцності та довговічності . Передавальне

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

число $i = 24.61$ знаходиться всередині робочого діапазону передавальних чисел моделі SK 1282. Діаметр вихідного валу редуктора SK 1282 становить 30 мм.

2.11. Розрахунок приводного барабана

Максимальний тиск стрічки на обчайку приводного барабана $P_{\text{барабан}}$ визначається за формулою :

$$P_{\text{барабан}} = \frac{F1+F4}{B \cdot D6} \quad (2.43)$$

Підставивши значення натягів та геометричні характеристики, отримуємо:

$$p_{\text{барабан}} = \frac{1463+2815}{0.5 \cdot 0.4} = \frac{4278}{0.2} = 21390 \text{ Н/м}^2 = 0.021 \text{ МПа} \quad (2.44)$$

Допустимий тиск для сталевих зварних барабанів становить $[p] = 1.5 - 2.0$ МПа. Умова міцності обчайки барабана повністю виконується із надлишковим запасом міцності.

Крутний момент, що передається на обчайку барабана безпосередньо від приводного валу, дорівнює:

$$T_{\text{барабан}} = F_{\text{т.у}} \cdot \frac{D6}{2} = 1352 \cdot \frac{0.4}{2} = 270.4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.45)$$

Це значення повністю узгоджується із крутним моментом на вихідному валу мотор-редуктора.

2.12. Розрахунок приводного валу

Розрахунок валу виконується для визначення його міцності при сумісній дії згину та кручення.

Матеріал валу – Сталь 45 нормалізована. Допустиме напруження при симетричному циклі згину становить $[\sigma] = 60$ МПа.

2.12.1. Визначення навантажень та побудова розрахункової схеми

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Вал приводного барабана спирається на два підшипники. Відстань між центрами підшипникових опор становить $L_{\text{опори}} = B_1 + 2 \cdot e = 600 + 2 \cdot 100 = 800$ мм = 0.8 м (де $e = 100$ мм – відстань від краю барабана до осі підшипника).

Радіальне навантаження від натягу стрічки на вал F_{Σ} діє посередині прогону :

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_4 = 1.463 + 2.815 = 4.278 \text{ кН} = 4278 \quad (2.46)$$

Радіальні реакції в підшипникових опорах становлять:

$$R_A = R_B = \frac{F_{\Sigma}}{2} = \frac{4278}{2} = 2139 \text{ Н} \quad (2.47)$$

2.12.2. Розрахунок на згин

Максимальний згинальний момент M_z виникає в середньому перерізі вала (під барабаном):

$$M_z = \frac{F_{\Sigma} \cdot L_{\text{опори}}}{4} = \frac{4278 \cdot 0.8}{4} = 855.6 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.48)$$

У небезпечному перерізі біля маточини барабана (на відстані $a = 100$ мм від опори) згинальний момент дорівнює:

$$M_{z, \text{неб}} = R_A \cdot a = 2139 \cdot 0.1 = 213.9 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.49)$$

2.12.3. Розрахунок на кручення та еквівалентний момент

Крутний момент на валу дорівнює крутному моменту на приводі: $T_6 = 270.3 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Еквівалентний момент $M_{\text{екв}}$ визначається за теорією найбільших дотичних напружень (критерій Гіста) :

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$M_{екв} = \sqrt{M_{з.неб}^2 + 0.75 \cdot T_6^2} = \sqrt{213.9^2 + 0.75 \cdot 270.3^2} = \sqrt{45753.2 + 54796.6} = \sqrt{100549.8} = 317.1 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (5.10)$$

2.12.4. Перевірка міцності

Необхідний діаметр вала під підшипником з умов міцності становить :

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{екв}}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 317.1}{3.1415 \cdot 60 \cdot 10^6}} = \sqrt[3]{5.38 \cdot (10^3 - 5)} = 0.0377 \text{ м} = 38 \text{ мм} \quad (5.11)$$

Конструктивно, з урахуванням наявності шпонкового паза та необхідності уніфікації з підшипниковим вузлом, приймаємо діаметр вала в місці посадки підшипників рівним $d_{підш} = 50 \text{ мм}$, а в середній частині вал ступінчасто розширюється до $d_{сер} = 60 \text{ мм}$ під маточину барабана. Це повністю задовольняє умови міцності та жорсткості конструкції.

2.13. Підбір підшипникових вузлів вала приводного барабана

Враховуючи можливість виникнення незначних кутових перекосів валу приводного барабана внаслідок пружних деформацій металоконструкції рами під навантаженням та похибок монтажу, як опорні вузли застосовано сферичні дворядні кулькові підшипники .

Для діаметра цапфи приводного валу $d_{підш} = 50 \text{ мм}$ вибираємо дворядний самовстановлюваний кульковий підшипник виробника SKF типу **SKF 1210 ETN9** із поліамідним сепаратором та циліндричним отвором.

Таблиця 2.4.

Характеристики підшипника

Технічний параметр підшипника SKF 1210 ETN9	Величина параметра
Внутрішній діаметр підшипника, d	50 мм
Зовнішній діаметр підшипника, D	90 мм

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Ширина підшипника, В	20 мм
Базова динамічна вантажопідйомність, С	26.5 кН
Базова статична вантажопідйомність, С ₀	9.15 кН
Границя втомного навантаження, Р _и	0.475 кН
Гранична частота обертання	10000 об/хв
Допустимий кут перекосу валу, α	2.5°
Маса підшипника	0.505 кг

Розрахунок номінального ресурсу підшипникового вузла виконується за динамічною вантажопідйомністю .

Радіальна реакція на один підшипник становить:

$$R_r = R_A = 2139 \text{ Н} = 2.139 \text{ кН} \quad (2.52)$$

Еквівалентне динамічне радіальне навантаження P розраховується з урахуванням динамічного коефіцієнта безпеки $K_d = 1.2$, який компенсує динамічні поштовхи та вібрації при роботі :

$$P = R_r \cdot K_d = 2.139 \cdot 1.2 = 2.567 \text{ кН} \quad (2.53)$$

Номінальний втомний ресурс підшипника в мільйонах обертів L_{10} розраховується за формулою :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (2.54)$$

де $p = 3$ – показник степеня для кулькових підшипників .

$$L_{10} = \left(\frac{26.5}{2.567} \right)^3 = (10.32)^3 = 1099 \text{ млн.об.} \quad (2.55)$$

Номінальний ресурс підшипника в робочих годинах L_{10h} при робочій частоті обертання валу барабана $n_6 = 57.30$ об/хв становить :

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$L_{10h} = \frac{10^6 \cdot 110}{60 \cdot \eta_6} = \frac{10^6 \cdot 1099}{60 \cdot 57.30} = 319660 \text{ год} \quad (2.56)$$

Отримане значення ресурсу підшипників значно перевищує стандартні вимоги до сільськогосподарського машинобудування (15000-20000 годин). Підшипники SKF 1210 ETN9 забезпечать довговічну роботу обладнання протягом понад 20 років без необхідності заміни через втомне руйнування металу.

Висновки до розділу

Проведений інженерний розрахунок стрічкового конвеєра для транспортування сільськогосподарських вантажів дозволив отримати наступні результати:

Обґрунтовано геометричні параметри стрічки шириною $B = 500$ мм на основі високоміцного тканинного каркаса EP-300, що за швидкості руху $V = 1.2$ м/с гарантує стабільну продуктивність 75т/год без ризику травмування зернової маси та утворення пилу.

За допомогою методу послідовного обходу за контуром траси встановлено оптимальний розподіл натягів стрічки. Мінімальний натяг у точці 3 прийнято рівним $F_3 = 1.30$ кН, що повністю унеможливило провисання стрічки понад нормативні 3% між ролюкоопорами робочої гілки. Забезпечено високий коефіцієнт запасу зчеплення стрічки з приводним барабаном (2.25), що виключає буксування при пуску.

Вибрано енергоефективний приводний комплекс, що складається з електродвигуна AIP90L4 потужністю 2.2 кВт та надійного редуктора Nord SK 1282 із передавальним числом 24.61 Фактичний момент на вихідному валу становить 270.3 Н·м, що не перевищує граничний допустимий момент редуктора 590 Н·м.

Розраховано приводний вал на сумісну дію згину та кручення, за результатами чого прийнято діаметри валу: під підшипникові опори $d_{\text{підш}} = 50$ мм, під маточину барабана $d_{\text{сер}} = 60$ мм.

Верифіковано міцність та довговічність підшипникових вузлів. Застосування сферичних дворядних кулькових підшипників SKF 1210 ETN9 дозволяє

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

компенсувати кутові перекоси валу до 2.5° Розрахунковий втомний ресурс підшипників становить понад 319000 годин.

Отримані результати розрахунків підтверджують високу техніко-економічну ефективність, безпечність та довговічність розробленої конструкції конвеєра, що повністю відповідає сучасним вимогам до машин і обладнання агропромислового комплексу України.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Аналіз потенційних небезпечних та шкідливих чинників під час експлуатації конвеєра

Специфіка роботи стрічкових конвеєрів на підприємствах післяурожайної обробки та зберігання зерна пов'язана з наявністю низки ризиків для обслуговуючого персоналу. Проектована установка працює в автоматичному або напівавтоматичному режимах, що вимагає від операторів чіткого дотримання просторових меж робочої зони.

Головну небезпеку механічного травмування становлять відкриті елементи, що обертаються з високою кутовою швидкістю. До таких критичних зон належать вузли набігання гумотканинного полотна на приводний і натяжний барабани, а також місця контакту стрічки з лінійними роликоопорами. Будь-яке випадкове потрапляння елементів спецодягу, волосся або кінцівок працівника у вказані зони призводить до затягування і важких виробничих травм.

Додатковим негативним чинником є висока концентрація органічного пилу в повітрі робочої зони, що виникає під час завантаження та скидання зернових культур, соняшнику чи ріпаку. Тривале перебування персоналу в такому середовищі без засобів індивідуального захисту викликає професійні захворювання органів дихання. Окрім впливу на здоров'я, дрібнодисперсний зерновий пил у зваженому стані здатний утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям, що створює загрозу техногенних аварій.

Оскільки приводний комплекс на базі мотор-редуктора Nord живиться від трифазної мережі змінного струму з напругою 380 В, існує постійний ризик ураження електричним струмом. Небезпека різко зростає в умовах підвищеної вологості або у разі механічного перетирання ізоляції силових кабелів, що може призвести до появи потенціалу на металевій рамі транспортера. Також тривала експлуатація обладнання супроводжується технологічним шумом і локальною

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Заверуха О.Б.			РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ		
Перевір.		Ляшко А.П.					
Н. Контр.		Матухно Н.В.					
Затверд.		Ловейкін В.С.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						43	61
					НУБіП України		

вібрацією від роботи редуктора та підшипникових вузлів, які за відсутності профілактики можуть перевищити допустимі санітарні норми.

3.2. Інженерно-технічні рішення з безпеки конструкції та автоматизації захисту

Для повної нейтралізації виявлених небезпечних факторів у проекті реалізовано комплекс технічних та конструктивних заходів. Безпека обслуговування механічної частини досягається шляхом встановлення суцільних металевих огорожень на головній та хвостовій станціях конвеєра. Вони закривають зони набігання стрічки на барабани на відстані не менше одного метра від точок дотику. Конструкція цих кожухів передбачає використання болтового кріплення, що унеможливує їх випадкове зняття під час роботи двигуна. Будь-які операції з регулювання натягу або змащування підшипників дозволяється проводити виключно після повної зупинки магістралі та блокування пускової апаратури.

Система автоматизації проектного конвеєра включає обов'язковий технологічний захист, який запобігає розвитку аварійних ситуацій. На натяжній станції встановлено датчик контролю швидкості, який автоматично вимикає живлення двигуна у разі зниження обертів або повного буксування стрічки. Це дозволяє уникнути інтенсивного тертя між приводним барабаном і гумовою обкладкою полотна, яке часто є першопричиною виникнення пожеж на елеваторах.

Уздовж лінійної частини конвеєра змонтовані датчики бокового сходу стрічки. Якщо виникає перекид рами або нерівномірне завантаження, і полотно зміщується вбік більш ніж на допустиму величину, автоматика миттєво зупиняє процес до усунення несправності. Для екстреної зупинки конвеєра в будь-якій точці траси вздовж усієї станини натягнуто тросовий вимикач, що дозволяє оператору зреагувати на небезпеку без необхідності бігти до головного пульта управління.

Для боротьби з пилоутворенням у місцях пересипання зерна передбачено встановлення закритих завантажувальних лійок із гумовими ущільнювальними фартухами, які щільно прилягають до стрічки. Ці вузли інтегруються з

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

локальною витяжною вентиляційною системою підприємства, яка видаляє дрібні частинки безпосередньо з осередку їх виникнення.

3.3. Технічні заходи з електробезпеки та захисного заземлення

Захист персоналу від випадкового торкання до конструктивних елементів, що опинилися під напругою внаслідок пробоя ізоляції, реалізовано за допомогою системи захисного заземлення. Усі металеві неструмоведучі частини обладнання, включаючи станину конвеєра, корпус електродвигуна Nord, захисні кожухи барабанів та металеві лотки для прокладання кабелів, об'єднуються в єдиний електричний контур.

Цей контур надійно з'єднується із загальним заземлювальним пристроєм підприємства. Відповідно до вимог правил улаштування електроустановок, сумарний опір заземлювального пристрою для мереж із глухозаземленою нейтраллю не повинен перевищувати 4 Ом у будь-яку пору року. Якість контактних з'єднань на рамі конвеєра забезпечується зварюванням або надійними болтовими зв'язками з використанням антикорозійного покриття та шайб, що запобігають самовідгвинчуванню під дією вібрації.

Додатково в колі живлення асинхронного двигуна передбачено встановлення автоматичних вимикачів із тепловим та електромагнітним розчеплювачами. Вони забезпечують миттєве знеструмлення установки у разі виникнення короткого замикання на корпус або тривалих струмових навантажень. Кабельні лінії до двигуна прокладаються у гнучких металевих рукавах, які захищають їх від механічних пошкоджень рухомими частинами транспортера або випадковими предметами.

3.4. Організація пожежної безпеки та вимоги до персоналу

Зернопереробні комплекси за класифікацією вибухопожежної небезпеки належать до категорій з підвищеним рівнем загрози. У зв'язку з цим пожежна безпека проектного конвеєра забезпечується жорстким контролем за станом виробничого середовища. Електрообладнання, датчики безпеки та шафи

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

управління підібрані із класом захисту не нижче IP54, що повністю виключає потрапляння пилу всередину корпусів та виникнення іскри.

Технологічний регламент експлуатації передбачає регулярне очищення станини конвеєра та підконвеєрного простору від просипів зерна і накопиченого пилу. Прибирання має проводитися щозміно вологим способом або за допомогою промислових пилососів, оскільки сухе замітання лише збільшує концентрацію небезпечних часток у повітрі.

У зоні розташування приводної станції обов'язково комплектується пожежний пост первинних засобів пожежогасіння. До його складу входять вуглекислотні вогнегасники типу ВВ-5 або порошкові типу ВП-5, які дозволяється використовувати для ліквідації займань електроустановок без зняття напруги, а також ящик із сухим піском та лопата.

До безпосереднього обслуговування та керування стрічковим конвеєром допускаються особи, які досягли вісімнадцятирічного віку, пройшли обов'язковий медичний огляд та мають відповідну технічну кваліфікацію. Кожен працівник перед допуском до самостійної роботи зобов'язаний пройти вступний інструктаж з охорони праці, первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці, а також ознайомитися з правилами пожежної безпеки під розпис у спеціальному журналі. Повторні перевірки знань інструкцій з безпеки праці проводяться для робочого персоналу систематично, не рідше одного разу на шість місяців.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Впровадження нових технічних рішень у сільськогосподарське виробництво потребує обов'язкового техніко-економічного обґрунтування. Метою цього розділу є оцінка доцільності розробки та практичного застосування запропонованої конструкції стрічкового конвеєра для транспортування зернових вантажів (ячменю) порівняно з базовим варіантом, як наведено у методичних рекомендаціях [55]. Як базовий варіант для порівняння обрано традиційний скребковий конвеєр аналогічної довжини та продуктивності, який широко використовується на зернотоках та елеваторних комплексах України, проте характеризується вищим рівнем травмування зерна та значною енергоємністю [54].

4.1. Вихідні дані для розрахунку техніко-економічних показників

Для проведення розрахунків використано реальні технічні параметри розробленого конвеєра (довжина 35 м, продуктивність 75 т/год, встановлений електродвигун АІР90L4 потужністю 2.2 кВт із фактичною розрахунковою потужністю на валу 1.726 кВт), а також діючі в Україні ціни та тарифи станом на 2026 рік [53]. Річний обсяг роботи конвеєра прийнято з урахуванням сезонного завантаження під час збирання та переробки врожаю ячменю.

Таблиця 4.1.

Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Найменування показника та параметрів розрахунку	Позначення	Базовий варіант (Скребковий)	Проектований варіант (Стрічковий)
Годинна продуктивність конвеєра, т/год	Q	75.0	75.0
Річний фонд часу роботи обладнання, год	T _{рік}	600	600

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ				Лім.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Заверуха О.Б.										47	61
Перевір.		Ляшко А.П.											
Н. Контр.		Матухно Н.В.											
Затверд.		Ловейкін В.С.							НУБіП України				

Річний обсяг транспортування вантажу, т	$V_{\text{рік}}$	45000	45000
Споживана (розрахункова) потужність привода, кВт	P	4.000	1.726
Коефіцієнт травмування (бою) зерна конвеєром, %	K_6	0.50	0.05
Ринкова вартість ячменю в Україні, грн/т	Π_3	8000	8000
Вартість електроенергії для підприємств, грн/кВт·год	$\Pi_{\text{ел}}$	9.00	9.00
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	N	1	1

4.2. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладень включають витрати на придбання (або виготовлення) металоконструкцій рами, приводної станції (мотор-редуктора Nord), конвеєрної стрічки типу EP-300, роlikоопор, натяжного пристрою та проведення монтажних-наладжувальних робіт на підприємстві [53].

Таблиця 4.2.

Кошторис капітальних вкладень на впровадження обладнання

Елементи витрат кошторису капітальних вкладень	Базовий варіант, грн	Проектований варіант, грн
Вартість основних механічних вузлів та металоконструкцій рами	140000,00	165000,00
Вартість приводного комплексу (електродвигун + редуктор Nord)	50000,00	75000,00

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Вартість тягово-транспортуючого органу (стрічка / ланцюг зі скребками)	20000,00	25000,00
Витрати на транспортування, монтаж та пусконаладження (10%)	10000,00	15000,00
ВСЬОГО капітальних вкладень (К)	220000,00	280000,00

4.3. Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Річні операційні витрати складаються з кількох основних статей: витрат на електроенергію, амортизаційних відрахувань, витрат на технічне обслуговування (ТО) і поточні ремонти, оплати праці оператора та прямих економічних витрат від механічного пошкодження зерна [52].

1. *Витрати на оплату електроенергії ($C_{ел}$)* визначаються на основі розрахункової фактичної споживаної потужності за формулою:

$$C_{ел} = P \cdot T_{рік} \cdot C_{ел} \quad (4.1)$$

Для базового варіанта: $C_{ел.баз} = 4,000 \cdot 600 \cdot 9,00 = 21600,00$ грн.

Для проектового варіанта: $C_{ел.нов} = 1,726 \cdot 600 \cdot 9,00 = 9320,40$ грн.

2. *Амортизаційні відрахування ($C_{ам}$)* розраховуються за лінійним методом, виходячи з нормативного терміну служби обладнання 10 років (норма амортизації $A = 10\%$):

$$C_{ам} = K \cdot (A / 100) \quad (4.2)$$

Для базового варіанта: $C_{ам.баз} = 220000.00 \cdot 0.10 = 22000.00$ грн.

Для проектового варіанта: $C_{ам.нов} = 280000.00 \cdot 0.10 = 28000.00$ грн.

3. *Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт ($C_{рем}$)* враховують специфіку обладнання. Через високе тертя скребків об жолоб у базовому конвеєрі витрати становлять 7% від капітальних вкладень. Для надійного

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

стрічкового конвеєра на роликоопорах із підшипниками SKF та мотор-редуктором Nord ці витрати становлять лише 5% [54]:

$$C_{рем} = K \cdot (R / 100) \quad (4.3)$$

Для базового варіанта: $C_{рем.баз} = 220000.00 \cdot 0,07 = 15400,00$ грн.

Для проектового варіанта: $C_{рем.нов} = 280000.00 \cdot 0,05 = 14000,00$ грн.

4. *Витрати на оплату праці з нарахуваннями ($C_{зн}$)* однакові для обох варіантів (конвеєр обслуговує 1 оператор із сезонною заробітною платою 20000 грн/місяць протягом 3 місяців роботи, з урахуванням єдиного соціального внеску ЄСВ 22%):

$$C_{зн} = 1 \cdot 20000 \cdot 3 \cdot 1.22 = 73200.00 \text{ грн.}$$

5. *Економічні втрати від пошкодження (бою) зерна ($C_{вт}$)* є найбільш критичною статтею витрат в умовах АПК [54]. Скребкові конвеєри травмують до 0.5% зернової маси через затискання між скребком та нерухомим коробом. Розроблений стрічковий конвеєр забезпечує делікатне транспортування без відносного руху зерна на стрічці, знижуючи бій до 0.05%:

$$C_{вт} = V_{рік} \cdot (K_{б} / 100) \cdot Ц_z \quad (4.4)$$

Для базового варіанта: $C_{вт.баз} = 45000 \cdot 0,005 \cdot 8000 = 1800000,00$ грн.

Для проектового варіанта: $C_{вт.нов} = 45000 \cdot 0,0005 \cdot 8000 = 180000,00$ грн.

Таблиця 4.3.

Порівняльна структура річних експлуатаційних витрат

Стаття операційних експлуатаційних витрат	Базовий варіант, грн	Проектований варіант, грн
Електроенергія ($C_{ел}$)	21600,00	9320,40
Амортизаційні відрахування ($C_{ам}$)	22000,00	28000,00

Технічне обслуговування та ремонти ($C_{\text{рем}}$)	15400,00	14000,00
Оплата праці персоналу з нарахуваннями ($C_{\text{зп}}$)	73200,00	73200,00
Прямі втрати від пошкодження (бою) зерна ($C_{\text{вт}}$)	1800000,00	180000,00
Загалом річні експлуатаційні витрати (C)	1932200,00	304520,40

4.4. Розрахунок показників економічної ефективності

1. Річний економічний ефект (економія операційних витрат ΔC) становить:

$$\Delta C = C_{\text{баз}} - C_{\text{нов}} \quad (4.5)$$

$$\Delta C = 1932200.00 - 304520.40 = 1627679.60 \text{ грн/рік.}$$

2. Збільшення капітальних інвестицій (ΔK) для проектного варіанта дорівнює:

$$\Delta K = K_{\text{нов}} - K_{\text{баз}} \quad (4.6)$$

$$\Delta K = 280000,00 - 220000,00 = 60000,00 \text{ грн.}$$

3. Термін окупності додаткових капітальних вкладень (τ) визначається як відношення додаткових капіталовкладень до річної економії:

$$\tau = \Delta K / \Delta C \quad (4.7)$$

$$\tau = 60000,00 / 1627679,60 = 0,037 \text{ року.}$$

Термін окупності додаткових інвестицій становить 0,037 року, що еквівалентно приблизно 14-15 дням активної експлуатації конвеєра в період сезону збирання зернових.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

4. Загальний термін окупності інвестицій ($T_{ок}$) у проєктований стрічковий конвеєр розраховується як:

$$T_{ок} = K_{нов} / \Delta C \quad (4.8)$$

$T_{ок} = 280000,00 / 1627679,60 = 0.172$ року (менше 2 місяців роботи конвеєра).

4.5. Обґрунтування техніко-економічної вигоди та висновки

Основна комерційна та технологічна вигода від впровадження розробленого стрічкового конвеєра полягає в синергетичному ефекті кількох факторів:

Радикальне зниження травмування зерна (бій зерна): стрічковий конвеєр повністю виключає тертя вантажу об нерухомі металеві стінки корпусу, що є характерним для скребкових та гвинтових аналогів [54]. Зменшення пошкодження насіння з 0.5% до 0.05% на річному обсязі 45 000 т зберігає понад 20 тонн кондиційного зерна високої якості, що забезпечує додатковий дохід підприємства у сумі 1 620 000.00 грн.

Висока енергоефективність: Завдяки заміні скребкового тертя на ковчання стрічки по високоякісних роликоопорах з підшипниками SKF та використанню енергоефективного мотор-редуктора Nord із ККД 97%, фактична споживана потужність знизилась з 4,0 кВт до 1,726 кВт. Це зменшує річні витрати на оплату електроенергії більше ніж удвічі.

Експлуатаційна надійність: Використання міцного трипрокладкового каркасу стрічки EP-300 та інженерно прорахованого приводного вузла мінімізує витрати на технічне обслуговування (ТО) та запобігає аварійним простоям у гарячий збиральний сезон.

Таким чином, незважаючи на дещо вищу початкову вартість стрічкового конвеєра (280 тис. грн проти 220 тис. грн у базового), додаткові капіталовкладення окупаються за рекордні дві неділі роботи, що підтверджує беззаперечну техніко-економічну доцільність впровадження проєкту в аграрний сектор України.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі представлено результати розробки конструкції стрічкового конвеєра для транспортування сільськогосподарських вантажів та досліджено особливості його застосування в умовах агропромислового виробництва.

На основі аналізу літературних джерел, науково-технічної інформації та сучасних зразків транспортуючого обладнання встановлено, що стрічкові конвеєри є одним із найбільш ефективних засобів безперервного транспортування сипких та штучних вантажів. Вони характеризуються високою продуктивністю, надійністю, простотою конструкції, порівняно невеликими енерговитратами та мінімальним пошкодженням транспортованої продукції. Проведений аналіз існуючих конструкцій дозволив визначити основні напрями їх удосконалення та обґрунтувати доцільність розроблення нової конструкції конвеєра для потреб аграрного сектору.

У процесі виконання конструкторської частини роботи здійснено вибір основних параметрів стрічкового конвеєра відповідно до заданих умов експлуатації та характеристик транспортованого вантажу. Виконано розрахунок продуктивності, визначено раціональні геометричні параметри стрічки, роlikоопор і барабанів, а також проведено тяговий розрахунок конвеєра методом обходу по контуру. Отримані результати підтвердили працездатність запропонованої конструкції та забезпечення необхідних режимів роботи обладнання.

На підставі проведених розрахунків обґрунтовано вибір електродвигуна та приводного механізму, які забезпечують надійну роботу конвеєра при заданій продуктивності та навантаженнях. Виконані перевіірочні розрахунки приводного барабана, валів та підшипникових вузлів підтвердили їх достатню

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Заверуха О.Б.			ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.
Перевір.		Ляшко А.П.					53
							61
Н. Контр.		Матухно Н.В.				НУБіП України	
Затверд.		Ловейкін В.С.					

міцність, жорсткість і довговічність. Запропоновані конструктивні рішення забезпечують стабільну роботу обладнання в умовах тривалої експлуатації та відповідають вимогам сучасного сільськогосподарського машинобудування.

У розділі охорони праці розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час експлуатації стрічкового конвеєра. Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу. Передбачено використання захисних огорожень рухомих елементів, аварійних пристроїв зупинки, засобів індивідуального захисту та дотримання вимог нормативних документів з охорони праці.

Проведене техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність впровадження розробленої конструкції у виробничу практику. Використання стрічкового конвеєра дозволяє підвищити ефективність транспортних операцій, знизити експлуатаційні витрати, скоротити енергоспоживання та зменшити втрати сільськогосподарської продукції під час транспортування. Отримані економічні показники свідчать про конкурентоспроможність запропонованої конструкції та можливість її ефективного використання на підприємствах агропромислового комплексу.

Таким чином, поставлена мета бакалаврської кваліфікаційної роботи досягнута в повному обсязі. Розроблена конструкція стрічкового конвеєра забезпечує необхідну продуктивність, надійність і безпечність експлуатації, відповідає сучасним вимогам до транспортуючого обладнання та може бути рекомендована для використання на підприємствах, що здійснюють транспортування зернових, насіннєвих та інших сільськогосподарських вантажів.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Design of a Two-Dimensional Conveyor Platform with Cargo Pose Recognition and Adjustment Capabilities. MDPI. 2023. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/21/8754> (дата звернення: 02.03.2026).
2. Belt Conveyor for Bulk Materials – Practical Calculations. PDH Online. URL: <https://pdhonline.com/courses/m344/m344.htm> (дата звернення: 04.03.2026).
3. Belt Conveyor. Gentle Conveying. Bühler Group - PDF Catalogs. URL: <https://pdf.agriexpo.online/pdf/buehler-group/belt-conveyor-gentle-conveying/168626-46192.html> (дата звернення: 06.03.2026).
4. Grain Conveyor Systems. Cablevey Conveyors. URL: <https://cablevey.com/the-ultimate-guide-to-grain-conveyor-systems/> (дата звернення: 09.03.2026).
5. 6 Advantages of Heavy-Duty Belt Conveyors for Material Handling. IBT Industrial Solutions. URL: <https://ibtinc.com/6-advantages-of-heavy-duty-belt-conveyors-for-material-handling/> (дата звернення: 11.03.2026).
6. Roller Trough Belt Conveyor LBAB | Grain Conveying. Bühler Group. URL: <https://www.buhlergroup.com/global/en/products/roller-trough-belt-conveyor-lbab.html> (дата звернення: 13.03.2026).
7. Belt Conveyor Manufacturer | Bulk Material Handling. Kase Conveyors. URL: <https://www.kaseconveyors.com/belt-conveying/belt-conveyors/> (дата звернення: 15.03.2026).
8. A comprehensive review on mechanical conveyor systems: evolution, types, and applications. Research Gate. URL: https://www.researchgate.net/publication/342938174_A_Comprehensive_Review_on_Conveyor_Systems (дата звернення: 17.03.2026).

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Заверуха О.Б.			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Літ.	Арк.
Перевір.		Ляшко А.П.							55
									61
Н. Контр.		Матухно Н.В.						НУБіП України	
Затверд.		Ловейкін В.С.							

9. Optimizing Harvests with an Automated Agricultural. ESP JETA. URL: <https://www.espjeta.org> (дата звернення: 19.03.2026).

10. Improving the Design and Operating Parameters of the Belt Conveyor. GEOMATE Journal. URL: <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/4061> (дата звернення: 21.03.2026).

11. Loading&Unloading Systems for Bags and Bulk Materials. BEUMER Group. URL: <https://www.beumergroup.com/products-systems/loading-technology/> (дата звернення: 23.03.2026).

12. Belt Conveyors | Grain Conveying. Bühler Group. URL: <https://www.buhlergroup.com/global/en/product-families/belt-conveyors.html> (дата звернення: 25.03.2026).

13. Belt Conveyor. Gentle Conveying. Buhler Group. URL: <https://www.buhlergroup.com/global/en/products/enclosed-belt-conveyor-lbia.html> (дата звернення: 26.03.2026).

14. SL 716. GRIMME Products. URL: <https://products.grimme.com/en/p/sl-700> (дата звернення: 28.03.2026).

15. The new generation of GRIMME receiving hoppers. Grimme. URL: <https://grimme.com/en/news/the-new-generation-of-grimme-receiving-hoppers-rh-20-rh24-rh28> (дата звернення: 30.03.2026).

16. GB 430. GRIMME Products. URL: <https://products.grimme.com/en/p/gb-430-gr-ber> (дата звернення: 01.04.2026).

17. LC 705 / LC 707 / LC 709. GRIMME Products. URL: <https://products.grimme.com/en/p/lc-705-707-709> (дата звернення: 02.04.2026).

18. Key Factors to Choosing the Right Conveyor Gearbox. Nisuka Industries. URL: <https://nisukaindustries.com/key-factors-to-choosing-the-right-conveyor-gearbox/> (дата звернення: 03.04.2026).

19. Enclosed belt conveyor LBIA. Buhler Group. URL: https://www.buhlergroup.com/global/en/products/enclosed_belt_conveyor.html (дата звернення: 04.04.2026).

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Permanentvs. Portable Conveyor Belts. Rapid-Veyor. URL: <https://rapid-veyor.com/2023/03/02/permanent-vs-portable-conveyor-belts/> (дата звернення: 06.04.2026).

21. Mobilevs. Stationary Crushers: Key Differences Explained. Al Marwan. URL: <https://almarwan.com/news/4441/mobile-compared-to-static-crushers> (дата звернення: 07.04.2026).

22. Portablevs Mobile Conveyors: What's the Difference. Vivian India. URL: <https://vivianindia.com/2025/04/11/portable-vs-mobile-conveyors-whats-the-difference/> (дата звернення: 08.04.2026).

23. Belt Conveyors for Bulk Materials. SKE Industries. URL: <https://www.skecon.com/conveyors/belt-conveyors-for-bulk-materials.html> (дата звернення: 09.04.2026).

24. SL 916 / SL 919. GRIMME Products. URL: <https://products.grimme.com/en/p/sl-900> (дата звернення: 10.04.2026).

25. Portablevs. Stationary: Which Conveyor Is More Reliable? Redline Systems. URL: <https://www.redlinesystems.com/portable-vs-stationary-which-conveyor-is-more-reliable/> (дата звернення: 11.04.2026).

26. Pit Portable Conveyorsvs Road Portable Conveyors: Best Choicesfor Your Project. Grinder Crusher Screen. URL: <https://www.grindercrusherscreen.com/blog/60273-pit-portable-conveyors-vs-road-portable-conveyors-best-choices-for-your-project> (дата звернення: 12.04.2026).

27. ExperimentalAnalysisoftheForceStressesontheProtrusionsofProfileConv eyorBeltsUsing a Sensor. PMC. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12943835/> (дата звернення: 13.04.2026).

28. 3 Types of Tensioning Devices for Belt Conveyors. SKE Industries. URL: <https://www.skecon.com/knowledge/3-types-of-tensioning-devices-for-belt-conveyors.html> (дата звернення: 14.04.2026).

29. Types, Components and Applications of Belt Conveyors. IQS Directory. URL: <https://www.iqsdirectory.com/articles/conveyors/belt-conveyors.html> (дата звернення: 15.04.2026).

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. 19 – Belt conveyors 01. Engineering Libre Texts. URL: https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Mechanical_Engineering (дата звернення: 16.04.2026).

31. Energy-Saving Solutions Applied in Belt Conveyors: A Literature. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/12/3019> (дата звернення: 17.04.2026).

32. Moving ahead. Rulmeca. URL: https://www.rulmeca.com/en/products_bulk/motorized_pulleys/ (дата звернення: 18.04.2026).

33. Mining Conveyor Tensioning Systems: Technical Guide. West River Conveyors. URL: <https://www.westriverconveyors.com/blog/mining-conveyor-tensioning-systems-technical-guide/> (дата звернення: 19.04.2026).

34. Methods of Conveyor Tensioning. Motion Tech. URL: <https://www.motiontech.co.uk/what-are-the-methods-of-conveyor-tensioning> (дата звернення: 20.04.2026).

35. The Analysis of Effectiveness of Conveyor Belt Tensioning Systems. Baz Tech. URL: <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-2b14dbab-5918-4946-b8bc-1cdd68d98b64> (дата звернення: 21.04.2026).

36. Investigation of the Dynamic Characteristics of a Belt Conveyor for. Praise Worthy Prize. URL: <https://praiseworthyprize.org/jsm/index.php?journal=ireme&page=article&op=view&path%5B%5D=28065> (дата звернення: 22.04.2026).

37. BeltTrippersvs. Plows. FEECO International. URL: <https://feeco.com/belt-trippers-vs-plows/> (дата звернення: 23.04.2026).

38. Tripper Conveyor System | Small Foot print But Large Stockpile. Gram Conveyor. URL: <https://www.gramconveyor.com/tripper-conveyor-system/> (дата звернення: 24.04.2026).

39. Beltconveyortrippersystemforwarehouseandstockyard. SKE Industries. URL: <https://www.skecon.com/knowledge/belt-conveyor-tripper-system-for-warehouse-and-stockyard.html> (дата звернення: 25.04.2026).

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40. Belt tripper manufacturer | Accessories for belt conveyors. Yuxin Machinery. URL: <http://shiploader-stackers.com/5-4-belt-tripper-belt-plow.html> (дата звернення: 26.04.2026).

41. Construction and Maintenance of Belt Conveyors for Coal and Bulk Material Handling Plants. Practical Maintenance. URL: <https://practicalmaintenance.net/> (дата звернення: 27.04.2026).

42. OPERATION OF BELT CONVEYORS DURING GRAIN CROP TRANSPORTATION: IMPACT ON MASS PRESERVATION AND GRAIN QUALITY. Research Gate. URL: https://www.researchgate.net/publication/398988516_OPERATION_OF_BELT_CONVEYORS_DURING_GRAIN_CROP_TRANSPORTATION_IMPACT_ON_MASS_PRESERVATION_AND_GRAIN_QUALITY (дата звернення: 28.04.2026).

43. Improving the Efficiency of a Conveyor System in an Automated Manufacturing Environment Using a Model-Based Approach. Semantic Scholar. URL: <https://www.semanticscholar.org/> (дата звернення: 29.04.2026).

44. A brief introduction to bulk grain horizontal transport at ion equipment. ZOOMRY. URL: <https://www.zoomryhi.com/A-brief-introduction-to-bulk-grain-horizontal-transportation-equipment-n.html> (дата звернення: 30.04.2026).

45. ДСТУ EN 620:2022 Підйимально-транспортувальне устаткування. Обладнання та системи для безперервного транспортування. Вимоги щодо безпеки та електромагнітної сумісності для стаціонарних стрічкових конвеєрів для сипких матеріалів. Будстандарт. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99568 (дата звернення: 30.04.2026).

46. Рогач Ю. П. Транспортуючі машини : підручник. Київ : Агроосвіта, 2014. 320 с.

47. Гевко Б. М., Рогатинський Р. М. Проектування та розрахунок конвеєрів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 248 с.

48. Міняйло А. В., Тітов В. О. Деталі машин : підручник. Київ : Агроосвіта, 2013. 448 с.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

49. Електродвигуни трифазні асинхронні серії АИР : каталог виробника. Полтава : ПАТ «Електромотор», 2024. URL: <https://www.elmotor.com.ua> (дата звернення: 15.03.2026).

50. NORD Gearboxes. Coaxial Helical and Bevel Geared Motors : Catalog G1000. Getriebebau NORD GmbH&Co. KG, 2023. URL: <https://www.nord.com> (дата звернення: 10.04.2026).

51. SKF Rolling Bearings : General Catalogue. SKF Group, 2024. URL: <https://www.skf.com> (дата звернення: 12.04.2026).

52. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств : підручник. 2-ге вид., доп. і перероб. Київ : КНЕУ, 2002. 624 с.

53. Бойчик І. М. Економіка підприємства : підручник. Київ : Кондор-Видавництво, 2016. 378 с.

54. Економіка підприємства : підручник / за заг. ред. С. Ф. Покропивного. 2-ге вид., перероб. та доп. Київ : КНЕУ, 2005. 528 с.

55. Шваб Л. І. Економіка підприємства : навч. посіб. Київ : Каравела, 2007. 568 с.

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					01.09 - КР. 1044 «С» 2026.15.04.021 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Заверуха О.Б.			ДОДАТКИ				Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.									61	61
									НУБіП України			
Н. Контр.		Матухно Н.В.										
Затверд.		Ловейкін В.С.										