

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет аграрної інженерії та екології
Кафедра аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

на тему:
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ
НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ЗБИРАННІ ЗЕРНОВИХ З
МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПРИЧЕПА-СУШАРКИ»**

спеціальності 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
освітня програма «Агроінженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АІ- 41
КОЛЕСНИК Ярослав Романович

(підпис)

Керівник: к.т.н., професор
КІРЧУК Руслан Васильович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., професор
КІРЧУК Руслан Васильович

(підпис)

Луцьк 2025

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Ступінь вищої освіти	<i>бакалавр</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітня програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аграрної інженерії
імені професора Г.А. Хайліса
доц., к.т.н. ХОМИЧ Сергій
Миколайович _____

“ _____ ” _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Колеснику Ярославу Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Удосконалення процесу транспортування насіннєвого матеріалу при збиранні зернових з модернізацією причепа-сушарки

Керівник роботи: Кірчук Руслан Васильович, професор, к.т.н.

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

затверджена наказом ЛНТУ від “17” січня 2025 р. № 33/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи

« _____ » _____ 202_ р.

3. Вихідні дані до роботи _____

- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу бакалавра.
3. Анотація.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

	к-сть листів
1. Схема удосконаленої технології	- 1 лист
2. Функціональна (принципова) схема машини	- 1 лист
3. Організація робіт або операційно-технологічна карта	- 1 лист
4. Складальне креслення розроблюваного вузла	- 1 лист
5. Робочі креслення деталей	- 1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання «__» _____ 202_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення з матеріалами і літературою	08.04 – 11.04.2025 р.	
2	Формування вихідних даних, мети та завдання виконання кваліфікаційної роботи	12.04 – 18.04.2025 р.	
3	Розробка рекомендації з покращення (удосконалення) технології	19.04 – 25.04.2025 р.	
4	Розрахунки параметрів машини і вузла, які проектуються	26.04 – 01.05.2025 р.	
5	Розробка функціональної (кінематичної) і принципової схем машини	02.05 – 08.05.2025 р.	
6	Розробка конструкції вузла і його деталей	09.05 – 15.05.2025 р.	
7	Розробка питань охорони праці та довкілля	16.05 – 22.05.2025 р.	
8	Оформлення пояснюючої записки	23.05 – 29.05.2025 р.	
9	Нормоконтроль	30.05 – 03.06.2025 р.	
10	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	до 10.06.2025 р.	

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Колесник Ярослав Романович

(прізвище та ініціали)

Керівник

кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Кірчук Руслан Васильович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

41 ст, 8 рисунків, 3 таблиць, 8 джерел, 2 додатки

СУШАРКА, ПРИЧЕП, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, АГЕНТ СУШІННЯ,
КАМЕРА СУШІННЯ, ПРИВОД, ШНЕК, СУШІННЯ.

У кваліфікаційній роботі бакалавра приведена документація на розробку причепа-зерносушарки зернових матеріалів. Користуючись вихідними даними, в проєкті розроблені вихідні вимоги до машини, що проєктується, сформовані вимоги технічного завдання, визначені дані для проєктування, проведено обґрунтування параметрів машини, побудовані схеми сушарки. Розроблена конструкція приводу шнекового перемішування матеріалу в камері сушіння, складальних одиниць і деталей. Розглянуті питання організації робіт з використанням сушарки і охорони праці, визначений річний економічний ефект.

					<i>АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Причеп-сушарка</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Колесник</i>					<i>Б</i>	<i>3</i>	<i>41</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кірчук</i>					<i>ЛНТУ Кафедра АІ гр. АІ-41</i>		
<i>Т.контр.</i>								
<i>Н.контр.</i>	<i>Юхимчук</i>							
<i>Затверд</i>	<i>Хомич</i>							

ABSTRACT

pages, figures, tables, literary sources, appendices.

DRYER, TRAILER, BULK MATERIAL, DRYING AGENT, DRYING CHAMBER, DRIVE, SCREW, DRYING.

The bachelor's qualification work provides documentation for the development of a grain dryer trailer for grain materials. Using the initial data, the project developed the initial requirements for the machine being designed, formed the requirements of the technical task, determined the data for design, justified the machine parameters, and built the dryer diagrams. The design of the screw mixing drive for the material in the drying chamber, assembly units and parts was developed. The issues of organizing work using the dryer and labor protection were considered, and the annual economic effect was determined.

					АІ.ПЗС.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Ст.

Вступ

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Огляд технології зберігання врожаю зернових культур

1.2. Аналіз можливості сушіння зернового матеріалу в процесі його транспортування

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1. Шляхи мінімізації втрат зерна під час транспортування.....

2.2. Види втрат зерна під час транспортування.....

2.3. Застосування причепа-сушарки в процесі збирання зернових.....

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок механізму перемішування шару матеріалу в причепі-сушарці.

3.2. Кінематичний розрахунок механізму перемішування шару зерна.....

3.3. Кінематичний розрахунок приводу механізму вивантаження

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1. Обґрунтування актуальності питань охорони праці та навколишнього середовища

4.2. Аналіз причепа-сушарки з позиції безпеки праці

4.3. Формування організації безпеки праці при роботі машини

4.4. Заходи безпеки при експлуатації причепа-сушарки

4.5. Заходи протипожежної безпеки та охорона навколишнього середовища.....

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

ДОДАТКИ

					АІ.ПЗС.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Підвищення ефективності механізованих процесів і технологій сприяє зростанню продуктивності праці, забезпеченню якісного та своєчасного виконання технологічних операцій, що значною мірою впливає на врожайність сільськогосподарських культур і покращення економічної діяльності господарств. Оптиміальне формування комплексу машин із використанням двозмінного графіка роботи дозволяє виконувати польові роботи у строго визначені агротехнічні періоди та зменшувати потребу в техніці. Це особливо актуально сьогодні, оскільки створює можливості для вивільнення частини техніки для обслуговування орендних і фермерських господарств, зокрема високопродуктивних універсальних машин. Такі машини можуть обслуговувати великі райони, що спеціалізуються на вирощуванні різних сільськогосподарських культур. Особливу роль тут відіграють машини для збирання та обробки врожаю. До цієї категорії належить, зокрема, сушильна техніка.

Нині в господарствах України активно використовуються сушарки спеціального призначення. У зерновій галузі особливо поширені шахтні та барабанні сушарки.

Хоча ці сушарки добре себе зарекомендували при сушінні різних культур, вони мають свої недоліки. Серед основних недоліків шахтних сушарок варто виділити нерівномірність сушіння матеріалу по всій площі сушильної камери та висоті шахти. Барабанні сушарки, своєю чергою, характеризуються складністю контролю температури нагрівання матеріалу. Окрім цього, для обох типів сушарок характерний низький рівень механізації та автоматизації процесів завантаження і розвантаження із сушильних камер. Карусельні сушарки теж мають свої труднощі, зокрема, з завантаженням мало сипучих матеріалів.

На відміну від них, тунельні сушарки позбавлені зазначених недоліків. Проте вони відзначаються складністю виготовлення, великою металоємністю, і як наслідок – потребують значних фінансових вкладень. Їх вартість є доволі високою, що часто робить такі сушарки недоступними для господарств в умовах

					АІ.ПЗС.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

сучасної економіки. До того ж вузька спеціалізація подібних машин обмежує їх використання лише одним сезоном, що збільшує строк окупності такої техніки.

Конструктивна схема сушарки розроблена з високою ефективністю. Комбінований режим сушіння із залученням сушильного агенту і атмосферного повітря значно скорочує витрати на формування самого сушильного агенту. Повна механізація процесів завантаження та вивантаження матеріалів із сушильних камер дозволяє керувати сушаркою лише одному оператору. До того ж автоматизація завантаження матеріалів сприяє зниженню собівартості виконуваних робіт.

У перспективі розширення функціональних можливостей цієї сушарки дозволить експлуатувати її протягом усього сезону збору врожаю — від пізньої весни до пізньої осені. Тривалий період використання сприятиме скороченню терміну окупності обладнання та підвищенню його загальної ефективності. Така універсальна сушарка стане корисною в умовах різних форм власності та організації господарської діяльності, включаючи колективні господарства чи об'єднання фермерських підприємств.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є удосконалення процесу транспортування насінневого матеріалу при збиранні зернових з модернізацією причепа-сушарки.

Об'єкт дослідження - операція транспортування, сушіння та розпушування зернових сільськогосподарських матеріалів з використанням вертикальних шнеків у камері сушіння причепа.

Предмет дослідження – причеп-сушарка та його система сушіння з перемішуванням шару матеріалу.

Завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є:

- аналіз літературних даних та інформації за темою роботи;
- удосконалити технологію збирання зернових, зокрема операції транспортування зернової маси;
- розробити функціональну схему причепа-сушарки;
- розрахувати параметри роботи машини;

					АІ.ПЗС.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробити складальне креслення приводу вертикальних шнеків-перемішувачів;
- розробити робочі креслення деталей конструкції;
- визначити продуктивність агрегату;
- встановити та окреслити питання охорони праці та довкілля при роботі комплексу із збирання зернових культур.

У кваліфікаційній роботі бакалавра удосконалена технологія збирання зернових, а саме – операція транспортування зерна з використанням причепа-зерносушарки.

Модернізація причепа-сушарки, а саме системи перемішування шару зерна в процесі його сушіння полягає у використанні вертикальних шнеків, яка залежно від положення, перемішують шари зерна, створюючи тим самим кращі умови для його сушіння.

					АІ.ПЗС.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Огляд технології зберігання врожаю зернових культур

Ціни на зернові культури з кожним роком зростають. Як показує досвід, недостатньо виростити якісний та великий урожай, важливо реалізувати вирощену продукцію за оптимальною ціною. Постає питання як зберігати зерно для отримання найкращої ціни на свій товар, а не продавати відразу за зниженими цінами прямо з поля. Зберігання зерна, його транспортування в умовах високої вимоги до продукції потребує особливої уваги. Після дозрівання зерна, у ньому продовжуються відбуватися обмінні процеси, відбувається дозрівання, він супроводжується виділенням тепла, зерно “дихає”.

Незалежно від вашого способу та місця зберігання, необхідний контроль за станом вашої зернової культури. Дотримання всіх правил умови зберігання сприятиме підтримці вологості зерна для зберігання продукції на допустимих заданих показниках, це та багато іншого допоможе зберегти високу якість вашого товару. При цьому важливим є контроль температурного режиму та вологості в сховищі для зернових з обов'язковою вентиляцією.

Існує багато способів зберігання, у тому числі і тимчасові так зване відкрите зберігання у вигляді буртів (зберігання насипом) і прямо з поля. Вони бувають під навісом від дощу або ховаються брезентом, щоб уникнути перезволоження. Таке місце для зберігання не тривалої дії і лише з належною вологістю вашої продукції. Найбільшого поширення набув металевий силос, у яких можливе тривале і недороге зберігання з усіх норм, зокрема і вентиляція [1].

Для якісного зберігання без втрат, до місць зберігання, сховищ для зерна встановлено певні правила умови зберігання зерна:

Приміщення повинні суворо відповідати пожежній безпеці та вибухобезпеці, зважаючи на наявність сухого легкозаймистого пилу.

Необхідність провітрювання примусового типу, у великих приміщеннях та елеваторах, процес вентиляції та рециркуляції має бути автоматичним.

Великі сховища мають бути обладнані агрегатами для фільтрації пилу з по-

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

вітря.

Мабуть одним із найважливіших показників при зберіганні є вологість пшениці, існують норми по допустимій волозі залежно від терміну зберігання зерна. Відхилення у бік вологи створять умови для розвитку мікроорганізмів і середовище для розмноження комах, як наслідок знижується якість продукції. Допустима вологість зерна при зберіганні:

- допустима вологість пшениці, вважається трохи більше 13-14 % вологості. Для тривалого зберігання оптимально вважається не вищим за 13%.
- допустима норма зберігання ячменю 14%, для тривалого зберігання 12%
- допустима норма зберігання вівса – 14%, для тривалого зберігання трохи більше 12%
- допустима норма зберігання жита – 13%, для тривалого трохи більше 12%.

Сушіння, досушування продукції відбувається безпосередньо в самих зерносушарках, також активна вентиляція, вентиляція з охолодженням та інші більш витратні методи створять оптимальну вологу для зберігання. Важливо пам'ятати, що пересушене зерно не тільки втрачає у вазі, воно швидше псується та втрачає свою якість.

Як правило, температура зерна в сховищі не повинна перевищувати більше 7-8 градусів від навколишнього середовища, з осені-зими температура зерна повинна бути трохи вищою за середньомісячне значення, а у весняний період трохи нижче. Для дотримання всіх норм, захисту зерна у сховищах необхідний постійний контроль та виконання цілого ряду заходів [1]:

Вентиляція – цей спосіб насичує зерно киснем та охолоджує, також є добрим методом контролю вологи.

Охолодження – запобігає розвитку шкідливих організмів та бактерій, чим створює сприятливий клімат для збереження якості зернових.

Аерація – це провітрювання, може бути як природним і штучним, ефективний спосіб збереження зернових.

Консервація - це призупинення всіх життєдіяльних процесів усередині зерна, зупинка так званого "дихання" зерна, запобігає втраті корисних речовин, зберігає для подальшої реалізації.

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

Примусова вентиляція забезпечить доступ кисню, що сприятиме рівномірному перебігу обмінних процесів усередині самого зерна, його так званому дихання. Це дозволить зберегти високу якість його властивостей, запобігатиме його перегріву [1].

Існує зберігання зерна в безкисневих умовах (зберігання зерна в сухому стані), усередині зерна зупиняються всі процеси, при цьому всі борошномельні та хлібопекарські властивості зерна залишаються на висоті. Але таке зерно не годиться на посівний матеріал, воно втрачає схожість та енергію зростання. Скільки зберігається зерно? Терміни збереження зерна може досягати 6 років без втрати якостей для використання в хлібопекарнях та на корм у тваринництві, проте зерно на насіння зберігають не більше року.

Порушення температурного режиму зберігання, підвищена вологість зерна, призведе до утворення грибкових захворювань, створюються умови для виникнення та розмноження комах. Несвоєчасне реагування призводить до зараження зерна патогенними мікроорганізмами, розмноження шкідників і, як наслідок, зниження якості зерна.

Для вирішення проблеми потрібно виконати вищезгадані заходи, плюс вдаватися до хімічної обробки зерносховища, шляхом фумігації або обробки газом приміщення, це ефективний спосіб знищення шкідників, що існують, і як спосіб для профілактики [1].

1.2 Аналіз можливості сушіння зернового матеріалу в процесі його транспортування

Причіп-зерносушарка розроблена для сушіння зернових культур, насіння трав та іншої сільськогосподарської продукції. Її функціонал забезпечує високу якість насіннєвого матеріалу, підходящого для посівних цілей. Однією з особливостей технологічного процесу є те, що сипучі насіннєві матеріали зазвичай мають значну початкову вологість. Це сприяє ущільненню матеріалу під час транспортування, через що він може набувати форму транспортного засобу. Для ви-

					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

рішення цієї проблеми передбачено систему розпушування матеріалу в сушарці, яка включає спеціально розміщені вертикальні шнеки.

Причіп-зерносушарка пристосована до експлуатації в усіх кліматичних зонах України як альтернатива спеціалізованим стаціонарним сушаркам. Завдяки своїй мобільності цей тип техніки не потребує облаштованих критих приміщень із додатковим освітленням для зміни роботи. Її можна використовувати впродовж усього року, оскільки погодні умови не впливають на ефективність роботи сушарки.

Подібними машинами є сушарки:

- мобільна порційна сушарка зернових фірми «Riela»



Рисунок 1.1 - Мобільна порційна сушарка зернових «Riela»

- мобільна зерносушарка «MEPU» серії M150K - M300M RK



Рисунок 1.2 - Мобільна зерносушарка Местар SSI 24/203 T2

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

- мобільна сушарка барабанного типу «Stela»



Рисунок 1.3 - Мобільна барабанна сушарка фірми «Stela»

- мобільна сушарка STELA типу MUF



Рисунок 1.4 - Зерносушарка STELA типу MUF

Ефективність роботи причепа-зерносушарки визначається рядом факторів, серед яких важливу роль відіграє організація процесу. Весь технологічний цикл збирання зерна залежить від координації між машинами, які працюють у полі, та тими, що зайняті його переробкою.

До аналогів машин можна віднести такі моделі: ДСП-16, ДСП-24, ДСП-24-СН вітчизняного виробництва, а також фермерську сушарку CF/AB-270E і мобільні сушарки Месмар STR 13/119Т, Месмар SSI 24/203 Т2 і STELA типу MUF іноземного виробництва.

										Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата						

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

Серед стаціонарних сушарок варто виокремити шахтну прямоточну зерносушарку ДСП-32-ОТ, яка встановлюється у спеціалізованих спорудах та пов'язана з баштами елеваторів. Вона складається з сушильних і охолоджувальних шахт, напірно-розподільчих і відвідних осадкових камер, топки на рідкому паливі, випускних механізмів періодичної дії, вентиляційного устаткування та приладів для контролю температури агента сушіння. Привод робочих механізмів сушарки здійснюється від мережі трифазного струму.

Топка зерносушарки працює на рідкому паливі, такому як дизельне пальне або гас. Подавання палива виконується через форсунку Ф-1, оснащену автоматичною системою регулювання. Завдяки роботі автоматики забезпечується контроль процесу горіння палива в топці, підтримується стабільний і економічний режим сушіння зерна. Напірно-розподільні та осадкові камери шахти поділені перегородками по висоті відповідно до розмірів зон сушіння та охолодження.

Сушіння зерна здійснюється завдяки суміші топкових газів і повітря. Вентилятори спрямовують сушильний агент у напірно-розподільну камеру, звідки через підвідні канали він надходить у сушильну шахту. Там агент проходить через зернову масу, потім через відвідні канали виводиться у осадкові камери й через жалюзні вікна випускається в атмосферу.

Охолодження зерна виконується за тим же принципом, що й сушіння, але замість сушильного агента використовується атмосферне повітря.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика сушарки ДСП-32-ОТ [2,3]

Технічна характеристика зерносушарки ДСП-32-ОТ

Продуктивність, пл. т/год	32
Кількість шахт, шт	2
Розміри шахт у поперечному перерізі, мм	3250×1000
Висота шахти по зонах, мм:	
перша зона сушильної камери	4685
друга зона сушильної камери	2886
зона охолодження	3678
Горизонтальний крок коробів, мм	200
Вертикальний крок коробів, мм	200

						Арк.
					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Кількість коробів в одному ряду, шт.	15 і 16
Питома витрата умовного палива, $\frac{\text{кг}}{\text{пл.т}}$	12,2
Питома витрата електроенергії, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{пл.т}}$	2,5

Використання шахтної прямоочної зерносушарки у порівнянні з іншими типами зерносушарок має забезпечити:

- а) підвищення продуктивності праці на 20%;
- б) зменшення трудових витрат на одну тонну на 12%;
- в) скорочення прямих витрат на одну тонну на 200 гривень.

Організація роботи відіграє ключову роль у післязбиральній обробці насіння трав. Ефективність технологічного процесу збору насіння значною мірою залежить від злагодженої взаємодії машин, що займаються переробкою вороху і насіння.

Для збирання зернових культур характерні певні особливості. У цьому випадку застосовуються зернозбиральні комбайни. Перевезення зерна здійснюється транспортними причепами, наприклад, модель 2ПТС-4-887А. Також потрібен широкий спектр технічних засобів, що забезпечують навантаження, переміщення та транспортування на короткі відстані. Для цих задач використовуються шнекові, стрічкові та ковшові транспортери й елеватори.

Як аналогічний приклад машини (рис. 1.5) розглядаємо зерновоз «TURBODAN TD-15», який призначений для транспортування зерна з поля до місця його подальшої обробки, одночасно виконуючи сушіння під час перевезення [4]. До складу зерновоза-сушарки входять шасі, сушильна камера, дифузор, тепло-вентиляційний блок із вентилятором, розвантажувальний гідравлічний пристрій та зона керування. Робочі органи приводяться в дію за допомогою вала відбору потужності та генератора струму.

						Арк.
					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – Зерновоз-сушарка «TURBODAN TD-15»

					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1 Шляхи мінімізації втрат зерна під час транспортування

Для мінімізації втрат при транспортуванні треба починати з організаційних заходів. Для початку логістичним підрозділам спільно з фінансовим відділом необхідно провести низку організаційних заходів для забезпечення оперативної фіксації, документального оформлення недостач та забезпечення компенсації втрат під час транспортування винними сторонами.

Рекомендовані організаційні заходи [5]:

1. Затвердити наказом по підприємству норми нестачі при транспортуванні для кожного виду продукції та типу транспорту (авто, залізничний, водний транспорт). Встановити порядок компенсації нестач вантажу та списання нестач у бухгалтерському обліку.

2. Дані затверджені норми недостач необхідно внести до договорів ТЕО (для залізничних експедиторів); у договори транспортування (для автоперевізників). Зобов'язати автоперевізників та залізничних експедиторів компенсувати наднормативні втрати зерна під час транспортування.

3. Організувати процедуру складання та підписання Акту про нестачу вантажу при виявленні фактичної нестачі в місці розвантаження. Для автотранспорту організувати внесення до ТТН позначки про складання Акту про нестачу вантажу. Для автотранспорту потрібна наявність підпису водія в Акті про нестачу вантажу. Внести до договору транспортування пункт про штрафні санкції щодо автоперевізника за відмову водія від підписання Акту про нестачу вантажу. Даний документ — підстава для виставлення претензій автоперевізнику або залізничному експедитору.

4. Організувати процес повідомлення перевізників та вантажовідправників про виявлення наднормативних недоліків або наднормативних розбіжностей за якістю (бажано цілодобове повідомлення факсом та телефоном). Організувати процес комісійного визначення кількості та якості щодо спірних партій зерна.

5. Для ведення повноцінної претензійної роботи із сторонніми елеваторами

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

рекомендую вносити до договорів зберігання із сторонніми елеваторами пунктів, які регламентують порядок взаємодії при недостачах згідно з «Інструкцією про порядок приймання продукції... за кількістю. П-6» та «Інструкції про порядок приймання продукції ... за якістю. П-7».

6. Вивчити можливість страхування вантажу та компенсації недостач страховими компаніями.

Реалізація цих заходів дозволить вести планову роботу з мінімізації втрат. Далі пропоную розглянути причини втрат та розібратися, які доступні інструменти дозволять мінімізувати втрати під час транспортування.

У будь-якому випадку для реалізації всіх описаних заходів знадобиться збільшення штату логістичного підрозділу компанії або залучення співробітників комерційного департаменту (закупників зерна) до процесу відвантаження. При цьому одержаний економічний ефект через скорочення втрат зерна повністю покриє витрати на персонал.

Можна особливо виділити позитивний ефект від наявності у штаті компанії інспекторів якості, які беруть участь у відвантаженні зерна та контролюють правильність визначення якісних показників. Наприклад, під час моєї роботи в компанії «Оптімус» у її штаті було близько 10 інспекторів якості, які, крім іншого, контролювали відвантаження соняшника зі сторонніх елеваторів.

Завдяки роботі цих інспекторів розбіжності за якістю соняшнику зменшились на 0,8% (з 1,2% до 0,4%). Це суттєва економія для компанії (якщо у цифрах, економія при відвантаженні 100 тис. т соняшнику становитиме 800 т або 8,8 млн грн, за ціни на соняшник 11 тис. грн/т). Щорічно компанія відвантажувала зі сторонніх елеваторів близько 200 тис. т соняшнику. Отримана економія через зменшення втрат за якістю з лишком окуповувала утримання штату інспекторів, при цьому їх основною діяльністю був контроль за роботою ПТЛ та зберіганням зерна на власних елеваторах компанії.

Також, додатково можна озвучити непрямі методи мінімізації втрат зерна під час транспортування. До них належить ведення рейтингу сторонніх елеваторів та робота з власним персоналом щодо посилення залученості до процесу відвантаження та відповідальності за результат транспортування зерна з елеваторів.

						Арк.
					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Почнемо із рейтингу елеваторів. Його ведення — це спосіб впливу на проблемні елеватори щодо недостач вантажу. Що включає ведення рейтингу:

а) перед початком роботи з новим елеватором необхідно провести його огляд компетентним співробітником на придатність до зберігання, доопрацювання та відвантаження зерна;

б) скласти рейтинг елеваторів за такими критеріями:

стан технічної бази елеватора (тип сховищ; наявність пожежної сигналізації; термометрії; тип сушарки та очисних машин тощо);

комерційна привабливість елеватора (репутація; обсяг заготівлі зерна; наявність серед клієнтів компанії великих зернотрейдерів тощо);

логістичні параметри (швидкість навантаження; ємність залізничного шляху; обмеження для автотранспорту (висота авто; довжина ваг тощо)).

І найголовніша ланка в процесі відвантаження зерна - співробітники відділу логістики, які вносять у цей розділ величину фактичних втрат зерна (нестачі за вагою; втрати за якістю) при відвантаженні з конкретного елеватора.

При критичних втрат рейтинг конкретного елеватора знижується і комерційна служба мінімізує закупівлю зерна на даному елеваторі, аж до повного її припинення. Цей метод дозволяє опосередковано впливати на поведінку елеваторів і стимулювати їх знижувати витрати поклажедавців. Адже інакше можна залишитися взагалі без клієнтів.

Другий непрямий метод мінімізації втрат зерна під час транспортування — робота з власним персоналом щодо посилення залучення співробітників логістичних та комерційних підрозділів у процес відвантаження та підвищення відповідальності за результат транспортування зерна.

Особливе місце в ефективній роботі логістичного підрозділу я відвів би саме цьому методу. Що для цього потрібне?

Для ефективної роботи логістичного підрозділу потрібні:

процес постійного навчання логістів; підвищення професійного рівня персоналу, набуття знань у галузі якості зерна, умов його зберігання та транспортування.

						Арк.
					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Підвищення мотивації логістичного персоналу (один із інструментів – впровадження системи КРІ – ключові показники ефективності). Особливо система КРІ ефективна у процесі контролю та мінімізації втрат при транспортуванні [5].

2.2 Види втрат зерна під час транспортування

Зерно та інша сільськогосподарська продукція є динамічними активами, які можуть втрачати свої якісні характеристики та фізичні властивості на різних етапах шляху від поля до кінцевого споживача. Однією з ключових ланок цього процесу є транспортування зерна між різними об'єктами його зберігання чи переробки.

Ділі буде розглянуто, які саме втрати зерна можуть виникнути під час транспортування, чи можливо їх передбачити та як врахувати ці втрати у бухгалтерському обліку.

Під час транспортування зерно знаходиться у вагонах-зерновозах або причепах вантажних автомобілів, і втрати можуть виникати як у процесі руху, так і під час стоянки, наприклад, на залізничних станціях.

Втрати зерна при транспортуванні можна поділити на два основні типи: нелегальні втрати та природні втрати.

Нелегальні втрати зерна виникають через крадіжки або злочинні схеми на різних етапах транспортування, прийому і зважування. Це окрема проблема, яка потребує посиленого фізичного та візуального (включаючи відеонагляд) контролю як за процесом перевезення, так і за зберіганням зерна.

Природні або «легальні» втрати зерна під час транспортування зумовлені технічними недоліками транспортних засобів, неможливістю повного розвантаження без втрат, а також впливом стирання, механічних пошкоджень та інших факторів, які виникають у процесі перевезення. Також до природних втрат можна зарахувати похибки вимірювання ваги під час зважування.

В Україні наразі норми природних втрат зерна при перевезенні автомобільним транспортом досі визначаються відповідно до Постанови №63 від 2 червня

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

AI.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

1986 року. У бухгалтерському обліку зерна слід враховувати саме ці норми.

Згідно з цією постановою, природні втрати зерна, насіння та продуктів їх переробки під час перевезення автомобільним транспортом наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Норми природних втрат зерна та сільгосппродукції під час транспортування автомобільним транспортом

Найменування вантажів	Норми природного убутку у відсотках від маси вантажу
При перевезенні зерна, зерноsumіші і відходів першої категорії*, насіння олійних культур і трав, хлібопродукції, висівок незалежно від відстані:	
насипом	0,07
у тарі	0,05
Макухи і комбікорму при перевезенні на відстань:	
до 25 км	0,04
понад 25 км до 50 км	
понад 50 до 100 км	
понад 100 км на кожні наступні 100 км	0,02

У разі виявлення нестачі зерна після транспортування необхідно спочатку провести документальну фіксацію даного факту. Для цього слід виконати наступні кроки:

- перевірити встановлені норми втрат, прописані в договорах з перевізниками.
- оформити акт про втрати зерна, що виникли під час перевезення.
- поінформувати перевізника про відхилення ваги від норм, зазначених у договорі.
- у договорі з елеватором передбачити посилання на «Інструкцію про порядок приймання продукції за кількістю» (Інструкція П-6) та «Інструкцію про порядок приймання продукції за якістю» (Інструкція П-7).

Ці дії допоможуть належним чином зафіксувати факт нестачі зерна та врегулювати ситуацію відповідно до чинних правил і договорів.

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

2.3 Застосування причепа-сушарки в процесі збирання зернових

Причеп-сушарка для зернових виконує функції транспортування та сушіння як очищеного, так і неочищеного зерна, знижуючи його вологість із початкових 25-30% до рівня 12-14%. Розглянемо технологічний процес її роботи на прикладі сушіння пшеничного зерна.

Під час збирання врожаю причеп-сушарка заповнюється зерном від комбайнів і транспортується до визначеного місця. Щоб запобігти самозігріванню зерна, на етапі транспортування проводиться його сушіння.

На початку роботи причепа-сушарки активується паливний блок разом із вентилятором високого тиску. Завантажувальний шнек комбайна рівномірно розподіляє зерно по всій площі сушильної камери, забезпечуючи однорідне заповнення. Камера має прямокутну форму з перфорованим дном, що сприяє ефективному видаленню використаного сушильного агента зовні. У середині камери встановлені шнеки-розрихлювачі, які підвищують інтенсивність сушіння. У процесі переміщення причепа зерно піддається одночасному перемішуванню, розпушуванню та сушінню.

Під час сушіння зерно переміщується вгору-вниз, при цьому розпушується, що сприяє інтенсифікації процесу сушіння. Водночас через шари зерна проходить сушильний агент, який підсушує матеріал. У задній частині камери встановлена вивантажувальна стінка причепа, яка за допомогою гідравлічної системи забезпечує нахил причепа до 30 градусів для вивантаження матеріалу.

Система повітродозподілу сушарки діє наступним чином: атмосферне повітря в паливному блоці нагрівається до заданих параметрів, перетворюючись на сушильний агент. Звідти вентилятором через дифузор він подається у камеру сушіння. Пройшовши крізь шари зерна, сушильний агент виходить у зовнішнє середовище через відкритий верх причепа.

Особливістю цієї сушарки є подача сушильного агента знизу безпосередньо до матеріалу, що піддається обробці, що дозволяє підвищити ефективність використання теплоносія. Витрати сушильного агента регулюються повітряною заслінкою, а контроль температури агента на вході в систему забезпечують темпе-

										Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата						

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

ратурні датчики.

Причеп-сушарка є причіпною машиною, яка агрегується з трактором тягового класу 2. Усі її робочі механізми оснащені автономними електричними приводами або приводяться в дію через вал відбору потужності (ВВП) трактора. Розглянемо детальніше кінематичну схему робочих механізмів цієї сушарки.

Вентилятор для подачі сушильного агента в камеру сушіння приводиться в дію через ВВП трактора за допомогою клинопасової передачі. Передача функціонує зі шківками діаметром 320 мм та 200 мм. У разі потреби шківки можуть бути замінені на інший типорозмір для регулювання потоку повітря відповідно до вимог сушіння.

Трифазний генератор змінного струму також приводиться в дію через ВВП трактора, використовуючи клинопасову передачу зі шківками діаметром 420 мм та 200 мм. У результаті генератор забезпечує напругу до 400 В з потужністю до 4 кВт.

Гідравлічна система підйому кузова трактора працює за рахунок ВВП (вал відбору потужності). Її основними елементами є: масляний бак, фільтр, насос, гідророзподільник Р80-2 та гідроциліндр Ц80Х200-2. Передача руху від ВВП трактора до гідронасоса здійснюється через кінематичну схему, яка включає пасову передачу та циліндричний редуктор, що знижує частоту обертання.

Для переміщення зерна у камері сушіння та рівномірного його розподілу по площі камери використовуються шнеки-розрихлювачі. Вони нерухомо закріплені на рамі причепа і приводяться в дію окремо кожен від електродвигуна моделі 4А80А6У3 з частотою обертання 1000 об/хв та потужністю 0,75 кВт. Передача обертального моменту відбувається через клинопасову передачу з діаметрами шківків 100 мм та 315 мм. Для роботи електродвигунів використовується напруга, яка генерується генератором змінного струму, встановленим у передній частині причепа.

Принцип дії причепа-зерносушарки полягає в ефективному сушінні зерна під час його транспортування. Під час збирання зернових культур причіп-сушарка заповнюється зерном безпосередньо з комбайнів і доставляється у визначене місце. Для запобігання самозігріванню зерна під час транспортування

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

виконується його сушіння.

Під час руху активується паливний блок разом із вентилятором високого тиску. Сушильна камера, яка має прямокутну форму з перфорованим днищем, забезпечує рівномірне нагрівання зерна. Гаряче повітря заданої температури створюється потужним теплогенератором і під високим тиском проходить через шар зерна, рівномірно його нагріваючи. Волога, що утворюється при цьому процесі, виходить назовні через перфоровані стінки камери.

Для оптимізації сушіння всередині камери встановлені шнеки-розрихлювачі, які сприяють перемішуванню і розпушуванню зерна. Усе це дозволяє поєднати процеси сушіння, перемішування та розрихлення зерна безпосередньо під час транспортування.

Контроль за процесом сушіння здійснюється водієм машини або оператором через пульт управління, а також двома робітниками, які працюють у стаціонарному режимі. Конструкція та розташування вузлів і механізмів забезпечують зручний доступ до них, а також гарантують безпеку під час монтажу, експлуатації й ремонту. Рухомі та обертові частини обладнання оснащені кожухами та захисними огороженнями, що запобігає виникненню небезпеки для обслуговуючого персоналу. Огороження в небезпечних зонах, які потребують огляду протягом зміни, легко відкриваються або демонтуються.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд причепа-зерносушарки

										Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата						

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок механізму перемішування шару матеріалу в причепі-сушарці

Як робочі органи пристрою для перемішування шару матеріалу в сушильній камері використовуються вертикально розташовані шнеки.

У розроблюваному перемішувачі передбачено застосування витків, які виконані не у вигляді секторів, а представляють собою суцільну навивку зі смуги товщиною 2 мм. Така конструкція суттєво підвищує ефективність перемішування шару матеріалу.

Під час проектування шнекового транспортера для завантаження сушарки як основу було взято завантажувальні зернові шнеки типу РСМ 10.01.47.020 (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 - Шнек типу РСМ 10.01.47.020 (зерновий)

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

Вихідними даними для проектування шнекового завантажувача є:

- висота підйому зерна — 1,5 м;
- частота обертання валу — 280 об/хв.;
- орієнтовна потужність приводу — 1,0 кВт;
- орієнтовна продуктивність — 10 м³/год;
- кут підйому зерна — 90°;
- діаметр шнека — 115 мм;
- крок спіралі — 250 мм.

Як розрахункові параметри шнека приймаються:

1. зовнішній діаметр — мм;
2. внутрішній діаметр (труби) — мм.

Об'ємна продуктивність шнека визначається за формулою [7]:

$$V = \pi (d_1^2 - d_2^2) \frac{n \cdot t \cdot c_i}{4}, \quad (3.1)$$

де n - частота обертання валу шнека, об/с;

c_i - коефіцієнт заповнення шнека, $c_i = 0,3 \dots 0,5$.

$$n = 280 \text{ об/хв.} = 4,7 \text{ об/с.}$$

Тоді

$$V = 3,14 (0,115^2 - 0,050^2) \frac{4,7 \cdot 0,250 \cdot 0,5}{4} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с} = 18 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Шнековий зовнішній діаметр уточнюється за формулою [7]:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{Q}{450 \cdot k_n \cdot k_p \cdot \rho \cdot \omega}}, \quad (3.2)$$

де Q - продуктивність конвеєра, т/год;

k_n - коефіцієнт продуктивності, $k_n = 0,61 \dots 1,0$;

k_p - коефіцієнт відношення кроку гвинта і його діаметра;

ρ - густина матеріалу, що завантажувється (для зерна пшениці, жита, ячменю і

						Арк.
					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

кукурудзи $\rho = 650 \dots 810 \text{ кг/м}^3$);

ω - швидкість кутова обертання вала гвинта, с^{-1} .

Тоді

$$Q = V \cdot \rho,$$

і

$$Q = 18 \cdot 810 = 14580 \text{ кг/год} = 14,6 \text{ т/год.}$$

$$k_p = \frac{250}{115} = 2,1$$

Отже

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{14,6}{450 \cdot 0,7 \cdot 2,1 \cdot 810 \cdot 28}} = 0,010 \text{ м} = 100 \text{ мм}$$

Розрахунковий гвинтовий діаметр встановлюється з урахуванням діаметра вала d_2

$$d'_1 = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}.$$

$$d'_1 = \sqrt{100^2 + 50^2} = 112 \text{ мм}$$

Потужність приводу конвеєра гвинтового у кВт [7]:

$$N = \frac{T \cdot n_\phi}{9550}, \quad (3.3)$$

де T – крутний момент на валу гвинта, Нм;

n_ϕ - частота обертання вала шнека, об/хв.

$$T = k \cdot T_1 + T_2, \quad (3.4)$$

де $k = 1,1 \dots 1,2$ для колосових і зерен.

T_1, T_2 - обертовий момент на валу гвинта, що виникає від опору переміщуванню матеріалу жолобом і тертя гвинта та підшипників, Нм. [7]

$$T_1 = 0,5 d_{cp} \cdot F_a \cdot \text{tg}(\phi + \psi), \quad (3.5)$$

						Арк.
					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

де $d_{cp} \approx d_1$;

F_a - сила осьова, яка діє на гвинт, Н;

ϕ - кут тертя вантажу.

Як видно з [7]

$$\psi = \operatorname{arctg} \left(\frac{t}{\pi \cdot d_{cp}} \right), \quad (3.6)$$

$$F_a = g_e \cdot L \cdot (\sin \beta + f \cdot \cos \beta), \quad (3.7)$$

де g_e - вага вантажу на 1м довжини конвеєра, кг/м;

L - довжина конвеєра, м;

β - кут нахилу конвеєра, град;

f - коефіцієнт тертя матеріалу об жолоб ($f = \operatorname{tg} \phi$).

$$g_e = 250 \cdot \pi \cdot (d_1^2 - d_2^2) \cdot c_i \cdot c_\beta \cdot \gamma, \quad (3.8)$$

де c_β - коефіцієнт (кут нахилу жолоба до горизонту: при $\beta = 90^\circ$ $c_\beta = 0,3$);

γ - об'ємна вага вантажу (для зерна $\gamma = 6,4 \dots 7,9$ кн./м³[12]).

Також,

$$T_2 = F_a \cdot f_1 \frac{d_{cp}}{2} + F_r \cdot f_1 \frac{d_2}{2}, \quad (3.9)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя в підшипниках;

F_r - радіальна сила на гвинті, Н.

$$F_r = \sqrt{(G_e \cdot \cos \beta)^2 + F^2}, \quad (3.10)$$

де $G_e = g_e \cdot L$ - вага гвинта з врахуванням вантажу, Н;

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

$$F = \frac{2T_1}{d_{cp}} - \text{колова сила на гвинті, Н.}$$

Вставляючи отримані дані, отримуємо:

$$g_e = 250 \cdot 3,14 \cdot (0,110^2 - 0,050^2) \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 7,9 = 8,9 \text{ кг/м.}$$

Тоді, приймаємо $f = 0,5$, тоді $\phi = \arctg(f) = 0,46$.

$$F_a = 8,9 \cdot 1,5 \cdot (\sin 90^\circ + 0,5 \cdot \cos 90^\circ) = 13,4 \text{ Н.}$$

$$\psi = \arctg\left(\frac{0,25}{3,14 \cdot 0,11}\right) = 0,62.$$

$$T_1 = 0,5 \cdot 0,110 \cdot 13,4 \cdot \text{tg}(0,46 + 0,62) = 1,38 \text{ Нм.}$$

$$F = \frac{2 \cdot 1,38}{0,110} = 25,1 \text{ Нм.}$$

$$G_e = 8,9 \cdot 1,5 = 13,4 \text{ Н.}$$

$$F_r = \sqrt{(13,4 \cdot \cos 90^\circ)^2 + 25,1^2} = 25,1 \text{ Н.}$$

$$T_2 = 13,4 \cdot 0,9 \frac{0,11}{2} + 25,1 \cdot 0,9 \frac{0,05}{2} = 1,2 \text{ Нм.}$$

Крутний момент становитиме:

$$T = 1,2 \cdot 1,4 + 1,2 = 2,9 \text{ Нм.}$$

Використана шнеком потужність складе:

						Арк.
					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{2,9 \cdot 280}{9550} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Приймаючи до уваги коефіцієнт корисної дії привода, визначаємо розрахункову потужність шнекового завантажувального пристрою як $N = 0,5$ кВт. Для забезпечення необхідних параметрів обираємо асинхронний електродвигун моделі 4А80А6У3 з частотою обертання $n = 1000$ об/хв та потужністю $N = 0,75$ кВт.

3.2 Кінематичний розрахунок механізму перемішування шару зерна

Для забезпечення процесу перемішування зерна в розробленій сушарці передбачено систему з чотирма вертикально розташованими шнеками. Привід шнеків складається з асинхронного електродвигуна та пасової передачі. Кінематична схема приводу пристрою для перемішування представлена на рис. 3.2.

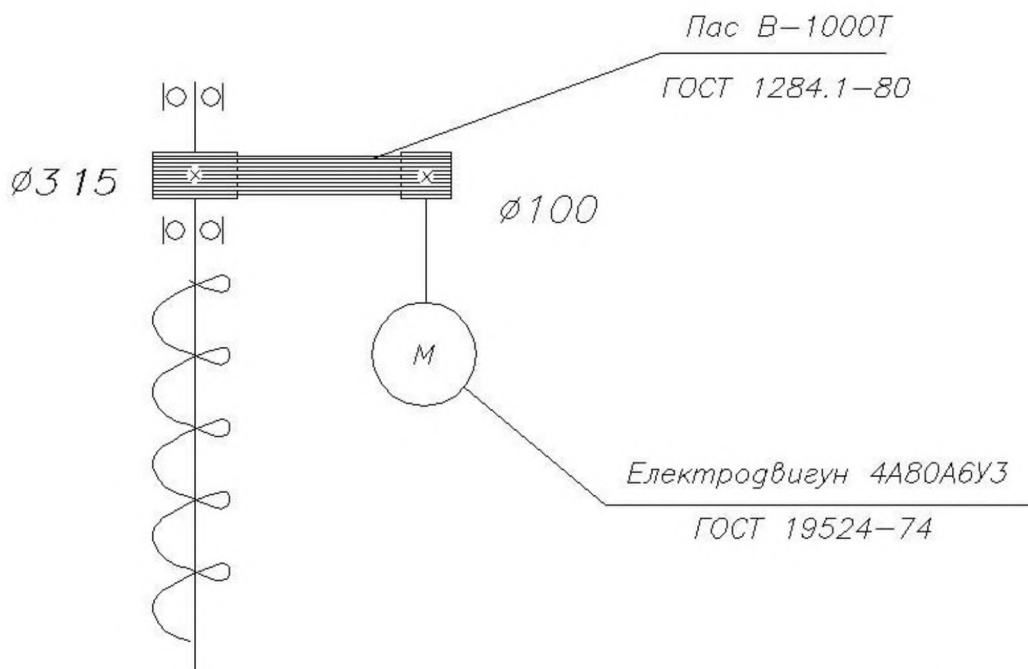


Рисунок 3.2 - Кінематична схема приводу перемішування зерна

Обертний момент на вал для забезпечення обертання горизонтально розташованого шнека передається через клинопасову передачу від електродвигуна.

										Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата						

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

Фіксація валів і шківів виконується із застосуванням шпонкового з'єднання. Виходячи з раніше проведених кінематичних і силових розрахунків, обертовий момент на валу привідної зірочки становитиме:

$$T = \frac{N}{\omega} \text{ Нм}, \quad (3.11)$$

де ω - кутова швидкість обертання шнекового вала, с^{-1} .

Відомо, що кутова швидкість становить 280 об/хв ($\approx 29 \text{ с}^{-1}$).

Пропонується наступний варіант розподілу передатних відношень для приводу, за умови вибору двигуна з частотою обертання 1000 об/хв.

Таблиця 3.1 - Таблиця передатних відношень для приводу розрихлення шару зерна в причепі:

Числове значення	Передатне відношення
Загальне передатне відношення	3,5
Пасова передача	3,5

Тоді:

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{100,0}{29,0} = 3,4 \text{ Нм}.$$

Тому на основі проектного розрахунку визначається діаметри валів під підшипникові опори.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi [\tau]}}, \quad (3.12)$$

де $[\tau]$ - допустима напруга, МПа. Для деталей з конструкційних вуглецевих сталей $[\tau] \leq 15 \div 20 \text{ МПа}$.

Оьже:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 3,4}{3,14 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,01 \text{ м} = 10 \text{ мм},$$

Відповідно до стандарту обираємо значення для валу з нормативного ряду в міліметрах. Для визначення параметрів пасової передачі, беручи до ува-

						Арк.
					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

ги, що кількість розрихлювачів становить чотири, використовується стандартна методика, реалізована в програмному середовищі MathCad. Результати розрахунків представлені нижче.

Вихідні даня для розрахунку пасу

$$N := 500 \quad n1 := 1000 \quad i := 3.5 \quad \text{кількість пасів} - 2$$

$$\text{Кутова швидкість, рад/с} := \frac{\pi \cdot n1}{30} \quad \omega1 = 104.72 \quad c - 1$$

$$\text{Обертаючий момент, Нм} := \frac{N}{\omega1} \quad T1 = 4.775 \quad \text{Нм}$$

$$\text{Діаметр ведучого шківа} := 60 \sqrt[3]{T1} \quad d1 = 101.033$$

Найближче стандартне значення $d1 = 100$ мм

$$\text{Діаметр веденого шківа, мм} := d1 \cdot i \quad d2 = 350$$

Найближче стандартне значення $d2 = 315$ мм

Уточнюємо передатне відношення, прийнявши $i = 3.5$

$$ii := \frac{d2}{d1 \cdot (1 - s)} \quad ii = 3.182$$

Розбіжність із заданим значенням $\Delta i = -0.091$ (допускається до 3%)

$$\text{Міжосьова відстань} := 2 \cdot (d1 + d2) \quad a = 830$$

$$\text{Кут обхвату ведучого шківа} := 180 - 60 \cdot \frac{d2 - d1}{a} \quad \alpha1 = 164.458$$

$$\text{Швидкість пасу} := \frac{\pi \cdot d1 \cdot n1}{60 \cdot 10^3} \quad V = 5.236$$

$$\text{Тягове зусилля на всю ширину пасу} := \frac{N}{V} \quad Ft = 95.493$$

Визначення коефіцієнтів

$$C\alpha := 1 - 0.003 \cdot (180 - \alpha1) \quad C\alpha = 0.953 \quad C\rho := 0.9$$

$$Cv := 1.04 - 0.0004 \cdot V^2 \quad Cv = 1.029 \quad \text{при навантаженні з невеликими коливаннями}$$

Згідно літературних даних:

$$C\Theta := 1 \quad \text{нахил до } 60 \text{ градусів}$$

Згідно літературних даних допустиме навантаження прокладки на одиницю ширини для пасу Б-800

$$p0 := 3$$

$$\text{Допустиме навантаження} := p0 \cdot C\alpha \cdot Cv \cdot C\rho \cdot C\Theta \quad p = 2.649$$

$$\text{Товщина пасу} := \frac{d1}{40} \quad \delta = 2.5 \quad \text{Кількість прокладок} := \frac{\delta}{1.5} \quad z = 1.667$$

$$\text{Необхідна ширина пасу} := \frac{Ft}{z \cdot p} \quad b = 21.63$$

Приймаємо ширину $b = 25$ мм товщина пасу $\delta = 13.5$ мм

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Обґрунтування актуальності питань охорони праці та навколишнього середовища

Обґрунтування актуальності вирішення питань, пов'язаних із охороною праці та навколишнього середовища, ґрунтується на необхідності забезпечення гармонійного існування людини в умовах сучасного техногенного суспільства. Розвиток промисловості, зростання урбанізації та використання природних ресурсів створюють численні виклики, які потребують ретельного вирішення для забезпечення безпеки працівників і збереження екології.

У першу чергу, охорона праці виступає фундаментальним елементом у збереженні здоров'я та життя людей під час виконання ними своїх професійних обов'язків. Систематична робота над підвищенням стандартів безпеки на виробництвах сприяє зниженню рівня травматизму та професійних захворювань, що, своєю чергою, позитивно впливає на ефективність праці.

Також не менш важливим аспектом є захист навколишнього середовища, адже збалансоване використання природних ресурсів є основою сталого розвитку країни. Забруднення повітря, води та ґрунтів стає прямою загрозою для екосистеми, а отже, і якості життя нинішнього та майбутніх поколінь. Впровадження новітніх технологій, зменшення шкідливих викидів та раціональне використання ресурсів дозволяють зберегти природні багатства й водночас забезпечити економічне зростання.

Таким чином, вирішення питань охорони праці та охорони довкілля має ключове значення як для окремих галузей, так і для цілого суспільства. Забезпечення балансу між економічними інтересами і екологічними потребами є стратегічним завданням, яке визначає перспективи сталого розвитку і благополуччя як на національному, так і на глобальному рівнях.

					AI.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

4.2 Аналіз причепа-сушарки з позиції безпеки праці

У проєкті передбачено удосконалення сушильної машини. Під час проєктування необхідно враховувати, що конструкція пристрою має відповідати актуальним вимогам з охорони праці. Сушильна машина слугує для доведення насіння сільськогосподарських культур до кондиційної вологості шляхом активного вентилявання сушильним агентом. Через це її будова є доволі складною, а окремі вузли в конструкції можуть становити небезпеку травматизму для персоналу.

Привод робочих органів здійснюється за допомогою електродвигунів через ланцюгові, пасові та зубчасті передачі. Для уникнення травматичних випадків ці передачі під час роботи мають бути обладнані спеціальними захисними засобами. Також категорично заборонено коригувати положення пасів і ланцюгів на шківках та зірочках або змащувати підшипники під час роботи машини.

Сушильна машина оснащена ланцюговими передачами, які в процесі роботи створюють шум, що може негативно позначатися на комфорті та здоров'ї працівників. Вплив шуму залежить від його інтенсивності та частоти. Крім того, на робочому місці може виникати вібрація, спричинена роботою механізмів і вузлів сушильної машини. Рівень шуму і вібрацій у зонах постійного перебування обслуговуючого персоналу повинен відповідати допустимим стандартам, визначеним ДСН 3.3.6.037-99 та ДСН 3.3.6.039-99. Мікроклімат виробничих приміщень, де розташована технологічна лінія з обладнанням, має відповідати нормам згідно з ДСН 3.3.6.042-99.

4.3 Формування організації безпеки праці при роботі машини

Персонал, відповідальний за експлуатацію сушильної машини, повинен володіти знаннями та дотримуватися діючих правил і інструкцій з охорони праці. До управління машиною допускаються лише особи, які досягли 18 років, пройшли вступний інструктаж і навчання на робочому місці з питань безпеки.

					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Під час роботи із сушильною машиною необхідно використовувати засоби індивідуального захисту. Адміністративно-технічний персонал підприємства зобов'язаний контролювати дотримання правил техніки безпеки та виробничої санітарії, а також пояснювати працівникам важливість суворого виконання цих вимог.

До роботи з сушаркою допускаються лише ті особи, які пройшли навчання безпечним методам праці. Перед початком роботи необхідно виконати наступні дії:

- Перевірити стан машини та усунути всі виявлені несправності.
- Оглянути з'єднання вентилятора з повітропроводом.
- Переконаватися у працездатності обладнання, механізмів, приладів та надійності кріплення кожухів, які захищають рухомі частини.
- Збалансувати колесо вентилятора для забезпечення його роботи без виникнення вібрацій.

Ремонтні роботи під час роботи машини строго заборонені, як і залишення її без нагляду з ввімкненими двигунами.

Під час функціонування сушильної машини працівник, відповідальний за її обслуговування, постійно контролює стан повітропроводу та механізмів, дбаючи про їх чистоту та уникаючи можливого засмічення. Особливу увагу приділяють підшипникам вентилятора та інших механізмів, не допускаючи перегріву деталей, які взаємодіють у терті. У разі виявлення перегріву необхідно негайно з'ясувати й усунути причини. Якщо виявлено будь-які несправності, слід одразу зупинити машину. Всі ремонтні роботи, усунення несправностей і очищення обладнання виконуються виключно після повної зупинки машини.

Перед початком ремонту потрібно відключити електродвигуни та закріпити на пусковій апаратурі табличку з написом “Не вмикати, ремонт” або “Не вмикати, працюють люди”. Переконаються у справності заземлювальних пристроїв і стані ізоляції електроприводів. У разі виникнення несправностей викликають електрика.

										Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата						

АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ

Всі паси, ланцюги, шківни, зірочки, вали та інші рухомі елементи механізмів повинні бути обладнані захисними огороженнями. Ці огороження повинні бути надійними, зручними в користуванні та встановленими таким чином, щоб забезпечити зручність і безпеку прибирання приміщення. Нижній край огороження має розташовуватися за 100 мм від підлоги.

Ремонт і змащування рухомих або обертових частин під час їх роботи суворо заборонені.

Після завершення роботи сушильної машини необхідно:

- вимкнути пускові пристрої;
- провести контрольний огляд машини;
- виконати всі потрібні операції щодо щозмінного обслуговування обладнання.

4.4 Заходи безпеки при експлуатації причепа-сушарки

Для запобігання травматизму та зменшення впливу негативних факторів на працівників, які обслуговують сушильну машину, слід виконувати такі вимоги:

1. Усі шківни, зірочки, ланцюгові та пасові передачі, а також вали повинні бути оснащені захисними кожухами.
2. До виконання робіт з технічного обслуговування та експлуатації машини допускаються лише ті особи, які пройшли спеціальну підготовку.
3. Перед запуском машини працівник повинен впевнитися у відсутності несправностей робочих елементів і приводів.
4. Забороняється перебування сторонніх осіб поблизу працюючої сушильної машини.
5. Заборонено проводити очищення, ремонт або регулювання вузлів машини під час її роботи. Всі регульовальні та технічні операції здійснюються виключно при вимкнених двигунах.
6. Забороняється доторкатися до робочих органів машини під час роботи двигунів.

					AI.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

7. Категорично заборонено експлуатувати машину з несправним приводом або сигналізацією.

8. Не допускається виконання робіт біля сушильної машини, якщо виявлено послаблене кріплення вузлів або деталей.

9. Для забезпечення електробезпеки та уникнення ураження електричним струмом обов'язково має бути надійне заземлення, а пускові пристрої повинні перебувати у повністю справному стані.

4.5 Заходи протипожежної безпеки та охорона навколишнього середовища

Пожежі завдають значних збитків народному господарству, тому необхідно суворо дотримуватись заходів запобігання її виникненню. У разі її появи важливо оперативно вжити всі необхідні заходи для ліквідації. З метою забезпечення безпеки розробляються вимоги технічного захисту.

Для сушильної машини передбачено такі протипожежні заходи:

1. Категорично забороняється:

- курити поблизу сушильної машини;
- виконувати ремонтні роботи або будь-які інші дії із застосуванням відкритого вогню.

2. Біля сушильної машини обов'язково має знаходитися вогнегасник.

3. Забороняється залишати на вогнегаснику одяг чи інші предмети.

4. Щоб уникнути коротких замикань, щоденно перевіряйте електропроводку.

5. При заміні мастила, мащенні чи перевірці його рівня заборонено використовувати відкритий вогонь чи курити.

6. Сушильну машину потрібно своєчасно очищати від залишків продукту.

7. Працівники, які обслуговують сушильну машину або беруть участь у її технічному обслуговуванні, повинні пройти інструктаж з пожежної безпеки.

У процесі експлуатації сушильної машини необхідно дотримуватись робочих режимів, які виключають виникнення іскор чи полум'я, а також контакт на-

					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

грітих деталей устаткування з горючими матеріалами.

Конструкція сушильної машини розроблена таким чином, щоб забезпечувати мінімальний рівень викидів шкідливих речовин та відходів у повітря.

Періодично проводиться утилізація використаних мастильних матеріалів, промивання та очищення вузлів машини з дотриманням заходів, що запобігають потраплянню шкідливих речовин у навколишнє середовище — ґрунт і водойми.

Використані мастильні матеріали збирають у спеціально відведених місцях.

Розроблені вимоги з охорони праці та захисту довкілля сприяють зменшенню впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників, які обслуговують сушильну машину.

					AI.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі бакалавра приведена документація на розробку причепа-сушарки сільськогосподарських сипких матеріалів, зокрема зерновий, для транспортування врожаю в процесі збиральних робіт. На основі вихідних даних, в проекті розроблені вимоги до машини, що проектується, сформовані вимоги технічного завдання, проведено обґрунтування параметрів причепа, побудовані схеми. Розроблена конструкція перемішування матеріалу в причепі.
2. Проведений аналіз літературних джерел показав, що транспортування зерна з одночасним його сушіння призводить до значної інтенсифікації процесу післязбиральної обробки. Суттєво знижуютьс втрати зерна та його якості.
3. Розроблені конструкції складальних одиниць і деталей механізму перемішування зерна в причепі.
4. Розглянуто аспекти організації робіт із використанням причепа-сушарки, а також питання охорони праці.
5. Продуктивність створеної машини становить 1,5 т/год, а встановлена потужність дорівнює 3 кВт.
6. Запропоновано рекомендації щодо застосування цієї сушарки у поєднанні з комплексами для збирання та зберігання продукції.

					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					АІ.ПЗС.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		