

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження процесу вивантаження зерна із накопичувача і розробка шнекового механізму»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм - 21
спеціальності 208 Агроінженерія
за освітньо-професійною
програмою «Агроінженерія»

Островик Р.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Панасюк С.Г.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023

**ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Освітній ступінь	<i>магістр</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри аграрної інженерії
ім. проф. Г.А.Хайліса

доцент, к.т.н. _____ В.В. Сацюк
«10» січня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Островику Роману Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу вивантаження зерна із накопичувача і розробка шнекового механізму

керівник роботи Хомич Сергій Миколайович, доцент, к.т.н.

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

затверджена наказом ЛНТУ від «10» січня 2023 р. № 11/01-02

2. Термін здачі студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу магістра.
3. Реферат.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.
9. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

	к-сть листів
1. Вихідні дані	1 лист
2. Теоретичні положення	1 лист
3. Апаратура та обладнання для експериментальних досліджень	1 лист
4. Результати експериментальних досліджень	1 лист
5. Принципова схема досліджуваної машини	1 лист
6. Складальне креслення розроблюваного вузла	1 лист
7. Заходи безпеки при роботі МТА	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 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	15.06. – 01.07.2023 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	22.08 – 31.08.2023 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2023 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2023 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2023 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2023 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2023 р.	
10	Нормоконтроль	до 09.12.2023 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	09.12.– 19.12.2023 р.	

Студент

_____ (підпис)

Островик Р.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Хомич С.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПП

_____ (підпис)

Сацюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра присвячена дослідженню завантаження зернової сівалки посівним матеріалом.

У роботі представлені дослідження і теоретичні розрахунки шнекового робочого органу і експериментальні дослідження для визначення конструктивних та технологічних параметрів завантажувача зернових сівалок.

Пояснювальна записка містить відомості про призначення та принцип роботи машин-аналогів. На основі відмінностей та удосконалень яких, запропоновано оновлену конструкцію завантажувача і представлено її опис. Представлені відомості про технологічний процес роботи машини та властивості технологічного матеріалу, що обробляється. Наведена функціональна схема машини та обґрунтований технологічний процес її роботи.

У роботі представлені методики досліджень коефіцієнту тертя посівних сортів жита «Бразетто», пшениці «Таврида» та овсу «Ірен». Виконані дослідження щодо енергії проростання посівного матеріалу після проходження його у шнековому робочому органі. Проведені обґрунтування з дослідження кута нахилу робочого шнекового органу при завантажуванні сівалок.

Проведені експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування експерименту та подані висновки.

Зерно сівалка, шнек, енергія проростання, пошкодження, кут нахилу, транспортування, тертя, переміщення.

ABSTRACT

The master's qualification work is devoted to the study of loading a seed drill with seed material.

The paper presents research and theoretical calculations of the auger working body and experimental studies to determine the structural and technological parameters of the grain planter loader.

The explanatory note contains information about the purpose and principle of operation of analog machines. Based on the differences and improvements of which, an updated design of the loader is proposed and its description is presented. Information about the technological process of the machine and the properties of the processed material is presented.

The functional scheme of the machine and the justified technological process of its operation are presented.

The work presents methods of researching the coefficient of friction of seed varieties of rye "Brazetto", wheat "Tavrida" and oats "Irene". Studies have been carried out on the germination energy of the seed material after passing it through the auger working body. The justifications for the study of the angle of inclination of the working auger body when loading the planters were carried out.

Experimental studies were conducted using the mathematical method of experiment planning and conclusions were presented.

Seeder grain, auger, germination energy, damage, angle of inclination, transportation, friction, movement.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	
ЗМІСТ.....	
ВСТУП.....	
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ	
1.1 Характеристики оброблюваного матеріалу та технологічного процесу.....	
1.2 Аналіз існуючих конструкцій машин та робочих органів, що вдосконалюються.....	
1.3 Огляд теоретичних досліджень.....	
1.4 Висновки до розділу 1 і задачі досліджень.....	
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА	
2.1 Описи запропонованої конструкції бункера завантажувального.....	
2.1.1 Обґрунтування і побудова функціональної схеми.....	
2.1.2 Опис кінематичної схеми.....	
2.1.3 Розробка принципової схеми.....	
2.2 Обґрунтування умови переміщення зернового матеріалу гвинтовим робочим органом (шнеком).....	
2.3 Вибір кута нахилу вісі гвинта у шнековому робочому органі.....	
2.4. Дослідження процесу унеможливлення пошкодження.....	
2.5 Висновки до розділу 2.....	
3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКИ І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
3.1 Зміст програми експериментальних.....	
3.2 Обладнання, апаратура та прилади для проведення досліджен.....	
3.3 Методика визначення коефіцієнтів тертя окремих видів зернових.....	

3.4	Методика визначення коефіцієнта площі поверхні частинок у шарі матеріалу.....
3.5.	Методика досліджень режимних параметрів картоплекопалки
3.6.	Методика визначення пошкодження насінневого матеріалу внаслідок контакту із робочими поверхнями сушарки
3.7.	Висновки до розділу 3.....
4	РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИНИ.....
4.1	Заходи з організації робіт з метою реалізації у процесі експлуатації.....
4.1.1.	Технічне обслуговування
4.1.2	Розробка правил технічного обслуговування машин.....
4.2	Висновки до розділу 4.....
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....
	ДОДАТКИ.....

ВСТУП

На сьогоднішній день дедалі все більшої актуальності, як на території України так і за її межами, набуває збільшення посівних площ зернових культур. Тому, для правильного і продуктивного обробітку цих площ необхідно застосовувати більшу кількість техніки чи працювати у декілька змін, або використовувати орендовану техніку, а також залучити людський ресурс по максимуму, що дасть змогу вкластись в заплановані терміни, тобто закінчити польові роботи відповідно до агрономічного сезону.

Досить часто на всі ці процеси мають неабиякий вплив природні погодні умови, попри втручання яких не завжди все виходить вчасно, а отже для того аби зменшити час на операцію та інтенсифікацію процесу слід створити умови необхідні для зернозбирального процесу.

Звичайна практика збору зернових посівів в нашій країні полягає в наступному, що машина яка наповнила свій бункер зерном, вмикає світловий індикатор на даху і паралельно зупиняє свою роботу, а тоді перевантажує накопичене зерно до іншої машини.

Однією із клопітких операцій є розвантаження зерно накопичувальних машин, тоді як здавалось би саме вивантаження зерна триває не більше 15 хв. Оскільки сучасні тенденції розвитку цих машин і сільськогосподарської техніки загалом спрямовані на збільшення продуктивності за рахунок збільшення потужності двигуна чи нарощування ємкості бункера, то не менш важливу роль у всьому цьому процесі належить вивантажувальному механізму. Тому що під час розвантаження може відбуватись втрата (розсипання)зерна або дроблення самих зернових культур яке в подальшому буде впливати на гатунок продукції.

Основним засобом для вивантаження зернових культур із бункера накопичувача слугує шнековий механізм. Головною перевагою якого слугує швидке та безперервне перевантаження чи розвантаження матеріалу на незначну відстань, а також висоту яку потрібно. В основному це є пристрій

безперервної дії із об'єднаним вантажонесучим органом, що представлено у вигляді шнека.

З точки зору конструктивних ознак шнековий механізм здійснює обертально-поступальний рух робочих елементів із матеріалом, який знаходиться в бункері накопичувачі. Для того аби жити шнековий механізм використовується механічна енергія, а задля ефективності роботи кузов у виді бункера, в якому можна накопичувати зернові культури і їх перевозити до місць призначення, при цьому одночасно знижувати затрати на доставку та перевантажувальні роботи.

Шнекові механізми сприяють покращенню продуктивності праці, встановлюють і регулюють темп господарювання, а також забезпечують його ритмічність тобто свого роду являють собою невід'ємну частину сучасного технологічного процесу. Поряд з тим вони виконують як транспортно-технологічні функції так і основні функції комплексної механізації та автоматизації розвантажувально-навантажувальних робіт.

Шнекові механізми бувають: горизонтальні чи слабопохилі кут нахилу яких становить від 0° до 18° ; похилі від 18° до 45° ; крутопохилі понад 45° ; вертикальні, а також із постійним чи змінним кроком.

Траса шнекового механізму може бути як постійної так і змінної довжини, а також прямолінійною чи криволінійною.

Отже для сільського господарства є актуальним використання таких машин, які є надійними та міцними в експлуатації і до того ж спроможні працювати за будь-яких умов.

Тому темою роботи є дослідження процесу шнекового транспортування зерна з удосконаленням вивантажувального механізму

Актуальність теми. Для перевезення насінневого зерна з складу до поля та швидкого і безперебійного вивантаження його у сівалки можна застосовувати різного роду засоби з різними робочими органами. Якість процесу завантаження сівалок буде залежати від правильності вибору робочого органу завантажувача, тобто мінімальні механічні втрати (розсипання) та

пошкодження насінневого матеріалу, та від кваліфікації і здібності механізатора.

У роботі пропонується використовувати напівпричіпний бункер завантажувач зерна в сівалки удосконаленням шнекового вивантажувального механізму.

Основною перевагою даної машини є об'ємне перевезення зерна до 6 тон, швидке, точне, виконання технологічного процесу і унеможливлення розсипання.

Наукове та практичне значення роботи. Проведенні теоретичні дослідження взаємодії зерна х гвинтовими поверхнями шнека. Спроековано і виготовлено експериментальний зразок шнекового робочого органу. Проведено експериментальні дослідження робочого процесу удосконаленого завантажувача насінневого матеріалу. Розроблено методику і обладнання для проведення експериментів з матеріалом, що транспортується. Проведені дослідження взаємодії гвинта шнека з кількома злаковими культурами та встановлені оптимальні параметри кута його нахилу ϕ кроку. Обладнання, яке використовувалось при проведенні експерименту застосовується у навчальному процесі ЛНТУ

Матеріали проведених дослідження опубліковані у збірнику наукових праць, I студентської науково - технічної конференції “Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні”. Луцьк: ФАТЕ, ЛНТУ. – 2023р.

Об'єкт дослідження – процес переміщення зерна по гвинтовій лінії робочого органу, дослідження процесу пошкодження зерна при взаємодії з гвинтовим робочим органом.

Предмет дослідження – встановлення взаємозв'язку між ефективністю роботи бункера завантажувача та параметрами шнекового транспортування зерна і дослідження вивантажувального механізму.

Мета роботи і завдання дослідження. Мета роботи – підвищення ефективності роботи машини для перевезення і вивантаження зерна, шляхом удосконалення робочого органу.

Для досягнення мети вирішували наступні завдання:

- провести аналіз технологічних процесів шнекового транспортування зерна та запропонувати теоретичні передумови для модернізації робочого механізму;
- обґрунтувати конструктивну схему та технологічний процес роботи вивантажувача ;
- теоретично обґрунтувати параметри та режими роботи вивантажувача;
- дослідити параметри шнекового транспортера для вивантаження зерна з бункера і одночасного завантаження сівалки, як ефективного робочого органу;
- дослідити механічні властивості м'яких сортів пшениці та твердих;
- провести експериментальні дослідження підбору ефективних параметрів шнекового механізму.

Новизна роботи полягає в тому, що:

- розроблено теоретичне обґрунтування процесу шнекового транспортування зерна, шляхом взаємодії поверхні гвинта з матеріалом ;
- набули подальшого розвитку дослідження властивостей зерна;
- удосконалено та запропоновано оновлений технологічний процес шнекового вивантаження зерна з бункера та одночасного завантаження в сівалку.

Структура кваліфікаційної роботи. Робота містить реферт, вступу, чотири розділи, висновки, список використаних джерел додатків.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Характеристика оброблювального матеріалу та технологічного процесу.

Оскільки у світовому рослинництві, найбільші посівні площі займають зернові культури, то це може свідчити лише про їх виключно важливе як продовольче так і кормове чи сировинне значення у народному господарстві. Тому й не дивно, що вагому частину сільськогосподарських угідь відпускають саме під посів зернових культур. Чим вища врожайність, тим більше кормових, технічних і продовольчих потреб здатні покрити державу.

Для вирощування зернових культур не потрібно створювати тепличних умов як для овочів чи фруктів, і в свою чергу це спрощує процес управління полем, а також заощаджує матеріальні, трудові та тимчасові ресурси. Також не слід і забувати про те, що зерно однієї і тієї ж культури може використовуватися для різних потреб.

Зерно являє собою плоди зернових, зернобобових, а також олійних культур, що використовуються для харчових, кормових, насінневих та технічних цілей.

Найважливіше значення мають злакові культури, які в свою чергу можна розділити на справжні (ячмінь, пшениця, овес, жито) та несправжні або просоподібні (кукурудза, рис, просо).

За термінами вирощування зернові поділяються на: озимі та ярові. Озимі висівають осінню, а ярові – навесні.

Озима пшениця – зернова культура, що виокремлюється врожайністю та поживною цінністю. До того ж вона добре переносить сезонні зниження температур, що відрізняє її від ярової пшениці. Озиму пшеницю розпочинають сіяти в останні дні літа чи на початку осені і, як правило в листопаді вже з'являються перші паростки вегетація яких розпочинається із зими і триває до перших тижнів весни. Тому і відповідно врожай збирається набагато раніше,

якщо порівнювати із яровою культурою. Незважаючи на те що озима пшениця є однорічною рослиною, найчастіше саме її висаджують фермери.

Рід пшениці нараховує приблизно 20 культурних і дикорослих видів, між собою вони відрізняються за зовнішнім виглядом, будовою та формою колоса.

Пшеницю також поділяють на такі види: тверда, м'яка, полба (двозернянка), щільноколоса, польська, персидська тощо. В Україні та за її межами найбільш поширеною є м'яка (звичайна) пшениця, вона має зерна червоного та білого кольорів, і за формою вона овально-кругла, борідка є чітко окресленою, консистенція борошніста. М'яку пшениці в залежності від якості отриманого з неї борошна, клейковини, вмісту білка а також хлібопекарними властивостями розподіляють на три групи: слабку, середню та сильну. Якісний хліб вищого гатунку отримують тільки із сильної пшениці.

Найбільш поширені в Україні такі м'які сорти пшениці як «Харківська 10», «Луганська 4», «Фоворитка», «Антонівка», «Миронівська ярова» тощо. Ці сорти вирізняються з поміж інших господарськими та біологічними показниками (врожайність, непримхливість до морозів чи посухи, висока швидкість дозрівання, стійкістю до вилягання, перезрівання чи грибкових хвороб.

У твердої пшениці зерно подовжене, колір переважно білий, борідка зерна виражена слабо, консистенція – склоподібна, також вона вирізняється високою жаростійкістю, стійкістю до посух та до вилягання. Тверда пшениця за якісними показниками зерна вважається дуже корисною культурою, до того ж вона менше вражається будь якими небезпечними захворюваннями. Найбільш поширеними твердими сортами пшениці є «Ріно», «Гавань», «Перлина одеська», «Таврида» тощо.

Нормальне, доброякісне зерно будь-якої культури повинно відповідати характерним для нього якісним показникам: смак, запах, природне забарвлення, блиск тощо, які в свою чергу мають вплив на клас, категорію, стан тощо зернових культур.

Зерно може також мати певне забарвлення наприклад рожеве, білувате, потемніле, зеленкувате чи взагалі знебарвлене. Недозріле зерно – зерно, що не дійшло до повної зрілості, воно зазвичай із зеленкуватим відтінком і до того ж легко деформується при натисканні.

Знебарвлене зерно – це зерно що втратило свій природний блиск і колір під дією негативних чинників чи неправильних умов збирання, зберігання або несприятливих умов розвитку. Для зерна що ушкоджене заморозками в період визрівання характерний білий колір або потемніння. Рожево забарвлене зерно(рожева пігментація в зоні зародку) вважається зазвичай, що є наповненим, блискучим і придатним для використання його за призначенням.

Зерно може мати також різні сторонні запахи, наприклад сажковий запах зерна (схожий до запаху оселедця) з'являється коли зерно є забрудненим мішечками сажки чи спорами. Солодкуватий запах зерна з'являється коли зерно починає проростати. Затхлий запах зерна з'являється коли йде розпад тканин зерна під впливом мікроорганізмів.

В зернові можуть також зустрічатись домішки, які бувають тваринного, рослинного і мінерального походження, вони значним чином знижують цінність партії зерна, тому переважну більшість їх намагаються видалити при очищенні. Для кожного класу зерна встановлені певні норми вмісту зернової та смітної домішок. До зернової домішки відносяться зерна основної культури, але вони змінені в гіршу сторону властивостями тобто є деформованими, битими, роздавленими і також зерна інших культур, які за своєю цінністю близькі до зерна основної культури. Смітною домішкою є домішка мінеральна наприклад галька, земля пісок, органічна (наприклад солома), насіння всіляких бур'янів та культурних рослин, що не відносяться до зернової домішки.

Отже для того аби максимально підтримувати якість зерна, доцільно використовувати техніку, яка завдавала б найменшої шкоди зерновим культурам (адже це впливає на якість та гатунок культури) при збиранні, транспортуванні чи перевантаженні зерна.

Тому проектувана машина для транспортування зерна із удосконаленим вивантажувальним механізмом призначена для швидкого, якісного, безперервного вивантаження чи перевантаження зернових культур і є пристроєм безперервної дії. Машина може вивантажувати будь які види сипучих матеріалів зі зниженим рівнем вологості наприклад зернові культури, міндобрива чи сипкі корми в гранулах. Конструкція машини передбачає захисну решітку параметри отворів якої мають вигляд квадрату 6х6мм, тому грудки матеріалу не мають перевищувати дані параметри.

При механізованому вивантаженні діаметр сипких матеріалів не має перевищувати розмір більше 3 см.

Для того щоб попередньо підготувати машину необхідно встановити на потрібну позицію ВВП тобто ввімкнути на потрібні оберти.

Тому тракторист повинен з кабіни візуально контролювати процес роботи машини, і коли потоку маси не має це означає що вивантажувач не працює. Після вивантаження матеріалу та переміщення машини до іншого місця цикл потрібно повторити.

1.2 Аналіз існуючих конструкцій машин та робочих органів, що вдосконалюються

Сучасні машин даного ряду, що мають місце застосуванню на сьогоднішній день притаманно ряд недоліків, які пов'язані із системою розвантаження зерна, до яких можна віднести такі: ушкодження зерна, складна конструкція вивантажувальних пристроїв, що включають порівняно велику кількість складових частин, які швидко зношуються, недостатню стабільність процесу розвантаження зерна із бункера, яка в основному зв'язана з високою вологістю та засміченістю зерна, а також різними фізико-механічними властивостями чи немалі затрати робочого часу на вивантаження зерна та ін..

До того ж порівняно великі затрати робочого часу на розвантаження зерна особливо гостро відчувається коли йдеться про роботу сучасних

високопродуктивних машин із бункерами підвищеної місткості. Все це має негативний вплив на функціональні й експлуатаційні показники роботи.

Для того аби збільшити продуктивність розвантажувальних засобів шнекового типу, зазвичай збільшують їх геометричні параметри, але це призводить ще до більшого ускладнення конструкцій, проте не зменшує ушкодження зерна, а також кількості робочих органів, які швидко зношуються.

Також на сьогоднішній день має місце удосконалення машин за рахунок обладнання їх бункерами за новим принципом розвантаження зерна , наприклад, самоспливом, але продуктивність вивантаження не можна збільшити за рахунок природного спливу зерна яке міститься в бункері, а якщо розвивати конструкцію і додавати якісь нові елементи, то вона може вийти дуже ускладненою та неприйнятною для того аби її використовували.

На ринку техніки для розвантаження зерна різноманітні підприємства найчастіше використовують шнекові транспортери, адже вони є дуже зручними у користуванні, попри досить просту конструкцію вони вважаються досить ефективними в своїй роботі.

За конструкцією шнекові транспортери є усі досить схожими між собою, і основними складовими частинами шнекового транспортера вважається труба-корпус, сам шнек у вигляді гвинта завдяки якому і проходить переміщення зерна, проміжні і кінцеві опори, привод. Корпус може бути у вигляді відкритого жолоба чи циліндричним у вигляді труби., і уже в ньому при допомозі опорних пристроїв розташовано шнек.

Основним робочим органом шнекового транспортера являється шнек, що представлений у вигляді стрижня із цілісною гвинтовою поверхнею впродовж повздожньої осі. Зазвичай, шнек є цілісним елементом, що виготовлено із конструкційної сталі. Шнек зроблено так, що самостійно він не може забирати зерно із буртів, а тому потребує додаткових механізмів. Тому навіть попри незначні розміри, шнекові вивантажувачі в переважній більшості є стаціонарними, та їх застосовують автономно.

Досить часто шнек з прийнятною камерою об'єднуються із бункером накопичувачем, в який навантажують зерно, а далі згодом звідти воно подається на шнек. При контакті з металічними поверхнями шнекових конвеєрів, травмування зернових культур може становити близько 2 %.

Для того аби попередити випадкове забруднення підшипників опор матеріалом, що транспортується, використовують спеціальні ущільнення. За потреби підвищеного захисту, підшипникові механізми ставляться із використанням втулок, що забезпечують надійний захист попадання дрібного матеріалу.

Продуктивність шнекового транспортера безпосередньо залежить від швидкості обертання самого шнека, котру досить легко можна підібрати, застосувавши оптимальний редуктор із потрібним передаточним числом. До того ж потужність двигуна має відповідати габаритам шнека, різновиду продукції котра буде вивантажуватись, а також швидкості її переміщення. Попри те, що гвинт рухається навколо своєї осі, культури які транспортуються із заданою швидкістю точно по прямій.

Тому набувають актуальності такі транспортери та використовуються для транспортування зерна , а також інших мелених сипучих сумішей чи в деревообробній галузі. Зручність їх використання полягає в наступному: навантажувач легко переміщається в інші точки задля максимально швидкого здійснення процесу відвантаження.

Завдяки своїй мобільності а також легкості в експлуатації транспортери такого типу є незмінними помічниками фермерських господарств.

Гвинтові (шнекові) перевантажувачі, як транспортні механізми використовуються у аграрній сфері виробництва, харчовій а також переробній галузях промисловості, специфіка котрих обумовлена наявністю широкого спектру технологічних процесів з переробки і збирання продукції рослинництва. Вдосконалення конструкцій шнекових транспортних механізмів, що існують на сьогоднішній час, а також обґрунтування їх раціональних

параметрів та режимів роботи може істотно підвищити продуктивність роботи і надійність по виконанню технологічних операцій.

Гвинтові транспортери, що зроблено на базі шнекових конвеєрів, є складовим елементом комплексної механізації, а також автоматизації виробничих процесів і їх питома вага в операціях розвантаження чи завантаження становить в середньому близько 45%.

Оскільки сучасний технічний розвиток не стоїть на місці, то існують вагомі передумови для подальшого проведення наукових розробок, що будуть спрямовані на дослідження, розробку і впровадження до виробництва енергоощадних, високотехнологічних комбінованих гвинтових транспортерів, що забезпечують продуктивне виконання суміжних функціональних опцій таких як транспортування так і одночасного подрібнення сировини із продуктів сільськогосподарського виробництва у процесі їхньої переробки.

Тому, постає проблема щодо вибору оптимальних параметрів транспортерів, що зможуть забезпечити найвищу продуктивність при найменшій потужності.

Досить часто під час виконання експериментальних досліджень застосовується комплексне обладнання, яке може складатися із вимірювальної апаратури та стендів. Таке обладнання дозволяє в широкому діапазоні досліджувати показники, а також використана апаратура дає змогу фіксувати необхідні дані, що характеризують роботу пристрою.

Датчики, використовуються для дослідження процесів, які відбуваються в машинах сільськогосподарського призначення, мають аналогові вихідні сигнали, які не можливо обробити безпосередньо в комп'ютері. Попередньо вихідні сигнали датчиків слід представити у цифровому вигляді.

Взаємозв'язок комп'ютера із системою забезпечується програмою, за допомогою якої можливо отримувати інформацію на моніторі і в подальшому роздрукувати на принтері чи то у вигляді графіків або гістограм чи то у цифровому табличному вигляді. Таким чином можна збільшити

інформативність вимірювальної системи шляхом переробки одержаних відомостей на ПК при допомозі спеціально розроблених програм.

Також ряд наукових досліджень присвячено тому, щоб мінімізувати повне чи часткове пошкодження сировини, за рахунок зміни зазорів між поверхнею труби і периферією шнека, використання різноманітних профілів зовнішніх кромek гвинтових поверхонь у залежності від реологічних і геометричних параметрів матеріалу. А також пропонується розробка нових конструкцій шнеків із еластичною гвинтовою поверхнею змінного типу, де сипучий матеріал під час процесу транспортування, плавно переходить від однієї пелюстки до іншої. При тому забезпечується збереження умовної гвинтової лінії, що утворюється еластичними пелюстками, так як сипкий матеріал не попадає в радіальному напрямку між пелюстками, що можуть їх розклинювати і тим самим порушувати периферійну поверхню гвинтової лінії еластичного робочого органу шнека, що може негативно впливати на процес транспортування.

Серед машин які виконують процеси завантаження сівалок можна зустріти ряд різних конструктивних схем та аналогів. Кожна машина має свої певні переваги та недоліки. Якщо в однієї висока продуктивність то в іншій розробники звертають увагу на якість роботи, якщо досягти високої якості то потрібно використати багатот рухомих вузлів та надмірну кількість деталей, якщо знизити металомісткість то зменшиться ресурс роботи та надійність і так далі. Тому кожен конструктор старається якомога ефективніше сконструювати машину та забезпечити якісний робочий процес.

Наведемо кілька прикладів машин аналогів.

Так наприклад завод «Кобзаренка» забезпечує ринок технікою бункерів накопичувачів та в більшості вони призначені для забору зерна з поля та високо вивантажувальних робіт у вагони та сушарки, на пошкодження зерна тут мало звертають увагу через те що воно потім іде на обробку сепарацію і сушіння.

Машини мають подібну будову та робочі органи, відрізняються тонажністю та висотою вивантаження (рис. 1.1).



а

б

Рисунок 1.1 – Бункери перевантажувачі заводу «Кобзаренка»: а) – ПБН 20 (11,25т, 20м³); б) – ПБН 40 (30т, 40м³).

Існують простіші конструкції, завантажувачів зерна. Технічне рішення запропоноване таким чином. Вивантажувальне шнекове обладнання чіпляється на задній борт автомобіля чи напівпричеп, містить, отвір у борті чи приймальний бункер і приводиться а дію від гідромотора.

При підніманні кузова зерно насипається в бункер та відбувається його транспортування у сівалки. Недоліком такої машини є те, що точність попадання зерна в сівалку залежить від умінь водія. Якщо це машина то простіше, якщо напівпричеп чи причеп то складність зростає, або потребує додаткового оператора. (рис. 1.2).





Рисунок 1.2 – Бортове обладнання для завантаження сівалок.

При роботі вантажного автомобіля можливість заправляти сівалку в полі стає проблематичною, через здатність забуксувати. Тому потрібно планувати майданчик для завантаження та підїжджати кожного разу МТА з сівалкою до заправки, що ускладнює процес, підвищує втрати часу і ущільнюєш польові колії.

Існують також самохідні або причіпні стрічкові завантажувачі сівалок. Вони використовуються переважно у малих господарствах на малих площах посіву. Зарекомендували себе досить продуктивними та такими, які потребують підвищеної уваги. Транспортування здійснюється за допомогою гідромотоа, швидкість подачі та висота регулюється кутом нахилу (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Стрічкові завантажувачі сівалок

1.3 Огляд теоретичних досліджень

Машина з шнековим робочим органом використовуються в багатьох галузях народного господарства. Велика кількість вчених присвятили свої роботи як вивченню робочого процесу, який здійснюється шнеком, так і конструкціям машин, у яких робочий орган має гвинтову поверхню.

Дослідженням переміщення матеріалів у шнеках займалися Григор'єв А.М., Куцин Л.М., Груздев И.Е., Омельченко А.А., Вайнсон А.А., Гевко Б.М., Рогатинський Р.М., Хайліс Г.А., Іванов В.Г., Красников В.В., Обернихин В.И., Єрмоленко В.О., Бодак В.І. та інші

Основним параметром шнекових засобів вважаються продуктивність, яку дослідники представляють по-різному. Така багатогранність формул пов'язана з різним підходом до визначення вихідних параметрів і, зокрема, з врахуванням матеріалу, який переміщається в шнеку.

Загальний вигляд формули, яка визначає продуктивність шнека наступна [15]:

$$Q = F \cdot V \cdot j \quad (1.1)$$

де Q – продуктивність шнека, кг/с;

F – середня площа поперечного перерізу потоком матеріалу в жолобі, м²;

V – осьова швидкість руху матеріалу, м/с;

j – об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³.

Найбільший інтерес серед трьох показників викликає осьова швидкість руху матеріалу в шнеку. Вона також має різне визначення. Так Григор'єв А. М. [16] рекомендує її визначати згідно формули:

$$V = \frac{\omega \cdot r \cdot \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (1.2)$$

де ω - кутова швидкість гвинта, с⁻¹;

r - радіус обертання частинки, м;

α - кут нахилу лопаті до площини перпендикулярної осі гвинта, град.;

β - кут між векторами абсолютної та переносної швидкостей, град.

В свою чергу А.А. Вайнсон [12] рекомендує іншу залежність:

$$V = \frac{S \cdot n}{60} = \frac{\xi \cdot D \cdot n}{60} \quad (1.3)$$

де S - крок гвинта, м:

$$S = \pi \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha = \psi \cdot D \quad (1.4)$$

де $\psi = 0,8 \dots 1,0$, що відповідає куту підйому гвинтової лінії $\alpha = 14^\circ \dots 18^\circ$ (величина кута α залежить від виду матеріалу, що транспортується);

ξ - коефіцієнт, який враховує кут підйому α ,

$$\xi = \pi \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

D - діаметр гвинта, м.

Б.М. Гевко та Р.М. Рогатинський [15] вважають, що у випадках коли момент сили тяжіння вантажу і момент прикладений до нього зі сторони гвинта, не зрівноважуються і рух вантажу проходить по гвинтовій траєкторії, рекомендують визначити швидкість осьового переміщення за формулою:

$$V = T \cdot (\omega - \omega_{\text{ax}}) / 2\pi$$

де ω_{ax} - кутова швидкість переміщення потоку вантажу.

Відповідно середня площа поперечного потоку матеріалу в жолобі F визначається також різними рівняннями. Так Омельченком А.А. [16] запропонована наступна залежність:

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot \varepsilon \cdot (D^2 - d^2) \quad (1.5)$$

де ε - коефіцієнт наповнення жолоба;

d - діаметр вала гвинта, м.

Існує також така залежність [12]:

$$F = 0,785 \cdot \varepsilon \cdot D^2 \quad (1.6)$$

Таким чином, в результаті отримані різні залежності для визначення продуктивності.

Окремим випадком формули (1.1) є рівняння запропоноване І.В. Морінім [16]:

$$Q = 47,1(D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot g \cdot \left[1 - \frac{2f \cdot S}{\pi(D - d)} \right] \quad (1.7)$$

де f - коефіцієнт тертя.

В залежності А.А Стишковського [17] враховується більше факторів:

$$Q = 47,1[(D + \lambda)^2 - d^2] \cdot S \cdot n \cdot \varphi_1 \cdot j \cdot C' \quad (1.8)$$

де λ - радіальний зазор між зовнішнім краєм гвинта і кожухом;

φ_1 - коефіцієнт заповнення;

C' - коефіцієнт зниження подачі.

Але у такій формулі відсутній параметр f . Крім цього ряд авторів вводять різні коефіцієнти. Наприклад, В.Г. Іванов [12] пропонує ввести коефіцієнт відставання матеріалу:

$$K_v = \frac{\omega_i}{\omega} \quad (1.9)$$

де ω_M - кутова швидкість матеріалу, c^{-1} ;

ω - кутова швидкість гвинта, c^{-1} .

В результаті чого залежність (1.8) матиме вигляд:

$$Q = 47,1 \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot K_v \cdot \varphi_1 \cdot j \cdot C' \quad (1.10)$$

Омельченком А.А. та іншими авторами [12, 18] вказується, що продуктивність зростає при збільшенні n до певної межі. При досягненні певної величини значення і її подальше збільшення веде до зменшення величини Q . В тих же працях відмічалось, що такий же зростання і у параметра S . При певному значенні S і його збільшенні створюються умови для ковзання матеріалу в протилежному напрямі. При цьому оптимальний крок гвинта розраховується із співвідношення S/D .

Важливим параметром є потужність на валу гвинтового конвеєра [21]:

$$N = \frac{Q \cdot j \cdot (H + \omega_N \cdot L)}{270} \quad (1.13)$$

де j - об'ємна маса рідини, $кг/м^3$;

H - висота підйому, м;

L - довжина гвинта, м;

ω_N - коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що транспортується, рівний 0,47...0,53.

При визначенні моменту необхідного для обертання шнека використовують відому залежність:

$$M = 973,6 \cdot \frac{N}{n} \quad (1.14)$$

Сумарна осьова сила, що діє на витки біля приводу робочого органу є максимальна. Тому її автори [15] рекомендують визначати за формулою:

$$P_z = \frac{2M_z}{k' \cdot D_{\tilde{n}} \cdot \text{tg}(\alpha_p + \alpha_\mu)} \quad (1.15)$$

де k' - дослідний коефіцієнт, що враховує збільшення моменту від тертя спіралі до жолоба $k' = 1 \dots 1,5$ (для гнучких шнеків);

α_p - кут тертя; $\alpha_\mu = \text{arctg} \mu$;

$D_{\tilde{n}}$ - діаметр центру тяжіння перерізу спіралі;

α - кут підйому витка.

1.4 Висновки до розділу 1 і задачі досліджень

У першому розділі пояснюючої записки представлений аналіз конструкцій машин аналогів, на основі яких запропонована удосконалена схема машини для завантаження сівалок.

Для подальших досліджень необхідно виконати наступні задачі

– обґрунтувати конструктивну схему та технологічний процес роботи вивантажувача ;

– теоретично обґрунтувати параметри та режими роботи вивантажувача;

– дослідити параметри шнекового транспортера для вивантаження зерна з бункера і одночасного завантаження сівалки, як ефективного робочого органу;

– дослідити механічні властивості м'яких сортів пшениці та твердих;

– провести експериментальні дослідження підбору ефективних параметрів шнекового механізму.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА

2.1 Описи запропонованої конструкції бункера завантажувального

2.1.1 Обґрунтування і побудова функціональної схеми

Для побудови функціональної схеми необхідно щоб була розроблена – структурна. Для того, щоб встановити взаємний зв'язок між складовими частинами машини, та процесом роботи потрібно зробити аналіз відомих та існуючих конструкцій машин аналогів та на основі висновку запропонувати щось нове чи удосконалити старе.

Оскільки машина призначена для завантаження сівалок то структурну її схему, в якій сукупна дія робочих органів з матеріалом забезпечує необхідну правильність і якість виконаних робіт у сільськогосподарському виробництві треба зробити за наступною послідовністю. Це означає що можна об'єднати кілька процесів, що виконуються робочими складовими частинами, в один; підвищити концентрацію якості роботи, а вона в свою чергу, як правило, спрощення конструкції; знизити матеріаломісткість машини; забезпечити підвищення надійності технологічного процесу. Відповідно завданням є сконструювати причіпну машину із механічною системою приводу та гідросистемою піднімання і опускання вивантажувального механізму.

Враховавши вищенаведені передумови може бути створено кілька варіантів функціональної схеми, якісний і логічний аналіз яких забезпечить вибір раціональнішої. Необхідно також при цьому враховується, що взаємне розташування робочих вузлів та органів повинно забезпечувати стабільність та надійність робочих процесів, що виконуються. До таких характерних процесів відносять раціональне завантаження, збереження необхідної якості оброблюваного матеріалу. Щоб виконати всі операції нами запропоновано структурну схему за допомогою якої поєднуються всі інші операції, і створюють комплекс робіт, а ті в свою чергу з'єднані послідовно і

передаються один до одного забезпечуючи виконання технологічного процесу. Тому на основі отриманих результатів виготовимо документ – функціональну схему з графічно нанесеними даними і позначеннями, що пояснюють процес переміщення матеріалу від його розміщення в бункері, до переміщення – завантаження у сівалку.

Функціональна схема показує взаємодію основних робочих органів в окремих технологічних ланцюг робочого процесу.

Отже структурної схеми матиме вигляд (рис.23.1).

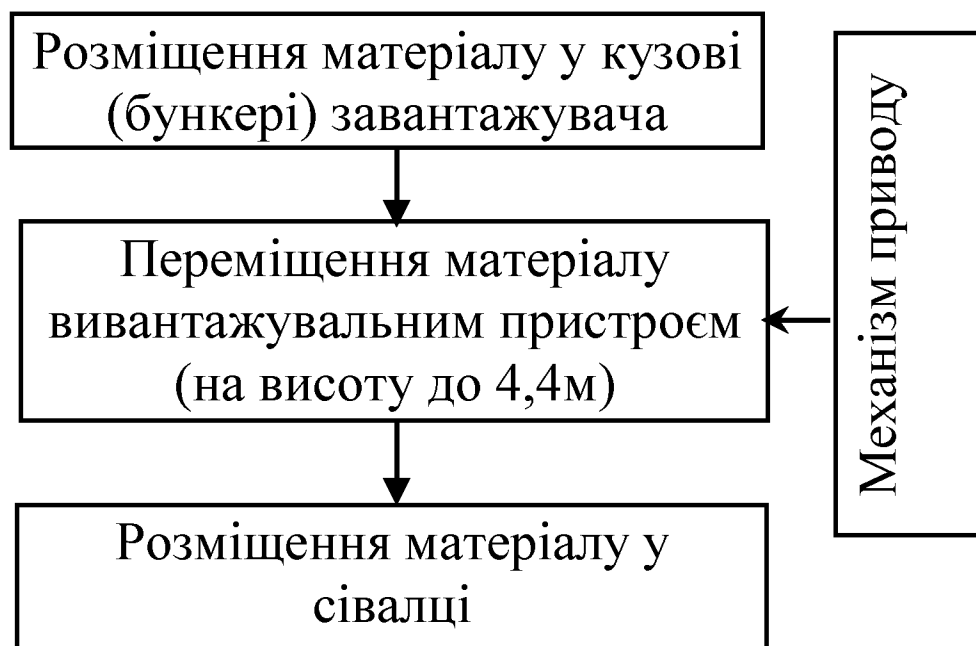


Рисунок 2.1 – Структурна схема завантажувала зернових сівалок

На даній семі показано рух та розміщення матеріалу від початку його перебування до кінця у вигляді стрілок.

2.1.2 Опис кінематичної схеми

Обґрунтування кінематичної схеми містить вирішення задач з вибору типів механізмів, приводу, регулювання та керування, передатних чиселщ чи співвідношень та визначення кінематичних характеристик елементів і лнок, що забезпечують виконання вимог технічного завдання. За результатами їх рішення необхідно отримати дані для побудови такої зв'язаної послідовності кінематичних ланок, яка при передачі руху від джерела енергії забезпечує необхідний рух всіх основних та допоміжних органів за мінімального числа передатних механізмів, джерел енергії, найбільш простому контурі і раціональних зв'язках.

Завантажувач зерна у сівалки є досить складною конструкцією. Всі робочі механізми перевантажувача мають привід від ВВП трактора, з яким агрегатується машина. Розглянемо детально кінематичну схему робочих механізмів машини для завантажування зернових сівалок.

Крутний момент від валу відбоу потужності до завантажувача, а саме до привідного конічного редуктора подається за допомогою карданного вала через контрпривод та фрикційну муфту 100-45-У3 ГОСТ 1622-96. Частота обертання валу відбору потужності - 540 об/хв. Далі від редуктора з передатним числом рівним $U=1,0$ крутний момент передається на нижній шнековий вал вивантажувального механізму, та за допомогою зчпного пристрою шнеків до верхнього шеку. (рис. 2.2).

Оскільки машина обладнана і іншими механізмами то для відміної роботи завантажувача приводні функції виконуються за допомогою гідросистеми Так ворот верхнього шнекового вивантажувача здійснюється за допомогою гідроциліндра ГСТ 90 кінець якого закріплений жорстко, а інший принаний до зовнішньої труби верхнього шека. За допомогою гідроциліндру відбувається поворот верхнього шнекового транспортера у робоче і транспортує положення.

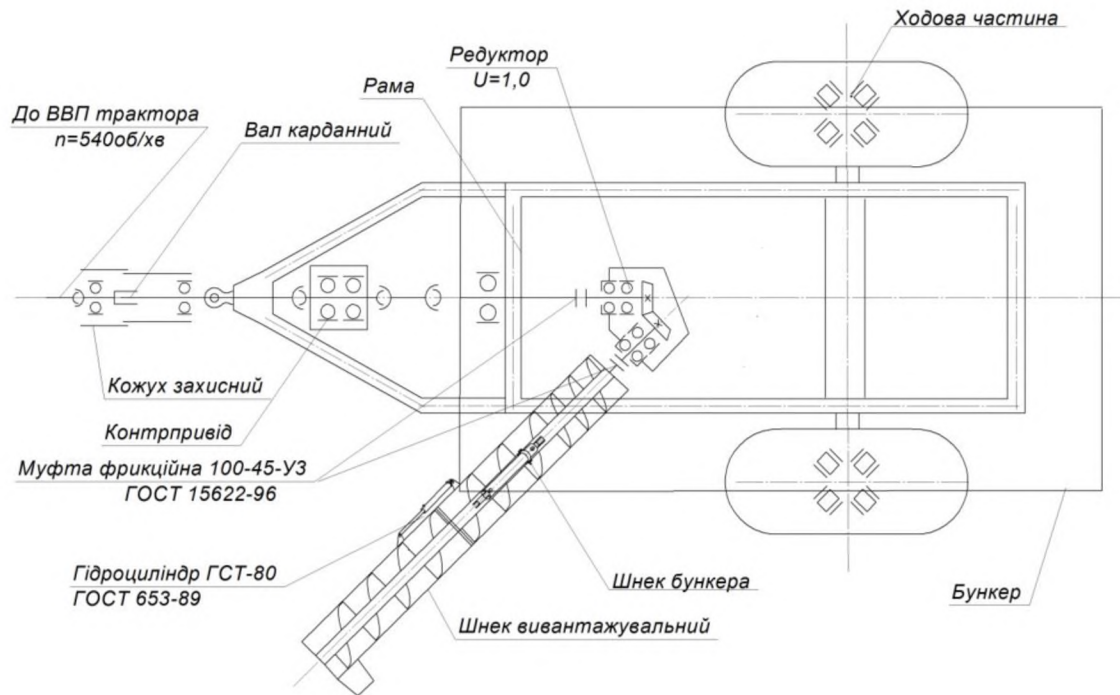


Рисунок 2.2 – Кінематична схема завантажувача зерна у сівалки

Також участь у роботі бере і інший аналогічний гідроциліндр, що піднімає та опускає вивантажувальний механізм вгору та вниз відповідно висоти завантаження. Даний гідроциліндр має здатність піднімати і опускати вивантажувальний механізм на кут $65...70^{\circ}$, чим зменшує та збільшує вивантажувальну відстань, за допомогою якої унеможлиблюється розсипання зерна.

Виходячи з завдання кінематичну схему машини завантажувача будемо лише для приводу розроблюваного вузла.

2.1.3 Розробка принципової схеми

Принципова схема необхідна для вивчення принципу роботи машини, налашки і контролю ремонту та технічного обслуговування і є основними для розробки конструкторських документів.

Принципова схема, або, як її називають на практиці, компоувальна, визначає повний склад елементів машини і зв'язків між ними і як правило дає

детальне уявлення про у будову і принцип роботи машини виробу установки, обладнання, тощо.

На тринциповій схемі показано усі необхідні вигляди з виносоми таї нумерацією вузлів і окремих деталей Пинципова схема виконана на (рис 2.3). Завантажувача зерна являє причіпну машиу змонтовану на власній рамі із опорними колесами одної осі.

Небхідно мати на увазі, що початковий варант схеми може коригуватись при розробі робочої конструкторської документаїї – креслень складальних одиниць та деталей. В свою чергу побдова принципової схеми може вносили зміни у функціоальну, кінематичну та інші схми.

Принципову схеу виконують з такою кількстю проєкцій та видів, яка порібна для визнчення всіх необхідних розмірів виробу і забезечення раціонльного взаємного розтаування всіх елеметів конструкції. Для розроблюваної мшини необхідна кїькість проєкцій та видів склдається з трьох одиниць

2.2 Обгрунтування умови переміщення зернового матеріалу гвинтовим робочим органом (шнеком)

В пристроях з гвинтовими робочими органамию, які можна використовувати для переміщення зернового матеріалу, утворюється зусилля, яке за рахунок обертання переміщує частинки зерна вгору під кутом. При цьому руйнування структури зернини не відбувається, а для створення такого процесу достатньо гвинт з однаковим крокм по всій довжині. На процес впливають також переметри і властивості зерна, його вологість, гранулометричний склад, вага тощо.

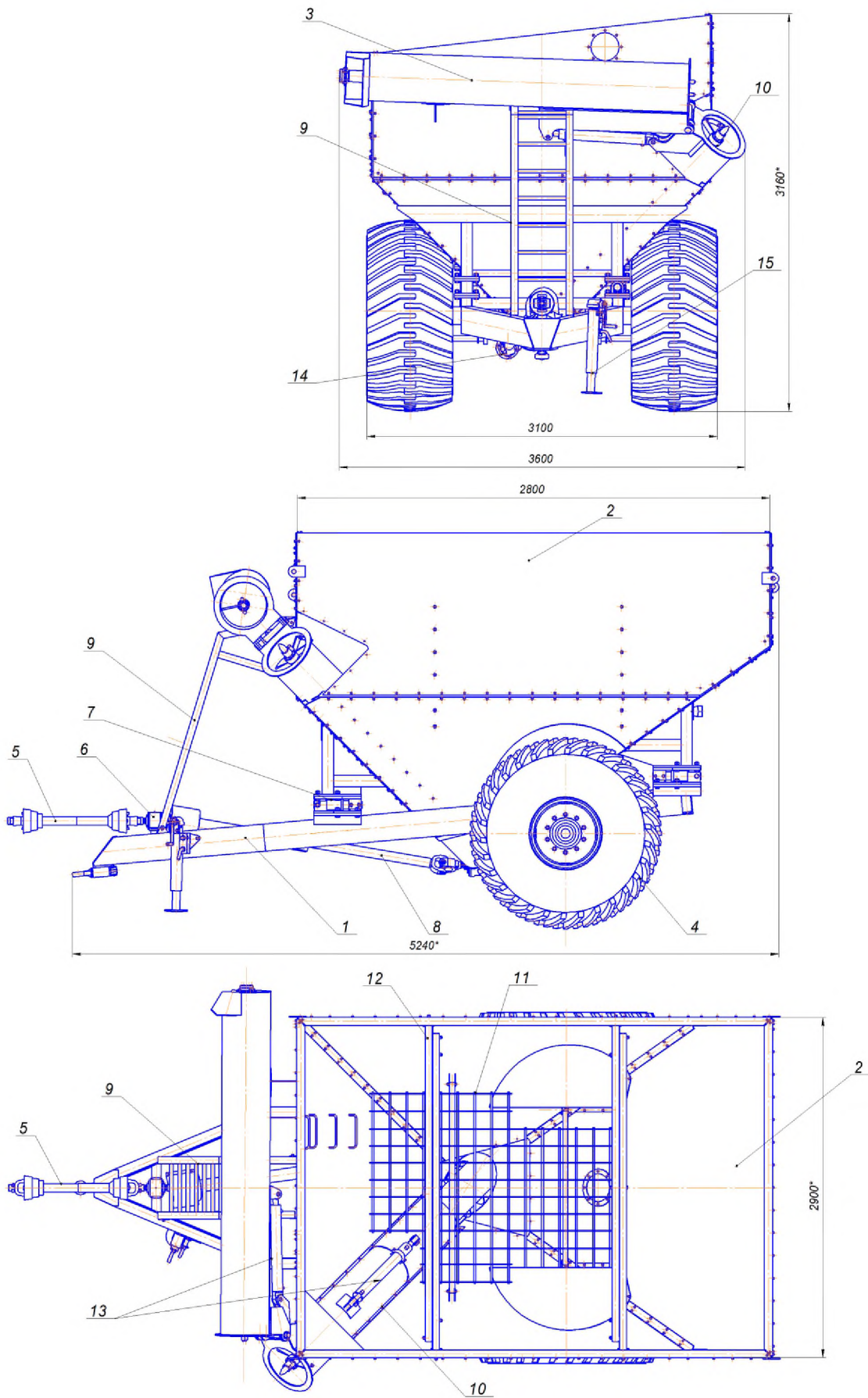


Рисунок 2.3 – Принципова схема завантажувача свілок

Для проектування шнекового механізму для завантаження сівалок процес виглядає дещо простіший, тому що посівне зерно каліброване та має стабільну вагу, а якщо машина буде працювати з іншим видом злакових культур то параметри шнека будуть інші.

Робочий орган міститься в трубі, з двох частин обмежений опорами, до яких кріпиться тіло обертання. У зоні де відбуватиметься забор розміщено завантажувальну горловину. На виході труби на тій же вісі з опорою передбачено отвір, більший за зовнішній діаметр гвинта.

Аналіз навантажень, які діють на гвинт вказує, що за умови, коли продуктивність такого пристрою є стабільною то максимальне зусилля переміщення також буде сталим. Відповідно значення продуктивності шнека можна визначити за відомою формулою [82]:

$$Q = 47 \cdot D^2 \cdot S \cdot \psi \cdot n \cdot V \cdot k, \quad (2.1)$$

де D - зовнішній діаметр шнека, м;

S - крок, м;

ψ - коефіцієнт заповнення жолоба;

n – частото обертання шнека, об/хв;

V - об'ємна маса матеріалу, т/м³;

k – емпіричний коефіцієнт, який залежить від кута нахилу шнека до горизонталі і має наступні значення: $0^\circ - 1$; $10^\circ - 0,8$; $20^\circ - 0,65$; $30^\circ - 0,6$; $40^\circ - 0,5$; $50^\circ - 0,48$; $60^\circ - 0,44$.

Розподіл зусилля за довжиною гвинта, з певним допущенням, можна отримати за законом зміни рівномірного зростання від нуля до робочого максимального, який визначається експериментально.

Проводити розрахунок зміни зусилля за довжиною гвинового робочого органу можна, використавши схему (рис. 2.1.)

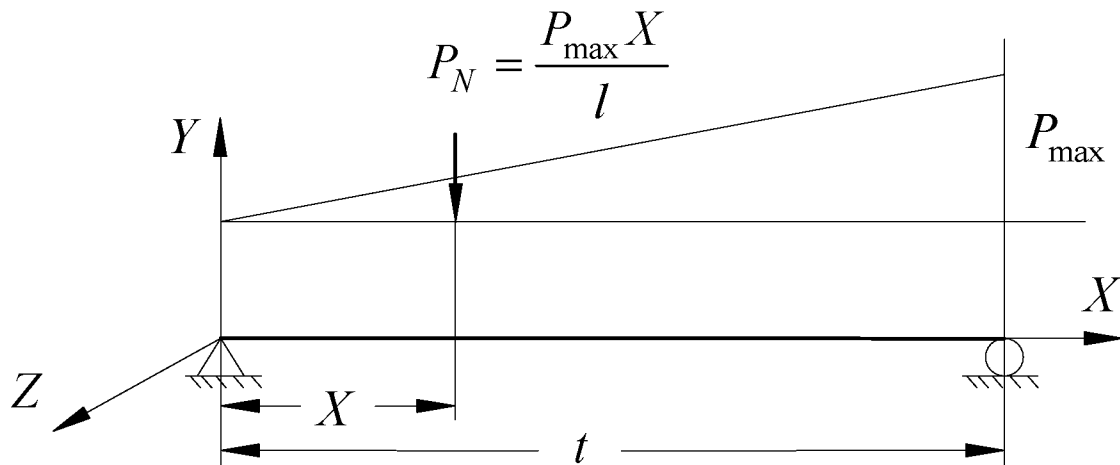


Рис. 2.1. Схема зміни нестабільності зусилля по довжині шнека

На даній схемі показано зміну нормального зусилля за довжиною гвинта при умові, що він змінюється за лінійним законом по довжиною гвинта.

Розглянемо розподіл нормального зусилля шнека P_N , який діє на відрізок dF гвинта, утвореного радіусом dr і кутом $d\alpha$ (рис. 2.2). Так як осьове навантаження P_O є позитивним для переміщення зернового матеріалу і утворення умовами непошкодження, то його значення залежатиме від кута нахилу гвинота α . Але оскільки кут α впливатиме і на значення коллового зусилля і навантаження P_K . То у випадку значного відхилення від значень залежності (2.4) у зоні контакту гвинтової поверхні із зерном виникатимуть дотичні напруження відповідно до значення навантаження P_Z .

Умова розподілу нормальних і дотичних напружен матиме вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_r}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} = 0 \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} = 0 \end{array} \right. , \quad (2.2)$$

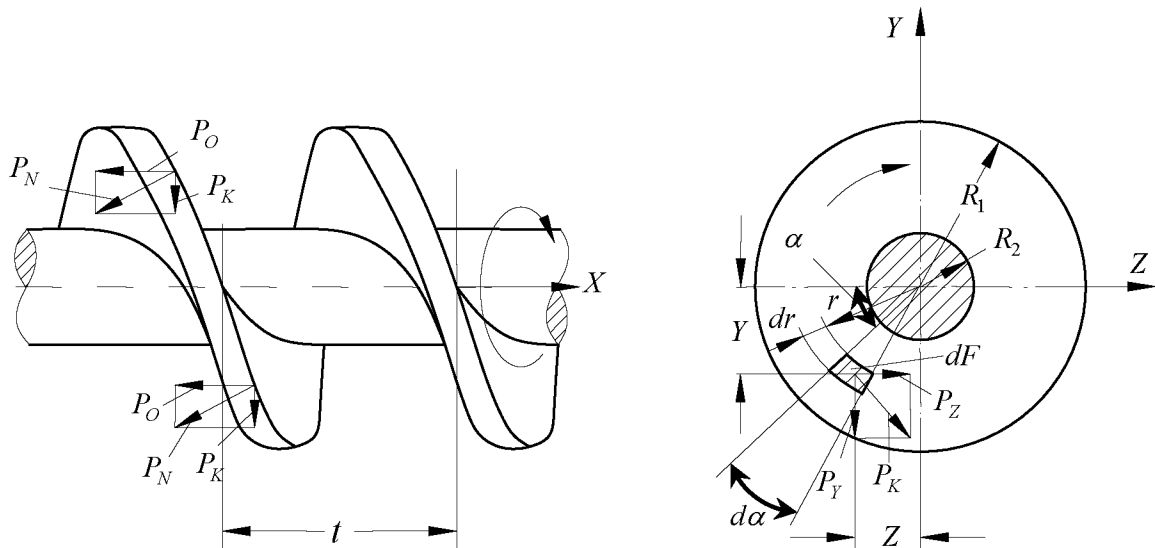


Рисунок 2.2. – Розподіл нормальної навантаги на поверхні гвинта

Зв'язок значень радіальних напружень σ_r і напружень внапрямку дії зусилля P_z визначається з врахуванням коефіцієнта Пуассона ν .

$$\sigma_r = \frac{\nu}{1-\nu} \cdot \sigma_z, \quad (2.3)$$

У випадку, якщо даний коефіцієнт $\nu \approx 0$, зсувними напруженнями на поверхні гвинта можна буде знехтувати, і тому гвинт працюватиме по типології поршня, створюючи умови подачі та переміщенні матеріалу в осьовому напрямі.

Зусилля P_N , яке діє перпендикулярно до поверхні гвинта, можна розкласти на складові, які будуть визначати осьовий зусилля та колове, вони відповідно визначаються з залежності:

$$\begin{cases} P_o = P_N \cos \beta \\ P_k = P_N \sin \beta \end{cases}, \quad (2.4)$$

де P_o – осьове зусилля, направлений по осі гвинта, Н/м²;

P_k – колове зусилля, направлене проти обертання шнека, Н/м²;

β - кут нахилу гвинта, град.

Умова переміщення зерна шнеком і будуть виконуватись за отримання рівноваги значено обох зусиль $P_o = P_k$.

2.2 Вибір кута нахилу вісі гвинта у шнековому робочому органі

Для забезпечення безперебійності технологічного процесу завантаження сівалок необхідно визначитись з таким важливим параметром робочого органу, як кут нахилу осі гвинта до горизонталі α . Даний параметр має зв'язок із кутом нахилу вісі обертання робочого органу відносно вертикалі γ . Він впливає на цілий ряд параметрів: продуктивність, осьову швидкість переміщення зерна, яка в свою чергу буде впливати на якість транспортування. Важливими слід вважати і геометричні параметри: це і довжина транспортування та довжина робочої зони де відбувається сипання матеріалу.

Так як завантажувач має дві робочі гілки: транспортуючу і гілку забору матеріалу з бункера, то слід розглядати два положення розташування гвинта відносно горизонталі: перший це – кут нахилу транспортуючої гілки $\delta = 90^\circ - \gamma$, другий це – кут гілки забору зерна $\delta = 90^\circ - \gamma$ та $\gamma = 90^\circ$ - горизонтальне положення.

Згідно запропонованої залежності у джерелі [24], що раціональний кут підйому для похилого гвинтового робочого органу становитиме:

$$ctg 2\alpha = f_1 + \frac{2g}{rf_2\omega_0^2} \quad (2.5)$$

для транспортуючої гілки цей кут можна визначати з залежності:

$$\alpha = \frac{1}{2} arctg \frac{\omega_0^2 rf_2}{g \cos \gamma} - \frac{\varphi}{2}, \quad (2.6)$$

де γ – кут розміщення вісі шнека до вертикалі, град;

φ – кут, на який відхиляється частинка шнека при обертанні робочого органу з постійною кутовою швидкістю, град;

f_2 – коефіцієнт тертя матеріалу;

r – радіус гвинта.

Для зони забору матеріалу, розміщеної у бункері, при $\gamma = 70^\circ$, із формули (2.6) випливає:

$$\alpha_a = 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \quad (2.7)$$

Оскільки при $\omega_0 \rightarrow \infty$ гвинтові робочі органи знаходяться у положенні під деяким кутом до горизонталі, то для всіх типів шнекових робочих органів оптимальний кут нахилу можна визначати за наведеною формулою.

2.3. Дослідження процесу унеможливлення пошкодження

В процесі завантаження тобто переміщення зерна поверхнею гвинта шнека операція здійснюється за умови коефіцієнту заповнення $K_\zeta = 1$.

В процесі стискання зерна, не відбувається безперервна взаємодія однієї і тієї ж поверхні зернинки, так як в середовищі, переміщення кожної зернинки залежатиме від її положення і співударів з сусідніми, а також стінкою циліндра і гвинта. Тому має місце непостійність в елементарному об'ємі зерна. В міжвитковому каналі зернинки мають велику кількість зіткнень, та поступово скупчуються.

Тоді загальне рівняння потоку через одиницю поверхні у середовищі з пропускною здатністю k , де концентрація зерна залежить від об'ємної маси

та крупності (гранулометричного складу) можна отримати з залежності запропонованій у джерелі [24]:

$$Q = -kdp/dx \quad (2.8)$$

В свою чергу потік через одиницю поверхні

$$I = -k_1 d\varphi/dx = -k_1 \varphi', \quad (2.9)$$

де k_1 - коефіцієнт зміни концентрації (визначається експериментально);

φ' - елементарний потік зерна.

Зрозуміло, що інтенсивність руху буде різною і залежатиме від щільності зерна. Тому його переміщення в центрі каналу шнека будуть дещо мінімальними і достатньо великими біля його країв.

Розглянемо елементарний об'єм зерна у гнеку товщиною dx і площею 1см^2 . Результируючий потік на поверхню такого відрізка рівний різниці потоків на виході $I_{вих}$ і вході $I_{вх}$.

Значення потоків через обидві поверхні, виражені через просторові похідні від потоків, є відповідно $d_1\varphi'_{x+dx}$ і $d_1\varphi'_x$. Нехай градієнт в точці $x + dx$ представляється лінійною функцією:

$$\varphi'_{x+dx} = \varphi'_x \left(d\varphi'/dx \right) dx, \quad (2.10)$$

де $d\varphi'/dx$ - швидкість зміни градієнта з зміною координати.

Тоді кількість зерна, що транспортується з наведеного об'єму рівна:

$$I_{\zeta\grave{a}\grave{a}} = k_1(\varphi'_{x+dx} - \varphi'_x) = k_1 \left(d\varphi'/dx \right) dx = k_1 \left(\frac{d}{dx} \frac{d\varphi}{dx} \right) dx = k_1 \frac{d^2\varphi}{dx^2} dx \quad (2.11)$$

Швидкість його руху рівна $\sum \varphi$ (в одиниці об'єму) або $\sum \varphi dx$ (у відрізка шнека). Рівняння балансу запишеться в вигляді:

$$f(x)dx = -k_1 \frac{d^2\varphi}{dx^2} dx + \sum \varphi dx, \quad (2.12)$$

де $f(x)$ - кількість переміщеного зерна в кожен секунду в одиниці об'єму.

Скорочуючи на dx , отримуємо рівняння:

$$k_1 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} - \sum \varphi = -f(x) \quad (2.13)$$

або позначивши $\sum \varphi = a$, $f(x) = b$

$$k_1 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} - a = -b \quad (2.14)$$

Для розв'язку рівняння (2.13) можна використати метод факторизації. Суть методу полягає в розкладі диференціального оператора Штурма-Ліувіля на більш прості оператори першого порядку. Такий розклад приводить до системи рівнянь першого порядку, еквівалентної рівнянню (2.13). Рівняння (2.13) характеризує зерно що транспортується для однорідної плоскої області $G(-1 \leq x \leq 1)$ і має вигляд:

$$k_1 d^2 \varphi / dx^2 - a = -b \quad (2.15)$$

Якщо функції d , a і b симетричні відносно точки $x = 0$ і на вихідній поверхні потік рівний нулю, то обмеження будуть наступними:

$$\begin{aligned} d\varphi/dx &= 0 & \text{при} & \quad x = 0 \\ \varphi &= 0 & \text{при} & \quad x = 1 \end{aligned} \quad (2.16)$$

Необхідно знайти розв'язок задачі (2.13) - (2.16) в області $0 \leq x \leq 1$.

Розглянемо оператор

$$\bar{L} = k_1 \frac{d^2}{dx^2} - a \quad (2.17)$$

Розкладемо його на два оператори першого порядку:

$$\bar{L} = k_1 \left(\frac{d}{dx} + \beta \right) \left(\frac{d}{dx} - \alpha \right), \quad (2.18)$$

де α і β - функції від x , які визначаються з умови:

$$k_1 \left(\frac{d}{dx} + \beta \right) \left(\frac{d}{dx} - \alpha \right) \equiv k_1 \frac{d^2}{dx^2} - a \quad (2.19)$$

Врахувавши диференціальний оператор:

$$\left(k_1 \frac{d^2}{dx^2} - \alpha \right) \varphi = -b \quad (2.20)$$

та врахувавши рівність (2.19), із застосуванням факторизованого оператора:

$$k_1 \left(\frac{d}{dx} + \beta \right) \left(\frac{d}{dx} - \alpha \right) \varphi = -b \quad (2.21)$$

Прирівняємо ліві частини рівностей (2.20) і (2.21), маємо:

$$k_1 \left(\frac{d}{dx} + \beta \right) \left(\frac{d}{dx} - \alpha \right) \varphi = \left(k_1 \frac{d^2}{dx^2} - \alpha \right) \varphi \quad (2.22)$$

Розкриваючи дужки і виконуючи диференціювання, отримуємо:

$$k_1 \frac{d}{dx} \left(\frac{d}{dx} - \alpha \right) \varphi + k_1 \beta \left(\frac{d}{dx} - \alpha \right) \varphi = k_1 \frac{d^2}{dx^2} \varphi - a,$$

або
$$\frac{d}{dx} \left(\frac{d}{dx} - \alpha \right) \varphi + \beta \left(\frac{d}{dx} - \alpha \right) \varphi = \frac{d^2 \varphi}{dx^2} - \frac{a}{k_1},$$

звідки
$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} - \frac{d}{dx} (\alpha \varphi) + \beta \frac{d\varphi}{dx} - \beta \alpha \varphi = \frac{d^2 \varphi}{dx^2} - \frac{a}{k_1}$$

і
$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} - \frac{d\alpha}{dx} \varphi - \alpha \frac{d\varphi}{dx} + \beta \frac{d\varphi}{dx} - \beta \alpha \varphi = \frac{d^2 \varphi}{dx^2} - \frac{a}{k_1}.$$

Групуючи члени в лівій частині рівності, маємо:

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + (\beta - \alpha) \frac{d\varphi}{dx} - \left(\frac{d\alpha}{dx} + \beta \alpha \right) \varphi = \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + 0 \frac{d\varphi}{dx} - \frac{a}{k_1}.$$

Прирівнюючи відповідні члени в обох частинах останньої рівності, отримаємо систему умов:

$$\beta - \alpha = 0; \quad (2.23)$$

$$d\alpha/dx - \beta\alpha = a/k_1. \quad (2.24)$$

З рівності (2.23) маємо:

$$\alpha = \beta, \quad (2.25)$$

а з рівності (2.24), враховуючи співвідношення (2.25),

$$d\beta/dx + \beta^2 = a/k_1. \quad (2.26)$$

Отже, для виконання умови (2.9), тобто для факторизації оператора, достатньо вимагати дотримання умов (2.25) і (2.26).

Введемо нову функцію z з допомогою співвідношення:

$$d\varphi/dx - \beta\varphi = -z \quad (2.27)$$

Поділимо рівняння (2.13) на k_1 :

$$d^2\varphi/dx^2 - a/k_1 = k_1 \quad (2.28)$$

Продиференціювавши функцію (2.27), маємо:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} - \frac{d\beta}{dx}\varphi - \beta\frac{d\varphi}{dx} = -\frac{dz}{dx},$$

звідки
$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} - \frac{d\beta}{dx}\varphi + \beta\frac{d\varphi}{dx} - \frac{dz}{dx} = 0.$$

Підставляючи отриманий вираз в рівняння (2.28), отримаємо:

$$\frac{d\beta}{dx}\varphi + \beta\frac{d\varphi}{dx} - \frac{dz}{dx} - \frac{a}{k_1} = -\frac{b}{k_1},$$

або
$$\left(\frac{d\beta}{dx} - \frac{b}{k_1}\right)\varphi + \beta\frac{d\varphi}{dx} - \frac{dz}{dx} = -\frac{b}{k_1}.$$

Вираз в дужках згідно залежності (2.25) рівний $-\beta^2$, тому

$$-\beta^2\varphi + \beta d\varphi/dx - dz/dx = -b/k_1,$$

або
$$\beta(d\varphi/dx - \beta\varphi) - dz/dx = -b/k_1.$$

Враховуючи відношення (2.27), перепишемо останнє рівняння в вигляді:

$$-\beta z - dz/dx = -b/k_1,$$

або
$$dz/dx + \beta z = b/k_1 \quad (2.29)$$

Отже, рівняння (2.13) зводиться до еквівалентної системи диференціальних рівнянь першого порядку (2.26), (2.28) і (2.29):

$$d\beta/dx + \beta^2 = a/k_1; \quad dz/dx + \beta z = b/k_1; \quad d\varphi/dx - \beta\varphi = -z \quad (2.30)$$

Система (2.30) називається факторизованою. Умови задачі отримуємо з умов (2.16) і третьої рівності (2.30). Очевидно, що умови (2.13) будуть задовільнятись, якщо прийняти

$$\beta(0) = 0; \quad z(0) = 0; \quad \varphi(1) = 0 \quad (2.31)$$

Розглянемо перше рівняння:

$$d\beta/dx + \beta^2 = a/k_1 = A^2; \quad \beta(0) = 0; \quad \text{звідси } c = 1;$$

$$d\beta/(A^2 - \beta^2) = dx; \quad \frac{1}{2} A \ln \frac{A + \beta}{A - \beta} = x + c;$$

$$\ln \frac{A + \beta}{A - \beta} = 2Ax + c; \quad \frac{A + \beta}{A - \beta} = c \exp(2Ax).$$

$$\frac{A + \beta}{A - \beta} = \exp(2Ax); \quad A + \beta = A \exp(2Ax) - \beta \exp(2Ax);$$

$$A[1 - \exp(2Ax)] = -\beta[1 + \exp(2Ax)];$$

$$\beta = A[\exp(2Ax) - 1]/[\exp(2Ax) + 1]. \quad (2.32)$$

Розглянемо друге лінійне рівняння системи :

$$\frac{dz}{dx} + A \frac{\exp(2Ax) - 1}{\exp(2Ax) + 1} z = \frac{b}{k_1} = B^2.$$

Його інтегруючий множник можна представити в вигляді

$$\mu = \exp \left[A \int \frac{\exp(2Ax) - 1}{\exp(2Ax) + 1} dx \right].$$

Загальний розв'язок буде

$$z = \frac{1}{\mu(x)} \left[\int B^2 \mu(x) dx + c \right].$$

Перетворимо

$$\begin{aligned} \int A \frac{\exp(2Ax) - 1}{\exp(2Ax) + 1} dx &= \frac{1}{2} \int \left(\frac{\exp(2Ax) - 1}{[\exp(2Ax) + 1] \exp(2Ax)} d \exp(2Ax) \right) = \\ &= \frac{1}{2} \int \frac{t - 1}{t(t + 1)} dt = \frac{1}{2} \left[\int \frac{2dt}{t + 1} - \int \frac{dt}{t} \right] = \frac{1}{2} [2 \ln(t + 1) - \ln(t)] = \\ &= \ln(t + 1) - \ln(t) = \ln \frac{t + 1}{\sqrt{t}} = \ln \frac{\exp(2Ax) + 1}{\exp(Ax)}. \end{aligned}$$

Тоді
$$\mu(x) = \frac{\exp(2Ax) + 1}{\exp(Ax)}.$$

Загальний розв'язок запишеться в вигляді

$$z = \frac{\exp(Ax)}{\exp(2Ax)+1} \left[\int B^2 \frac{\exp(2Ax)+1}{\exp(Ax)} dx + c \right];$$

$$\int \frac{\exp(2Ax)+1}{\exp(Ax)} dx = \frac{1}{A} \int \frac{\exp(2Ax)+1}{\exp(2Ax)} d \exp(Ax) =$$

$$= \frac{1}{2} \int \frac{t-1}{t(t+1)} dt = \frac{1}{2} \left[\int \frac{2dt}{t+1} - \int \frac{dt}{t} \right] = \frac{1}{2} [2 \ln(t+1) - \ln(t)] =$$

$$= \frac{1}{A} \left(t - \frac{1}{t} \right) = \frac{1}{A} \frac{\exp(2Ax)-1}{\exp(Ax)}.$$

Кінцевий загальний розв'язок має вигляд:

$$z = \frac{\exp(Ax)}{\exp(2Ax)+1} \left[\frac{B^2}{A} \frac{\exp(2Ax)-1}{\exp(Ax)} + c \right].$$

З умови $z(0) = 0$ визначаємо $c = 0$. Функція z буде мати вигляд:

$$z = \frac{B^2}{A} \frac{\exp(2Ax)-1}{\exp(2Ax)+1}.$$

Можна відмітити, що

$$z = \beta B^2 / A^2. \quad (2.33)$$

З врахуванням (2.32) і (2.33) третє рівняння системи матиме вигляд:

$$d\varphi/dx - \beta(\varphi - B^2/A^2) = 0$$

і з вводом нової змінної u за формулою

$$u = \varphi - B^2/A^2 \quad (2.34)$$

перетворюється в наступне співвідношення:

$$du/dx - \beta u = 0.$$

Розв'язок останнього виразу має вигляд

$$u = c \exp \left[\int \beta(x) dx \right].$$

Розглянемо

$$\int \beta(x) dx = A \int \frac{\exp(2Ax)-1}{\exp(2Ax)+1} dx.$$

Цей інтеграл, як вказано вище, має вигляд:

$$\int \beta(x) dx = A \int \frac{\exp(2Ax) - 1}{\exp(2Ax) + 1} dx = \ln \frac{\exp(2Ax) + 1}{\exp(Ax)}.$$

Таким чином,

$$u = c \frac{\exp(2Ax) + 1}{\exp(Ax)}.$$

Враховуючи (2.34), отримаємо

$$\varphi = c \frac{\exp(2Ax) + 1}{\exp(Ax)} + \frac{B^2}{A^2}.$$

Використовуючи умову $\varphi(1) = 0$, знайдемо

$$c \frac{\exp(2A) + 1}{\exp(A)} + \frac{B^2}{A^2} = 0 \text{ і } c = -\frac{B^2}{A^2} \frac{\exp A}{\exp(A) + 1}.$$

В кінцевому результаті

$$\varphi = \frac{B^2}{A^2} \left(1 - \frac{\exp A}{\exp(2A) + 1} \frac{\exp(2Ax) + 1}{\exp(Ax)} \right),$$

або при початковому позначенні

$$\varphi = \frac{b}{a} \left(1 - \frac{\exp(\sqrt{a/d_1})}{\exp(2\sqrt{a/d_1}) + 1} \frac{\exp(2\sqrt{a/d_1}x) + 1}{\exp(\sqrt{a/d_1}x)} \right) \quad (2.35)$$

Дана формула дозволяє визначати величини потоку при створенні відповідних умов у гвинтовому робочому органі.

2.3 Висновки до розділу 2

З представлених теоретичних досліджень і конструктивно-технологічні обґрунтування можна зробити наступні висновки:

1. Синтез завантажувачів зерна у сівалки дозволив отримати удосконалену конструкцію причіпного завантажувача з одночасним накопиченням зерна та перевезення до місця посіву. За рахунок обґрунтування процесу роботи машини і її параметрів можна завантажувати

насінневе зерно та максимально виконувати вимогам до вихідного продукту.

2. Аналіз запропонованої технології завантаження сівалок і конструкції машини дозволив теоретично описати суть процесів, які там відбуваються і встановити конструктивні та режимні параметри удосконаленого завантажувача з шнековим робочим органом, а також обґрунтувати доцільність застосування саме такої машини.

3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКИ І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Зміст програми експериментальних досліджень

Для проведення нових наукових досліджень ніяк не обійтись без експерименту, який є однією з найважливіших складових дослідження. Його проводять для пошуку і отримання значення головного досліджуваного явища, показника чи шуканого параметра. При проведенні дослідження визначаються і параметри інших явищ тбто допоміжних, що впливають на досліджуваний процес без яких не відбудеться пошук головного. Експериментальні дослідження у яких досліджують вплив лише одного компонента є однофакторним експериментом, а якщо кілька то багато факторним. Результат досліджень може показати, що окремі з факторів зовсім не впливають на процес, або впливають повноцінно, або частково, або навіть негативно.

Кінцеве значення при пошуку досліджуваних в експерименті параметрів передбачає підбір максимально можливих якісних характеристик процесу, значення з них оптимальних та унеможливлення негативних.

У дослідженнях доцільно використовувати чим побільше факторів, тому що тоді враховуються їх максимальна взаємодія на процес. Також за рахунок максимальної кількості факторів дослідження є, більш розширеним а результати є правильніші. Доцільно проводити експерименти багатфакторні.

У програмі експериментальних досліджень входять:

- дослідження процесів зміни кута нахилу шнекового транспортера, який завантажує зерно;
- дослідження пошкодження зерно під час переміщення швинтом;
- дослідження енергії проростання зерна яке пройшло процес переміщення у шнековому завантажувачі;

Досліди виконувались 3...6 разів, з заокругленими середньоарифметичними значеннями.

3.2 Обладнання, апаратура та прилади для проведення досліджень

Щоб провести заплановані дослідження необхідно мати відповідне оснащення та вміти ним користуватись. Таж необхідно мати досліджуваний матеріал. Для цього ми підготувались зерном пшениці сорту «Таврида», житом сорту «Бразетто» та овсом сорту «Ірен».

Щоб забезпечити процес транспортування необхідно мати установку. Тому з обладнанням для транспортування ми обирали щнековий рукав з регульовальним кутом нахилу та кутом нахилу гвинта (рис. 3.1).

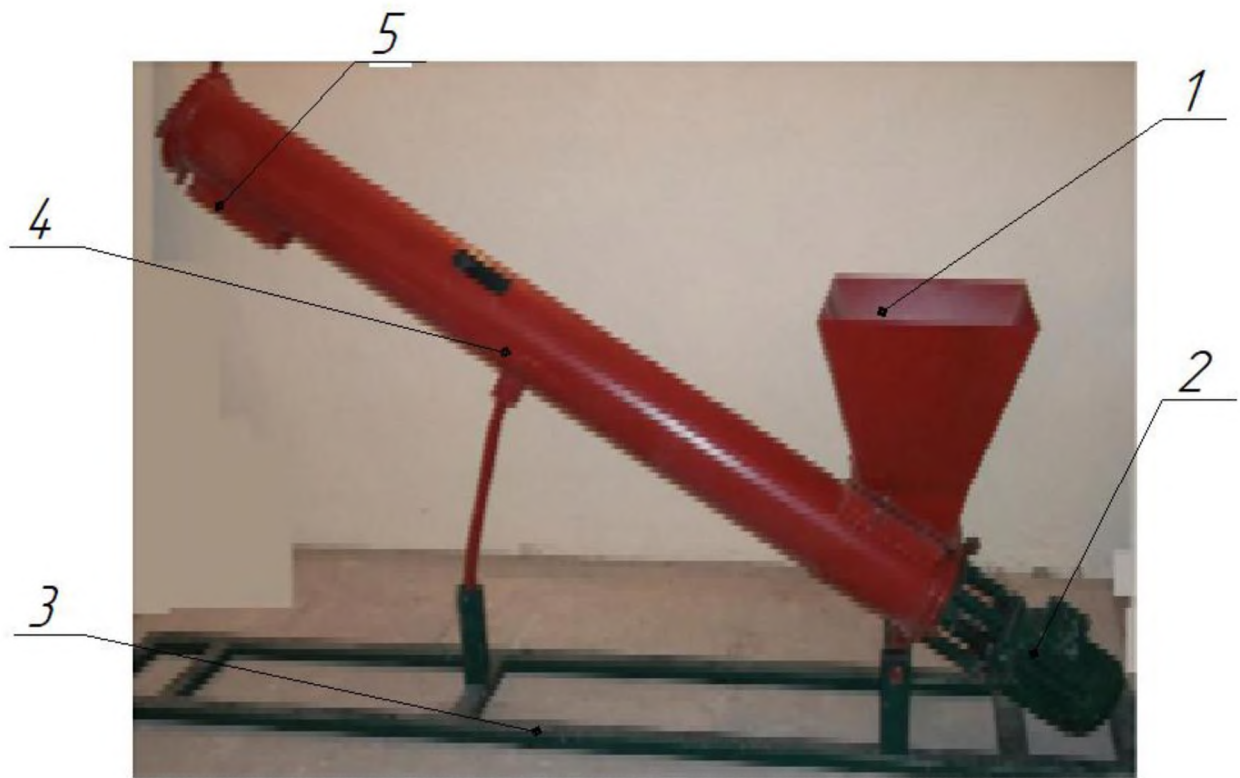


Рисунок 3.1 – Загальне фото дослідної установки

Дана лабораторна установка містить завантажувальний бункер, привід, вивантажувальний транспортер (шнек) раму, механізм регулювання кута нахилу та механізм вивантаження.

Обладнання, яке необхідне для досліджень коефіцієнту тертя зосереджене на використанні цієї установки.

Для дослідження енергії проростання зерна було використано стандартизоване лабораторне устаткування представлене на (рис 3.2)



Рисунок 3.2 – Фото для дослідження енергії проростання зерна

3.3 Методика визначення коефіцієнтів тертя окремих видів зернових

Досліди проводились на приладі. (рис. 3.1). Пред проведенням досліджень прилад встановлювався горизонтально за допомогою

регульованих гвинтів.

У нижній рухомій частині коробки розміщували зразок поверхні тертя, а верхню заповнювали насіннєвим матеріалом із заздалегідь визначеною вологстю. Для знімання надлишків матеріалу та вирівнювання його вільної поверхні застосовували планувальник. Після цього, зразок зверху накривали аркушем фільтрувального паперу і встановлювали штамп.

Нормального навантаження досягали, вкладаючи тягарці на платформу завантажувальної підвіски. Регульовальною гайкою встановлювали зазор між кільцем із випробовуваним матеріалом та поверхнею тертя у межах 0,5...1 мм. Для фіксації моменту початку переміщення поверхні тертя відносно зразка використовували індикатор годинникового типу. З цією метою індикатор встановлювали у затискачі приладу так, щоб його ніка впиралась у шток нижньої коробки, а пружина зворотного ходу була максимально стиснутою.

Після цього прикладали зусилля зсуву, яке створювалось вагою вантажів, що розміщувались на платформі бокової завантажувальної підвіски. Прикладання зсувного навантаження припиняли, коли покази динамометра залишались постійними при переміщенні нижньої коробки на 1...2 мм. Покази динамометра у цей момент вважали силою тертя спокою, а покази у момент припинення переміщень нижньої коробки – силою тертя руху.

Значення коефіцієнтів тертя спокою $f_{\tilde{n}}$ та руху f_{δ} визначали за формулою:

$$f = \frac{F_{\delta\delta}}{G \cdot n_{\tilde{a}}}, \quad (3.1)$$

де f – коефіцієнт зовнішнього тертя;

$F_{\delta\delta}$ – сила тертя, що фіксується динамометром, Н;

G – сумарна вага гирь на платформі бокової завантажувальної підвіски, Н;

$n_{\tilde{a}}$ – передатне відношення важільного механізму.

Числові значення кутів тертя спокою φ_c та руху φ_p визначали за формулою:

$$\varphi = \arctg f. \quad (3.2)$$

Досліди проводили з трикратною повторюваністю з трьома різними площинами тертя (рис. 3.3) та при вологості вороху 14,0%, 14,5%, 15,0%.

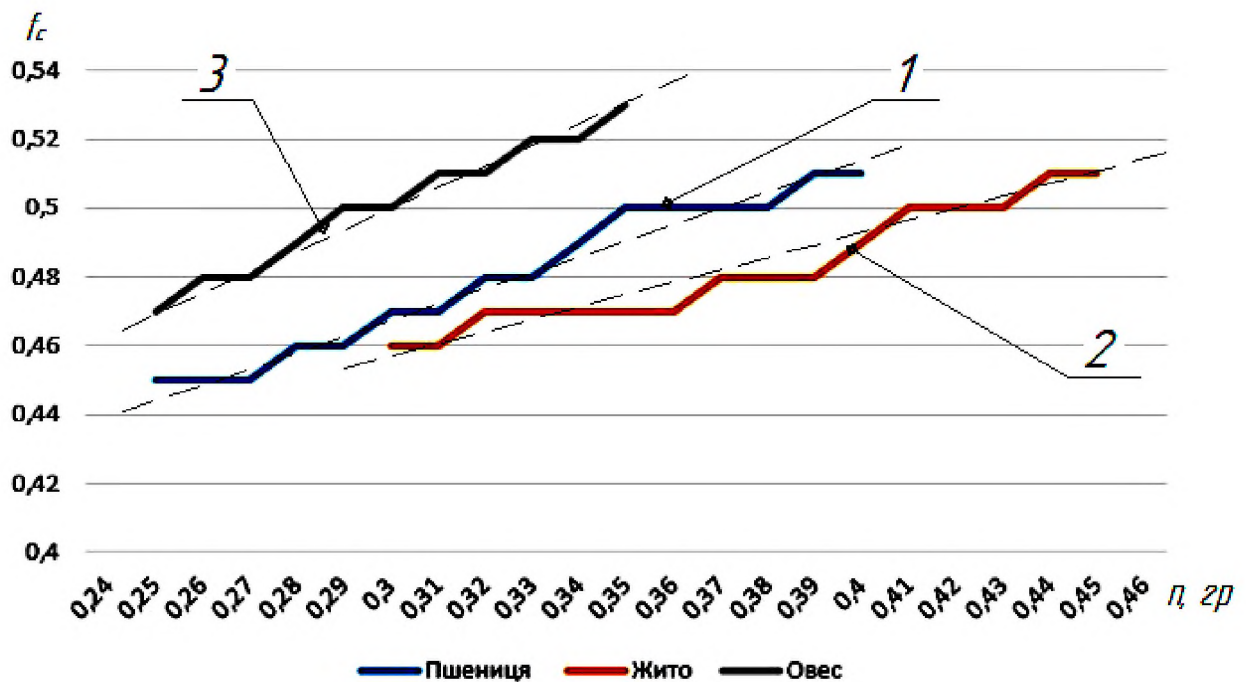


Рисунок 3.1 – Графічна залежність зміни показника коефіцієнта тертя зернових по сталі в залежності від маси зерна, яка визнавалась на 1000 зернин: 1 – пшениця сорту «Таврида», 2 – жито сорту «Бразетто», 3 – овес сорту «Ірен»

3. 4 Методика визначення коефіцієнта площі поверхні частинок у шарі матеріалу

Визначення коефіцієнта площі поверхні частинок у шарі матеріалу відбувалося у наступній послідовності:

1. Визначали фракційний склад матеріалу

2. Визначали об'єм матеріалу в шарі, утвореному з частинок однієї фракції (однакового розміру). Аналогічно проводиться визначення об'єму матеріалу всіх фракцій.

3. Для кожної з фракцій визначали кількість кульок m_i шляхом ділення об'єму частинок в шарі певної фракції на об'єм $V_{\hat{e}_i}$:

$$V_{\hat{e}_i} = \frac{4}{3} \dot{I} R_i^3. \quad (3.3)$$

де R_i – радіус кульки (отвору).

4. Коефіцієнта площі поверхні частинок в шрі матеріалу визначали за формулою

$$K_s = \sum_{i=1}^z m_i R_i^2 \quad (3.4).$$

Досліди проводилися з трикратною повторюваністю. Вологість матеріалу в усіх варіантах $18 \div 25\%$.

3.5 Методика встановлення закономірності переміщення насінневого матеріалу робочими поверхнями

В запропонованому шнековому пристрої час перебування матеріалу у шнековій трубі залежить від частоти обертання шнека. Для повного використання потенціалу машини необхідно чітко контролювати час перебування насінневого матеріалу в зоні переміщення, що в свою чергу залежить від характеру транспортування.

Дослідження закономірності переміщення зерна робочими поверхнями гвинтів шнека проводились на лабораторній установці зображеній на рис. 3.1.

Завантажували зерно в бункер та обертали шнек за допомогою двигуна. Внаслідок обертання зерно, ковзаючи відносно витків шнека переміщувалось, за один оберт піднімається майже на ярус вище. Для встановлення частоти обертання гвинта, при якій відбувалось транспортування, швидкість обертання поступово збільшували.

Швидкість обертання шнека визначали шляхом обрахунку кількості здійснених обертів за фіксований проміжок часу.

Досліди проводили із трикратною повторюваністю.

3.8. Методика визначення пошкодження насінневого матеріалу внаслідок контакту із робочими поверхнями сушарки

Зважаючи на те, що як під час рботи лабораторної утановки, що імітує роботу завантажувача матеріал контактував із активними робочими органами, то необхідно було встановити ступінь пошкодження насіння шляхом визначення енергії проростання і схожості.

Зерно для визначення енергії проростання і схожості насіння відбирались в зоні вивантаження після проведення робочого процесу. В ході проведення експериментів використовували зерно пшениці Таврида, як основного зернового матеріалу при посіві .

Досліди з визначення енергії проростання і схожість насіння проводили на обладнанні, описанму в п. 3.2.

Енергію проростання і схожість визначали згідно з ДСТУ 3657-97. Насіння з кожної відібраної проби засівали в окремі ростильні, заповнені прожареним піском, висота якого 0,5...1,0 мм. Далі пісок зволожували до 50...60% від його повної волого ємності. Ростилні, з висіяною в них певною кількісю насіння, встановлювали в трмостат і пророували при температрі 20...25°C. При цьому слдкували, щоб пісок не пересхав. Контоль за насінням здійснювали на 5-й (енергія прростання) і 10-й (схожість) день.

Згідно з ДСТУ 3657-97 перевірку на енергію проостання і схожість здійснювали ткож через два місяці після проведення досліджень.

Таблиця 3.2 – Енергія проростання і схожість насіння зерна

Назва злакових	Початкова вологість насіння, %	Середня енергія проростання насіння за повторюваностями, %	Середня схожість насіння за повторюваностями, %
Таврида	33,8	74,3	99
Бразетто	35,7	78,0	100
Ірен	37,3	76,7	93

Таблиця 3.1 – Результати досліджень визначення оптимального кута нахилу шнекового вивантажувального пристрою залежно від його довжини

Кут нахилу α , град	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Довжина робочого органу, l, м	3,2	3,2	3,2	3,0	3,0	3,0	2,8	2,8	2,8
Продуктивність Q, кг/хв	96	102	109	110	116	125	127	129	122

3.9 Висновки до розділу 3

1. У розділі 3 знаходяться програма і методики експериментальних досліджень; подано та предсталено обладнання і прилади з його описом; отримані результати досліджень та побудовані графічні залежності отриманих значень і табличні результати.

2. При проведенні досліджень виористовували власне розробене і виготовлеє обладнання та стандартне. Метоики для власне розробленого обладнання сформовані самостійно.

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН

4.1. Заходи з організації робіт з метою реалізації у процесі експлуатації.

4.1.1. Технічне обслуговування.

Технічне обслуговування – являє собою комплекс заходів, які спрямовані на підтримку машини в справному стані та відповідному зовнішньому вигляді, а також щоб виявити і усунути приховані чи явні технічні несправності.

Для того аби робота машини була довговічною та працювала без поломок потрібне правильне та своєчасне виконання заходів з технічного обслуговування. Тому для того щоб забезпечити безперебійну роботу, а також запобігти аварійним спрацюванням застосовують планово-запобіжну систему обслуговування. Операції щодо технічного обслуговування слід проводити в обов'язковому порядку.

Вирізняють такі види планово-запобіжного технічного обслуговування:

- технічне обслуговування, що проводиться перед початком сезонних робіт (СО);
- технічне обслуговування, що проводиться при довготривалому зберіганні;
- технічне обслуговування, що проводиться короткотривалому зберіганні;
- технічне обслуговування, що проводиться при між змінному зберіганні;
- технічне обслуговування, що проводиться вперше (ТО-1)
- технічне обслуговування щоденне (ЩТО).

Щоденне технічне обслуговування включає: контроль стану датчиків, фар, гальмівної системи, світлової сигналізації, системи рульового управління, гальмівної та охолоджувальної рідини, перевірка рівня палива та мастил.

Планове технічне обслуговування машини проводиться дилерськими підприємствами в обсягові, який рекомендований виробником та імпортером. Основна мета – це запобігти поломкам які можуть вивести з ладу машину або збільшити витрату палива та мастильних матеріалів, а також підвищити безпеку при експлуатації.

Про проведення робіт з планового технічного обслуговування ставиться до сервісної книжки машини відмітка дилерського підприємства, яка містить в собі дані планового огляду та дані наступного планового огляду.

Сезонне обслуговування представляє собою підготовку машини до експлуатації в той чи інший сезон. Для наших кліматичних умов таке обслуговування має проводитися не рідше двох разів на рік.

Технічне обслуговування короткотривалого і довготривалого зберігання утворюється із трьох елементів:

- обслуговування під час зняття із зберігання;
- обслуговування безпосередньо під час зберігання;
- обслуговування яке проходить машина при підготовці до зберігання.

Проводити технічне обслуговування перед початком сезонних робіт (ТО-С) пропонується об'єднувати із проведенням технічного обслуговування під час зняття із довготривалого збереження.

4.1.2 Розробка правил технічного обслуговування машин.

Щоб підтримувати перевантажувач у технічно справному та працюючому стані, задля підвищення економічності та довговічності роботи зазвичай проводять систематичне обслуговування, яке має планово оглядовий характер. Також одним із важливих факторів надійності роботи та довговічності служби механізмів є своєчасне змащення та правильний технічний догляд.

Для перевантажувача встановлена також тримірна система технічних обслуговувань, що окрім щозмінного, передбачає ще три періодичних (номерних) технічних обслуговувань: №1; №2 та відповідно №3.

Коли відбувається перехід на осінньо-зимовий чи весняно-літній період роботи передбачені сезонні технічні обслуговування, до того ж передбачаються обслуговування в особливих умовах експлуатації, що можуть візнитися від звичних типових умов, наприклад гірський район чи пустеля тощо.

Щодо періодичності номерних технічних обслуговувань, то вона наступна:

- технічне обслуговування під №1 потрібно проводити через кожні 60 годин роботи;
- технічне обслуговування під № 2 потрібно проводити через кожні 240 годин роботи;
- технічне обслуговування під № 3 потрібно проводити через кожні 960 годин роботи.

Під час проведення номерних технічних обслуговувань проводяться не лише регламентовані операції, а ще й усуваються виявлені несправності.

ЩТО (щозмінне технічне обслуговування) виконується в перериві між змінами (приблизно через кожні 10 годин роботи).

ЩТО передбачає виконання наступних операцій:

- перевіряється наявність чи відсутність підтікань масла, через з'єднання деталей, повітря в пневмосистемі та оливи в гідросистемі;
- вимірюється рівень оливи та за необхідності додають масло. До того ж рівень масла вимірюється не раніше як через 25 хв після зупинки машини;
- зливається за наявності конденсат із ресивера пневматичної системи;

- перевіряється також рівень забрудненості повітроочисника за індикатором який розташований на щитку приладів;

- перевіряється робота контрольних приладів таких як освітлення і звуковий сигнал.

Так як робота проходить в умовах із підвищеною запиленістю повітря, то потрібне очищення МТА.

Коли йде робоча зміна потрібно прислухатися як працює перевантажувач, спостерігати за показниками контрольних приладів, не залишати без уваги температуру, запах та колір обертових вузлів. До того ж слід час від часу перевіряти стан шин, а також ступінь нагрівання корпусних вузлів та гідравлічної й ходової систем.

ТО-1 (технічне обслуговування під № 1), проводиться кожні 60 годин роботи, але спочатку робляться всі операції ЩТО. Згодом після цього проводяться наступні операції такі як: миття перевантажувача, перевірка рівня мастила, перевірка тиску повітря в шинах та їх стан, справність гальм та роботу пульту управління, злиття з масляного фільтру грубої очистки відстою, змащення підшипників. Також ще після 120 годинної роботи перевіряють стан масла та його рівень, забрудненість повітроочисника, чистять ротор відцентрованого оливкового фільтру трактора, змазують підшипники шарнірів карданних валів.

ТО-2 (технічне обслуговування під № 2) потрібно проводити кожні 240 годин роботи. Але перш за все виконуються операції що стосуються технічного обслуговування під № 1, і лише тоді проводяться наступні дії:

- змінюють масло в баці трактора піддоні повітроочисника (коли використовується масло МЮГ2 та М8Г2 за ГОСТ 8581-78 із вмістом сірки що не перевищує 0,5% масла в баці перевантажувача замінюють через кожні 480 годин роботи);

- зливають відстій із фільтру тонкого очищення пального, а також із паливних баків;

- проводиться промивка фільтруючих елементів повітроочисника, пневматичної системи, регулятора тиску;
- проводиться перевірка рівня мастил в корпусах трансмісії (коробки передач, верхніх та нижніх пар колісних редукторів, зчеплення, проміжної опори карданної передачі, моста), бакові роздільно-агрегатної гідравлічної системи, змазують втулки поворотних цапф а також маточину педалі зчеплення;
- проводиться перевірка падіння тиску що в пневмосистемі при вільному положенні, а також герметичність повітроочисника та впускного трубопроводу що в ресивері та вентиляційних отворів;
- проводиться обслуговування блоку охолодження повітря у кабіні трактора та блоку опалення;
- проводиться перевірка прикріплення маточин задніх колес, кронштейну проміжної опори карданної передачі, а також лонжеронів до переднього бруса та корпусу зчеплення. Згодом після 480 годин роботи тобто через одне технічне обслуговування під № 2 йде перевірка й очищення центральної труби повітроочисника, а також промивають його корпус із фільтруючими елементами.

ТО-3 (технічне обслуговування під № 3) повинно відбуватись кожні 960 годин роботи, але спочатку потрібно провести всі операції технічного обслуговування під № 2, і лише тільки після цього приступати до наступних дій.

Перевірити на безмоторному стенді гідронасос щодо відповідності регульованим параметрам, подачі масла і тиску початку подачі, відбувається промивання зливних фільтрів роздільно-агрегатної системи та гідросистеми, відбувається регулювання реле-регулятора, механізму ввімкнення зчеплення редуктора приводу, фільтри грубого та тонкого очищення масла із змінною фільтруючих частин тонкого очищення, фільтруючий складовий повітроочисника, зходження передніх коліс, осьовий проміжок підшипників маточин коліс мосту, додаючи при цьому оливу; змазують підшипники

шарнірів приводу, а також шестерні правого розкошу та втулки валу механізму задньої навіски; проводиться очищення сітки масла заливної горловини.

Згодом після 1920 год роботи тобто через одне технічне обслуговування під № 3, проводиться перевірка стану регулювання реле-регулятора; відбувається обслуговування пневмоперехідників, а також компресора пневмосистеми гальм.

Щодо сезонних технічних обслуговувань, то вони зазвичай проводяться під час переходу від осінньо-зимового до весняно-літнього періодів чи навпаки.

Коли відбувається перехід на осінньо-зимовий період роботи тоді виконуються наступні дії: проводиться зміна масла і відповідно масло літніх видів замінюється маслом зимового виду в гідравлічній системі, агрегатах, а також складальних одиницях трансмісії та ходової частини; відбувається виконання операцій чергового технічного обслуговування; проводиться промивання кришки та фільтрів заливної горловини баку масла; фільтр-відстійник; роблять продування паром чи промивають гарячою водою ресивер пневмосистеми до того ж перевіряють його герметичність; робиться сезонне обслуговування блоку що стосується опалення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі представлено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-прикладної задачі, яка полягає у забезпеченні інтенсифікації технологічного процесу транспортування зерна.

Аналіз процесу транспортування насінневих матеріалів вказує на необхідність зміни конструктивно-технологічних параметрів

Використання запропонованої конструкції звантажувача його параметрів і режимів роботи дасть можливість зменшити енергозатрати на транспортування.

1. На основі теоретичних досліджень кінетики транспортування запропоновано вдосконалену математичну модель, яка пов'язує параметри матеріалу та його якість.

Запропоновано математичну модель процесу транспортування дозволяє визначити зміну швидкості подачі за висотою шару матеріалу з врахуванням його динамічних та структурних характеристик. Теоретично описано залежність часу перебування матеріалу в зоні дії шнекового звантажувача.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі представлено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-прикладної задачі, яка полягає у забезпеченні інтенсифікації технологічного процесу транспортування зерна.

Аналіз процесу транспортування насінневих матеріалів вказує на необхідність зміни конструктивно-технологічних параметрів

Використання запропонованої конструкції звантажувача його параметрів і режимів роботи дасть можливість зменшити енергозатрати на транспортування.

2. На основі теоретичних досліджень кінетики транспортування запропоновано вдосконалену математичну модель, яка пов'язує параметри матеріалу та його якість.

3. Запропоновано математичну модель процесу транспортування дозволяє визначити зміну швидкості подачі за висотою шару матеріалу з врахуванням його динамічних та структурних характеристик. Теоретично описано залежність часу перебування матеріалу в зоні дії шнекового звантажувача.

Перелік джерел посилань

1. Григорьев А. М Гвинтові конвеєри / А. М. Григорьев. – К.: Машиностроение, 1972.–184 с.
2. Зенков Р. Л. Машины непрерывного транспорта / Р. Л. Зенков, І. І. Івашков, Л. Н. Колобов. – К.: Маш., 1987. – 432 с.
3. Гевко Б. М. Гвинтові подаючі механізми сільськогосподарських машин/ Б. М. Гевко, Р. М. Рогатинський. – Львів : в-во при Львівск. Ун., 1969. – 176 с.
4. Рогатинський Р. М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів із сировиною сільськогосподарського виробництва. Дис... докт. техн. наук. Р. М. Рогатинський. – Київ, 1997. – 502 с.
5. Seidel, K. Similar materials-easily broken: Tubular drag cable conveyors for sensitive materials (Short Survey). Bulk Solids Handling, Issue SPEC. ISS, 2012. – P. 32 – 33.
6. Ottewell, S. Conveying changes direction // Chemical Processing, 2012. – Volume 75. – Issue 3. – P. 30 – 34.
7. Ottewell, S. Company is nuts about new tubular drag conveyor // Powder and Bulk Engineering, 2007. – Volume 21. – Issue 7. – P. 36 – 41.
8. Патент №54102 Україна, МПК (2009) B65G 33/00. Гнучкий канатний транспортер / Гевко Б. М., Ляшук О. Л., Стефанів В. М., Олексішин О. В., Комар Р. В., Гевко І. Б., Дячун А. Є. – u201005330; Заявл. 30.04.2010; Опубл. 25.10.2010. Бюл. № 20. – 4 с.
9. Любін М. В. Механізація транспортуючих та вантажопідйомних робіт / М. В. Любін, П. С. Берник. – Київ – Вінниця: Урожай, 1996. –191 с.
10. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови: ДСТУ 2240-93. – [Чинний від 1993-09-09]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 74 с.
11. Иванов А.Е. Механизация производства семян многолетних трав / А. Е. Иванов, Н. М. Митрофанов, Ф. Н. Эрк. – Л.: Колос, 1981. – 192 с.
12. Ерк Ф.Н. Сушка і очистка насіння трав / Ф.Н. Ерк. – М.: К, 1969. – 194 с.

13. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М Заїка.-Харків: ОКО, 2001.
14. Резніков В.Т. Основи проектування і розрахунок сільськогосподарських машин / Резніков В.Т М. ВО. Агропром, 1991
15. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини / Сисолін П.В., Сало В.М., Кропивний В.М. -К: Урожай, 2001

Додатки

