

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

“ ____ ” _____ 2023 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Удосконалення зерноочисної машини ЗОМ-1 з обґрунтуванням
параметрів завантажувача зерна»

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,

групи ГМ(СМ)-21М(1,9)

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____ Шеремет Максим Сергійович

« ____ » _____ 2023 р.

Керівник роботи

професор, канд. техн. наук

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти II

Галузь знань 13 - Механічна інженерія

Спеціальність Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма

Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА
ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Драндалуш Сергій Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Удосконалення зерноочисної машини ЗОМ-1 з
обґрунтуванням параметрів завантажувача зерна»

2. Керівник роботи (проекту) Васильковський Олексій Михайлович,
кандидат технічних наук, професор

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

3. Строк подання роботи до захисту 15.05.2023 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Підвищення ефективності роботи зерноочисної машини

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	О. Васильковський		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка	1.05.2023	
	Графічна частина	15.05.2023	
	Захист роботи	15-30.05.2023	

Дата видачі завдання
«14» березня 2023 р.

Підпис керівника

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«14» березня 2023 р.

Підпис здобувача _____ Максим ШЕРЕМЕТ
(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація по</u>		
				<u>магістерській роботі</u>		
A4			MP 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				<u>Креслення</u>		
A1			MP 00.000 С2	Машина зерноочисна ЗОМ-1	1	
A1			MP 00.001 НЧ	Планування факторного експерименту	1	
A1			MP 00.002 НЧ	Результати факторного експерименту	1	
A1			MP 00.010 СБ	Шнек	1	
A2			MP 00.010.601 СБ	Шків	1	
A3			MP 00.010.602	Цапфа	1	
A3			MP 00.010.603	Цапфа	1	
Зм.	Арк.	№ докум .	Підп.	Дата	MP 00.000 ВП Відомість роботи Літера Аркуш Аркушів 4 45 ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21 М(1,9)	
Розроб.	Шеремет					
Перевір.	Васильковський					
Н.контр.	Мачок					
Затв.	Лещенко					

ЗМІСТ

1. Вступ.....	6
2. Наукова частина.....	8
3. Інженерна частина.....	26
4. Охорона праці.....	38
5. Економічна ефективність.....	39
6. Висновок.....	40
Список використаної літератури.....	41
Додатки.....	44

					МП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

1. Вступ

Підвищення рівня механізації процесів у сільському господарстві дозволяє зменшити кількість робітників на виконання робіт, підвищити комфорт на робочому місці і культуру праці.

Особливо гостро постає питання механізації завантажувально-розвантажувальних робіт, які є достатньо важкими, вимагають уваги і часто протікають в умовах підвищеного шуму і запилення.

У дрібних селянських фермерських господарствах, з обсягом орної землі до 50 га, попереднє і первинне очищення зерна здійснюють на відкритому току, або у критих приміщеннях малими зерноочисними машинами, типу ЗОМ-1 «Альфа», яка забезпечує якісне повітряно-решітне очищення від домішок і має продуктивність 1000 кг/год на пшениці. Дана машина є малогабаритною і доступною навіть для одноосібних господарств, має низькі енерговитрати і просте обслуговування.

Однак, аналіз конструкції і відгуків власників машини, дозволив виявити її суттєвий недолік – ручне завантаження зерновим ворохом. Це – компромісне рішення значно здешевлює машину, однак ускладнює роботу з нею, а використання додаткового робітника для виконання завантаження, суттєво знижує економічний ефект від використання сепаратора.

Метою нашої магістерської роботи є підвищення ефективності роботи зерноочисної машини. Мети можна досягти шляхом розробки конструкції і обґрунтування параметрів механічного завантажувача зернового вороху, який підвищить рівень механізації і дозволить отримати економічну вигоду споживачеві машини.

Найбільш простими за будовою і обслуговуванням є шнекові транспортери, які з успіхом використовуються в багатьох конструкціях

					МР 00.000 ПЗ							
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата								
Розроб.	Шеремет				Магістерська робота				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	Васильковський										6	40
									ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)			
Н.контр.	Мачок											
Затв.	Лещенко											

зернозбиральних комбайнів, великогабаритних зерноочисних машин, перевантажувачів зерна і насіння тощо. Особливістю нашої зерноочисної машини є те, що запропонований шнековий транспортер повинен забезпечити точність подачі, оскільки при значному перевищенні пропускної здатності машини, відбудеться забивання (заклинювання) її робочого органу – лопатевого барабану, при цьому можливий вихід електродвигуна з ладу. Таким чином, в нашій роботі нам належить обґрунтувати параметри похилого шнекового завантажувача так, щоб забезпечити точність дозування і відповідність пропускній здатності зерноочисної машини.

					МП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

2. Наукова частина

2.1. Огляд шнекових транспортерів зерна

Основою шнекових транспортерів, завдяки чому здійснюється рух зернової маси є шнековий вал, на якому закріплено гвинтову навивку (рис. 2.1).

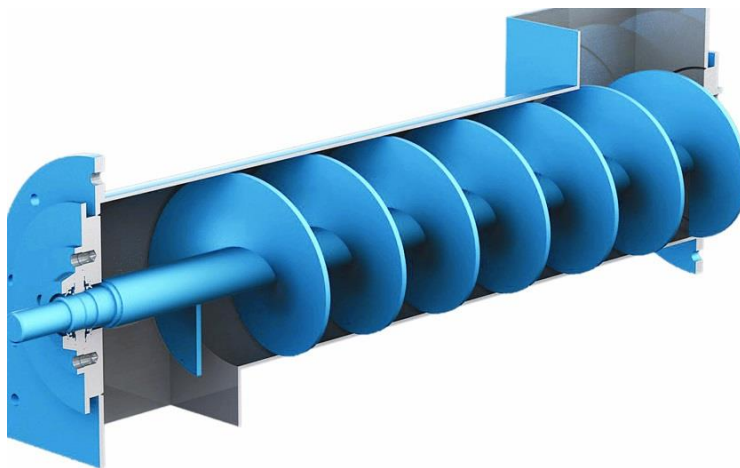


Рис. 2.1. Шнековий транспортер (у розрізі)

Особливістю роботи шнекових транспортерів – забезпечення осьового руху сипких борошноподібних, зерноподібних, або кускових вантажів з частковим перемішуванням.

Шнекові транспортери забезпечують переміщення вантажів горизонтально (рис. 2.2), під кутом до горизонту (рис. 2.3), або вертикально (рис. 2.4).

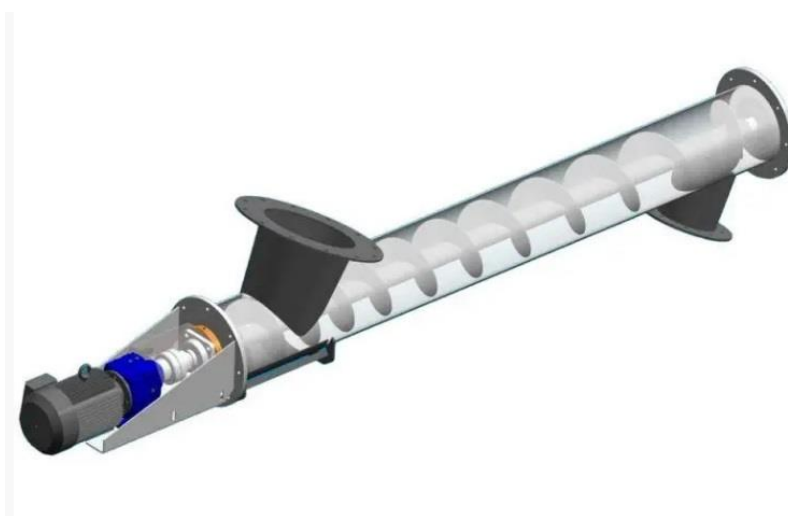


Рис. 2.2. Шнековий транспортер для горизонтального переміщення сипких вантажів



Рис. 2.3. Шнековий транспортер для переміщення сипких вантажів під кутом до горизонту

Найбільший об'ємний коефіцієнт корисної дії мають горизонтальні шнеки. Зі збільшенням кута переміщення матеріалів, збільшується проковзування матеріалу, при цьому дещо втрачається подача.



Рис. 2.4. Шнековий транспортер для вертикального переміщення сипких вантажів

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

Цікавою і відносно новою конструкцією є гнучкий шнековий транспортер (рис. 2.5), переміщення матеріалів у якому здійснюється за рахунок зовнішнього контакту з поверхнею пружини, розміщеної всередині полімерного кожуху і передавання переміщення масі у пограничному шарі. Такі транспортери з успіхом застосовуються для перевантаження сипких вантажів і рівномірного розподілення по потрібним поверхням (наприклад, причепа транспортних засобів).



Рис. 2.6. Гнучкий шнековий транспортер

Одним з недоліків шнекових транспортерів вважається підвищене травмування зерна гострими крайками навивки, за рахунок стирання об них, а також під час заклинення між навивкою і кожухом – у зазорі.

З першим зазначеним недоліком можна боротися ще на стадії виготовлення і складання – шляхом заокруглювання гострих крайок. Другий і третій недоліки пов'язані один з одним параметрами навивки, а саме: до збільшення ступеню пошкодження призводить підвищений тиск на зерно з боку навивки. При цьому, аналізуючи процес можна відзначити, що підвищений тиск є наслідком збільшення кроку гвинтової лінії, що спричиняє збільшення осьової швидкості переміщення вантажу при незмінній частоті обертання шнекового валу.

Таким чином, зниження ступеню пошкодження матеріалів можна досягати шляхом зменшення кроку навивки і зниження шорсткості її робочої поверхні.

2.2. Опис об'єкту удосконалення.

Призначення та область застосування сепаратора

Сепаратор ЗОМ-1 призначений для попереднього та первинного повітряно–решітного очищення зерна зернових культур, у тому числі для роботи в складі потокових технологічних ліній олійного, борошномельного, круп'яного та інших виробництв.

Будова та принцип роботи машини

Сепаратор базовий (рис. 2.6) складається із повітряно–решітного модуля, накопичувального бункера, який встановлюється зверху модуля та решета крупних домішок.

Повітряно–решітний модуль (рис. 2.8) складається із переднього та заднього стояків, до яких закріплені відповідно передня та задні стінки, що з'єднані між собою за допомогою зовнішніх кожухів, які утворюють ежектор, осадових камер попереднього та основного очищення зернового вороху повітряним потоком, напрямників подачі оброблюваного матеріалу до аспіраційних каналів, на пруткове решето та лотків виводу отриманих домішок з машини. Між стінками на осях встановлено заслінки, верхній сектор, нижній сектор та клапанів, що закривають отвори для виведення отриманих домішок при очищенні зернового вороху. В нижній частині передньої стінки на передньому стояку, за допомогою осей, встановлено люк. В нижній частині модуля, під нижнім сектором, знаходиться щітковий барабан, який встановлено, окрім того, безпосередньо на валу електродвигуна. Електродвигун встановлено на рамці, яка приєднана до верхньої полиці заднього стояка. Під лопатевим барабаном встановлена дугоподібна пруткова решітка, правий край якої частково перекривається нижньою частиною напрямника, по якому зерновий ворох надить з вертикального пневмосепаруючого каналу на поверхню сепарації. Біля її лівого краю розміщується канал для інерційного відведення очищеного зерна з машини. Під прутковою решіткою встановлено лоток дрібних домішок.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



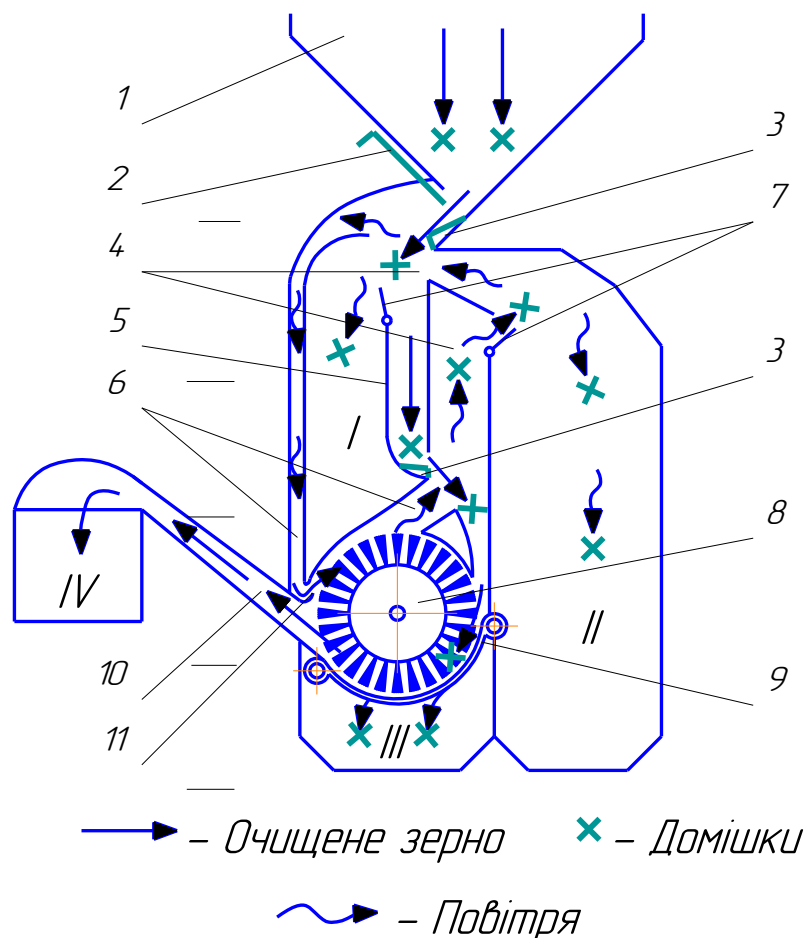
Рис. 2.6. Загальний вигляд базової зерноочисної машини ЗОМ-1 «Альфа»

Для візуального регулювання виділення легких домішок у пневмосепаруючих каналах в передній стінці виготовлено вікно. Регулювання виділення домішок у горизонтальному пневматичному каналі здійснюється за допомогою верхньої заслінки, положення якої фіксується. Регулювання виділення легких домішок у вертикальному пневматичному каналі здійснюється верхнім сектором та нижньою заслінкою.

Лопатевий барабан 8 (рис. 2.7) призначений для спрямування зернового вороху на пруткову решітку тонким шаром товщиною в одне зерно, очищення каналів останнього від застряглих в них часток, інерційного відвантаження очищеного зерна з машини та створення повітряного потоку, який спрямовується до аспіраційних каналів.

Пруткова дугоподібна решітка 9 (рис. 2.7) призначена для виділення із складу зернового вороху дрібних домішок. Решітка встановлюється в отвори, що виготовленні в задній стінці та в люку, причому ліва пара цих отворів

Зверху до повітряно-решітного модуля кріпиться накопичувальний бункер. Бункер складається з короба, дна, правої стінки, заслінок та важеля.



1 – бункер; 2 – дозаторний пристрій; 3 – ділильник; 4 – пневмоканали;
5 – напрямник маси; 6 – повітряні канали; 7 – заслінки; 8 – барабан;
9 – пруткова решітка; 10 – вивантажувач; 11 – ежектор; I та II – приймальні
камери легких домішок; III – приймальник дрібних домішок; IV –
приймальник очищеного зерна.

Дно бункера являє собою усічену чотиригранну піраміду з основою вгорі. В нижній частині дна із зовнішньої сторони до бункеру встановлені заслінки, кронштейн та важіль. Одна заслінка відкриває чи перекриває подачу зернового вороху до модуля, а інша – регулює подачу матеріалу за допомогою важеля. В передній та задній стінці бункера на одному рівні

праворуч та ліворуч виготовлено отвори для регулювання кута нахилу решета крупних домішок. Права стінка бункера кріпиться на осі, з можливістю обертатися навколо неї. В залежності від необхідності виділяти крупні домішки із оброблюваного матеріалу чи не виділяти стінка може займати різні положення.

Над бункером встановлюється решето крупних домішок, яке складається із приймального бункеру, регулюючої заслінки та решета. Подача оброблюваного матеріалу на поверхню решета здійснюється регулюючою заслінкою.

Для інерційного виведення очищеного матеріалу з машини з правої сторони над відвантажувальним каналом встановлюється на осі відвантажувач, який складається із каналу та головки.

Для відведення легких домішок, що виділилися в вертикальному пневмосепаруючому каналі, до переднього стояка кріпиться лоток.

Технологічний процес роботи сепаратора наступний. Матеріал потрапляє з бункера до пневмоканалу 4, в якому відбувається часткове виділення легких домішок у камеру I. Далі матеріал напрямником 5 подається в вертикальний пневмоканал другої аспірації. При цьому регулювання в обох каналах здійснюється заслінками 7. Повітряний потік створюється щітками барабану 8, що обертається. Під час проходження зернового матеріалу по решітці, дрібні домішки просіюються крізь його отвори (канали) і потрапляють до приймальника III.

Завантаження бункера базового сепаратора здійснюється ємностями вручну, при цьому його продуктивність регулюється заслінкою 2.

З метою підвищення рівня механізації праці і заміни ручної роботи нами запропоновано встановити шнекового завантажувача. При цьому бункер-накопичувач зміщується донизу і з нього зерновий матеріал забирається похилим шнеком. Продуктивність удосконаленої зерноочисної машини буде забезпечуватися пропускною здатністю шнека.

Схему удосконаленої машини наведено на рис. 2.8.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

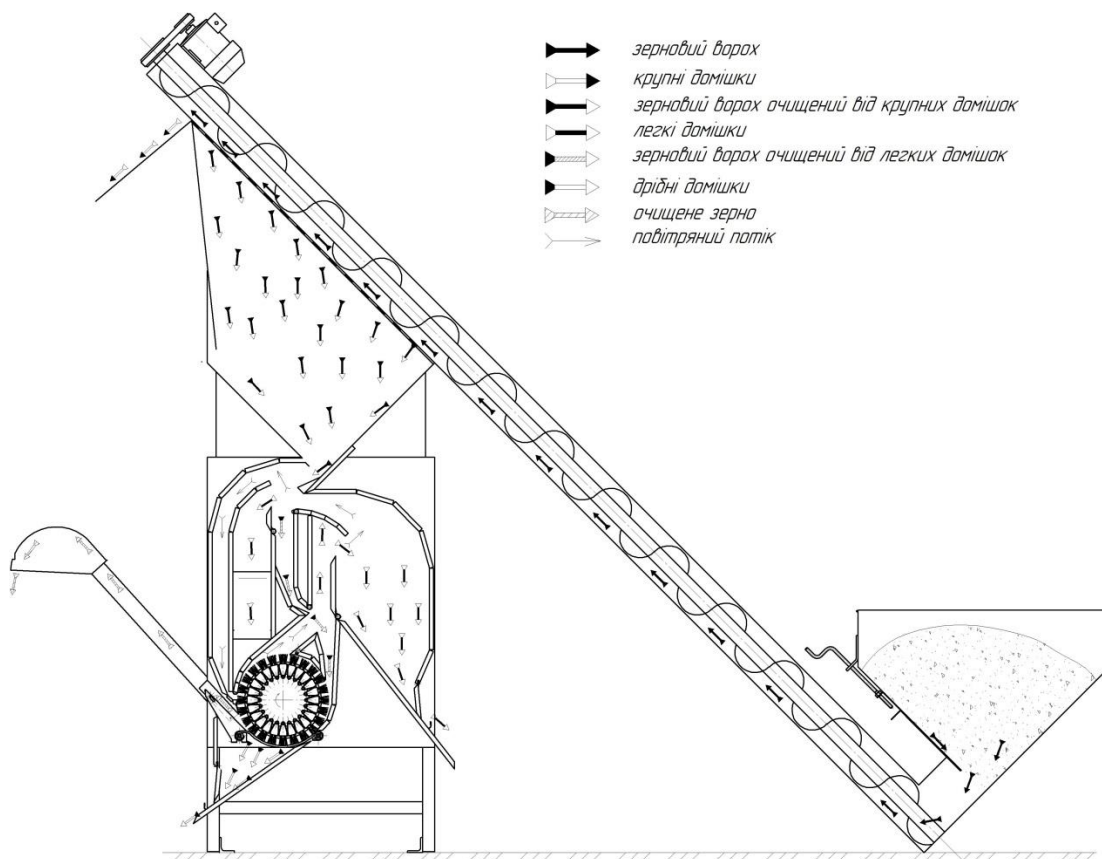


Рис. 2.8. Функціональна схема удосконаленої машини ЗОМ-1, оснащеної шнековим завантажувачем

Для аварійної зупинки подачі зернового матеріалу до шнеку, на дні бункера передбачено заслінку.

Технологічний процес роботи удосконаленої машини аналогічний до базової, з відмінністю – механічним завантаженням зернового вороху.

2.3. Мета і задачі магістерської роботи

Метою нашої магістерської роботи є підвищення ефективності роботи зерноочисної машини.

Предмет досліджень – параметри шнекового завантажувача зерна.

Задачі роботи:

- розробка конструкції та обґрунтування параметрів шнекового похилого завантажувача зерна;
- встановлення закономірності зміни продуктивності шнеку від кута нахилу і частоти обертання;
- розробка креслення запропонованого шнекового завантажувача.

2.4. Програма і методика експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень

Програмою лабораторного експериментального дослідження передбачено встановлення закономірності зміни продуктивності шнеку від кута нахилу і частоти обертання.

Лабораторні дослідження будемо виконувати шляхом планування повного факторного експерименту.

Опис лабораторного обладнання

Для проведення експериментальних досліджень нами використано шнековий транспортер (рис. 2.9), який приводиться в дію електричним мотор-редуктором постійного струму. Живлення і регулювання частоти обертання шнекового валу здійснювали лабораторним блоком живлення (рис. 2.10).

Контроль частоти обертання здійснювали годинниковим тахометром ИО-30 (рис. 2.11), потрібний кут нахилу шнека встановлювали за допомогою транспортира. Зважування здійснювали торгівельними вагами РН-10Ц13У з ціною поділки 5 г і межами зважування 100-10000 г.

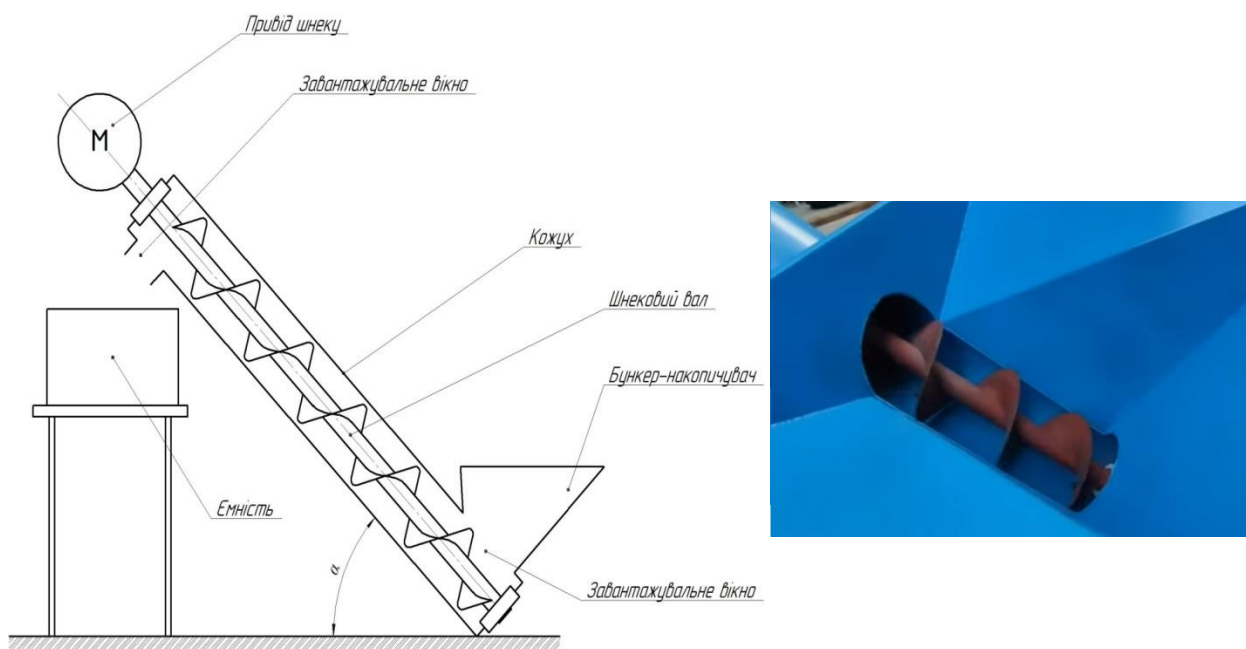


Рис. 2.9. Схема лабораторної установки для дослідження шнеку

					МР 00.000 ПЗ		Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			16



Рис. 2.10. Блок живлення лабораторної установки



Рис. 2.11. Тахометр ИО-30

Час протікання дослідів контролювали електронним секундоміром.

Методика визначення продуктивності шнека

Критерієм оцінки продуктивності шнека нами обрано масу зернового вороху, яку транспортує шнек за 10 секунд.

Прийнято трикратну повторність кожного дослідів.

Для проведення дослідів нами призначено рівні та інтервали варіювання факторів (табл. 2.1).

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця дослідів

Фактор	Натуральне позначення	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				натуральні			кодовані		
				верхні	нульові	нижні	верхній	нульові	нижні
Частота обертання шнекового валу, об/хв.	n	x_1	35	120	85	50	+1	0	-1
Кут нахилу шнека до горизонту, град.	α	x_2	0,5	60	30	0	+1	0	-1

Для проведення експериментальних досліджень використовували шнек з наступними параметрами: зовнішній діаметр витків – 80 мм, діаметр внутрішній (діаметр валу) – 25 мм, довжина – 720 мм, крок витків – 80 мм.

Планування факторного експерименту проводили, попередньо прийнявши форму неповного квадратичного рівняння регресії:

$$y = \epsilon_0 + \epsilon_1 \cdot x_1 + \epsilon_2 \cdot x_2 + \epsilon_{12} \cdot x_1 \cdot x_2$$

Обробку результатів ПФЕ2² проводили за загальноприйнятою методикою [20].

Спочатку проводили перевірку відтворюваності дослідів за критерієм Кохрена:

$$G = \frac{S_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2} \leq G(0,05; n; f_u),$$

де S_u^2 – дисперсія, розсіювання результатів в u -му досліді;

$S_{u \max}^2$ – найбільша із дисперсій.

Дисперсії розсіювання кожного дослідів розраховували наступним чином:

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \sum_{i=1}^{m_0} (Y_{Ui} - Y_{Ucp})^2,$$

де i – номер повторюваності;

Y_{Ui} – вихідний параметр – маса транспортованого вороху за 10 с у відповідній i -й повторюваності;

Y_{Ui} – середнє значення вихідного параметру, встановлене за трьома повторностями.

Дисперсію відтворюваності визначали за формулою:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2.$$

Розрахункове значення критерію Кохрена порівнювали з табличним. Для нашого випадку $n=4$ і $f_u=(m_0-1)=3-1=2$.

Після перевірки відтворюваності дослідів, визначали коефіцієнти статистичної математичної моделі:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n y_{Ucp};$$

$$b_i = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} y_{Ucp};$$

$$b_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} x_{ju} y_{Ucp}.$$

де x_{iu} – значення i -го кодового фактора;

x_{ju} – значення j -го кодового фактора.

Підставивши знайдені коефіцієнти до неповного квадратичного рівняння регресії, проводили перевірку адекватності його лінійної частини за критерієм Фішера F . Адекватність матиме місце у випадку

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y),$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – критерій Фішера на 5%-му рівні значущості;

f_{ad} – число ступенів вільності дисперсії адекватності. Для нашого випадку: $f_{ad} = n - k - 1 = 4 - 2 - 1 = 1$ (k – число факторів);

f_y – число ступенів вільності дисперсії відтворення. Для нашого випадку: $f_y = n(m_0 - 1) = 4(3 - 1) = 8$.

Дисперсію адекватності обчислювали за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \sum_{u=1}^n (Y_{Ui} - Y_{Uicp})^2,$$

де Y_{Ui} – розрахункове значення відгуку в i -му досліді.

Після встановлення адекватності рівняння регресії, проводили перевірку значущості його коефіцієнтів за критерієм Стюдента.

Коефіцієнт вважали значущим при дотриманні умови:

$$|b_a| \geq \Delta b_a = t(0,05; f_y) \frac{S_y}{\sqrt{n}},$$

де b_a – встановлені раніше коефіцієнти b_0, b_1, b_2, b_{12} ;

Δb_a – довірна границя;

$t(0,05; f_y)$ – критерій Стюдента при 5%-му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності f_y .

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.5. Результати експериментальних досліджень

Результати реалізації поставленого експерименту ПФЕ 2² зводили до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Результати експерименту

Номер досліджу	Значення кодових факторів		Маса транспортованого зерна, кг			Середнє $\bar{Y}_n$, кг
			За повторюваностями			
	x_1	x_2	I Y_{u1}	II Y_{u2}	III Y_{u3}	
1	-1	-1	3,21	3,28	3,38	3,29
2	+1	-1	6,23	6,06	5,82	6,04
3	-1	+1	1,64	1,72	1,58	1,64
4	+1	+1	4,02	3,84	4	3,95

За отриманих дослідних даних визначимо дисперсії дослідів.

$$S_{u1}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (3,21 - 3,29)^2 + (3,28 - 3,29)^2 + (3,38 - 3,29)^2 = 0,007,$$

$$S_{u2}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (6,23 - 6,04)^2 + (6,06 - 6,04)^2 + (5,82 - 6,04)^2 = 0,042,$$

$$S_{u3}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (1,64 - 1,64)^2 + (1,72 - 1,64)^2 + (1,58 - 1,64)^2 = 0,005,$$

$$S_{u4}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (4,02 - 3,95)^2 + (3,84 - 3,95)^2 + (4,00 - 3,95)^2 = 0,01.$$

На основі отриманих значень дисперсій, розрахункове значення критерію Кохрена становитиме

$$G = \frac{0,042}{0,07 + 0,042 + 0,005 + 0,01} = 0,659$$

Оскільки табличне значення коефіцієнту Кохрена для наших умов дорівнює $G=0,659$, то умова $G=0,659 \leq G(0,05; 4; 2) = 0,7679$ виконується, значить процес відтворюється.

Визначаємо коефіцієнти рівняння регресії:

$$b_0 = \frac{1}{4} \cdot (3,29 + 6,04 + 1,64 + 3,95) = 3,73$$

$$b_1 = \frac{1}{4} \cdot (-3,29 + 6,04 - 1,64 + 3,95) = 1,26$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \cdot (-3,29 - 6,04 + 1,64 + 3,95) = -0,93$$

$$b_{12} = \frac{1}{4} \cdot (3,29 - 6,04 - 1,64 + 3,95) = -0,11$$

З урахуванням знайдених коефіцієнтів неповне квадратне рівняння регресії буде мати вигляд:

$$y = 3,73 + 1,26 \cdot x_1 - 0,93 \cdot x_2 - 0,11 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Перевірку адекватності рівняння проведемо за критерієм Фішера F . Адекватність має місце, якщо справедливою буде нерівність:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y),$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності; $F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – критерій Фішера на 5% - му рівні значущості; f_{ad} – число ступенів вільності дисперсії адекватності:

$$f_{ad} = n - k - 1, = 4 - 2 - 1 = 1.$$

де k – число факторів; f_y – число ступенів вільності дисперсії відтворення:

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$f_y = n \cdot (m_0 - 1) = 4 \cdot (3 - 1) = 8.$$

Визначимо дисперсія S_{ad}^2 .

Розрахункові значення відгуків для лінійної частини рівняння регресії:

$$Y_u^{(1)} = 3,73 - 1,26 \cdot x_1 + 0,93 \cdot x_2 = 3,4;$$

$$Y_u^{(2)} = 3,73 + 1,26 \cdot x_1 + 0,93 \cdot x_2 = 5,93;$$

$$Y_u^{(3)} = 3,73 - 1,26 \cdot x_1 - 0,93 \cdot x_2 = 1,54;$$

$$Y_u^{(4)} = 3,73 + 1,26 \cdot x_1 - 0,93 \cdot x_2 = 4,06.$$

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$S_{ad}^2 = \frac{(3,4 - 3,29)^2 + (5,93 - 6,04)^2 + (1,54 - 1,64)^2 + (4,06 - 3,95)^2}{4 - 3 - 1} = 0,05.$$

Дисперсія відтворюваності визначається за формулою

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n S_u^2.$$

$$S_y^2 = \frac{1}{4} \cdot (0,007 + 0,042 + 0,005 + 0,01) = 0,02$$

$$F = \frac{0,05}{0,02} = 2,5,$$

що є менше табличного $F(0,05;1;8) = 5,318$.

Нерівність виконується, значить лінійна частина моделі адекватно описує процес.

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначення значущості коефіцієнтів регресії здійснимо за критерієм Стюдента.

Коефіцієнт є значущим, коли виконується нерівність:

$$|b_a| \geq \Delta b_a = t(0,05; f_y) \cdot \frac{S_y}{\sqrt{n}},$$

де b_a – коефіцієнти $b_0, b_1, b_2, b_{1,2}$; Δb_a – довірна границя; $t(0,05; f_y)$ – критерій Стюдента при 5% - му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності f_y .

Оскільки при 5% - му рівні значущості $\alpha = 0,05$, а $f_y = 8$, то $t = 2,3$.

$$\Delta b_a = 2,3 \cdot \frac{\sqrt{0,02}}{\sqrt{4}} = 0,16.$$

Оскільки коефіцієнти b_1 і b_2 більші за Δb_a , то вони є впливовими. Коефіцієнтом $b_{12} = -0,11$ можна знехтувати, оскільки його значення менше розрахованого $\Delta b_a = 0,16$.

Остаточна статистична математична модель матиме вигляд:

$$y = 3,73 + 1,26 \cdot x_1 - 0,93 \cdot x_2$$

Поверхня відгуку за отриманою моделлю має вигляд (рис. 2.12).

Отримана залежність дозволяє зробити наступні висновки.

На продуктивність шнека суттєвий вплив має частота обертання, що має ступінь впливовості 1,26 і при збільшенні якої відбувається підвищення продуктивності. Дещо менш впливовим фактором є кут нахилу шнекового транспортера до горизонту, що має ступінь впливу на процес - 0,93. Знак «-» говорить про те, що зі збільшенням кута його нахилу, продуктивність зменшується, що можна пояснити збільшенням проковзуванням матеріалу відносно навивки.

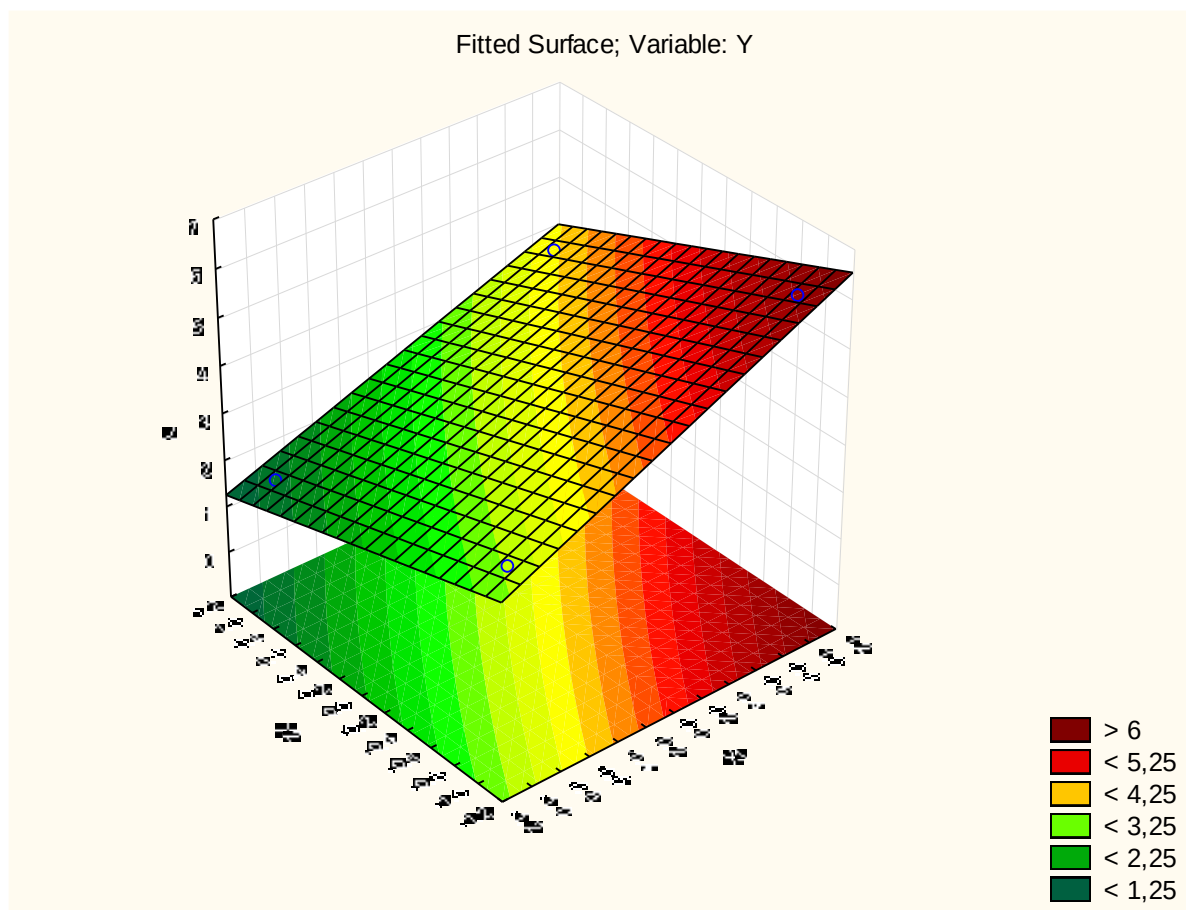


Рис. 2.12. Залежність продуктивності шнека Y від частоти обертання x_1 та кута нахилу x_2 до горизонту.

Аналіз отриманих дослідних даних дозволяє стверджувати, що при встановленні шнеку під кутом 60 градусів до горизонту, продуктивність зменшується в середньому вдвічі, у порівнянні з горизонтально розташованим, у всьому дослідженому діапазоні частот обертання.

Таким чином, під час проектування шнекового завантажувача, теоретично розраховану продуктивність слід зменшувати вдвічі для отримання потрібного результату. Для цього пропонуємо ввести експериментальний множник – коефіцієнт $\xi=0,5$, розмістивши його в чисельнику теоретичного виразу інженерних розрахунків.

3. Інженерна частина

3.1. Технологічні розрахунки

Визначення параметрів шнекового транспортера

Продуктивність шнеків розраховують за формулою

$$Q = 47 \cdot (D^2 - d^2) \cdot \gamma \cdot S \cdot n \cdot \psi \cdot \xi$$

де $Q = 1000$ т/год – паспортна продуктивність зерноочисної машини;

$D=0,1$ м – зовнішній діаметр витків – прийнято конструктивно;

$d=0,032$ м – внутрішній діаметр шнеку – прийнято конструктивно;

$\psi=0,35$ – коефіцієнт заповнення шнеку;

$\gamma = 760$ кг/м³ – натура зернового вороху пшениці;

$S=0,08$ м крок витків – прийнято конструктивно;

$\xi \approx 0,5$ – знайдений нами у науковій частині коефіцієнт впливу кута нахилу транспортера на продуктивність.

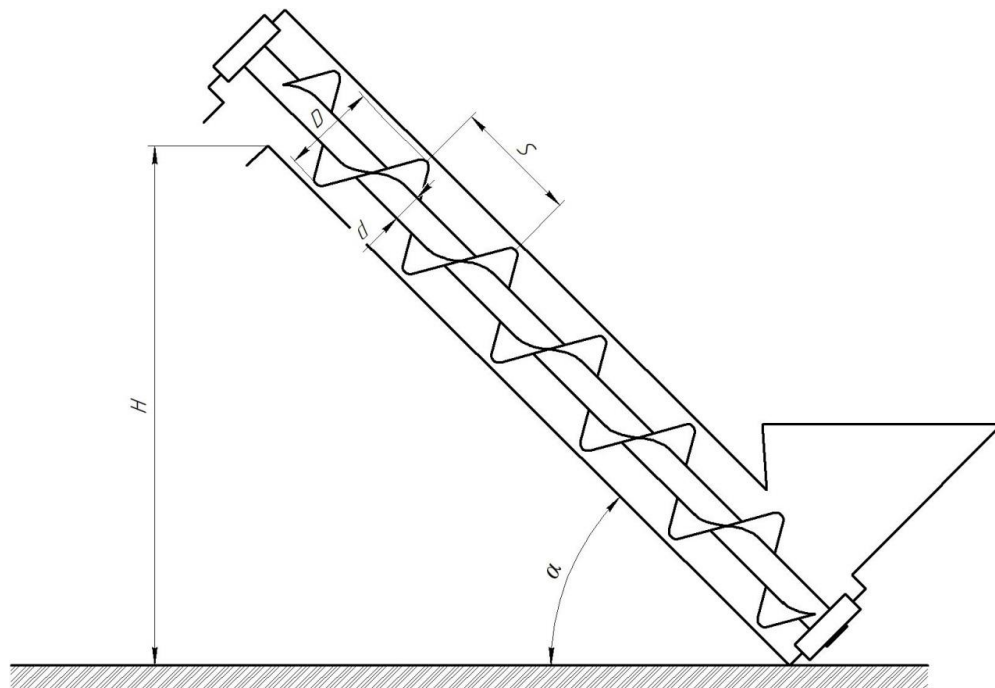


Рис. 3.1. Розрахункова схема шнекового завантажувача

Визначимо частоту обертання валу шнека:

$$n = \frac{Q}{47 \cdot (D^2 - d^2) \cdot \gamma \cdot S \cdot \psi \cdot \xi}$$

Підставивши прийняті значення отримаємо

$$n = \frac{1000}{47 \cdot (0,1^2 - 0,032^2) \cdot 760 \cdot 0,08 \cdot 0,35 \cdot 0,5} = 222,7 \text{ об/хв.}$$

Визначення параметрів колосового решета

Обґрунтування діаметру перетинок решета

Задача роботи колосового решета полягає у виділенні з зернового вороху крупних домішок та одночасно з цим недопущення втрат часток основного матеріалу – зерна.

Згідно рекомендацій [14] приймаємо ширину каналу 4 мм. Дослідження проведені [15] доводять, що для колосових решіт діаметр поздовжньої перетинки повинен бути якомога менший, але він повинен забезпечувати задані параметри решета при осьових та радіальних навантаженнях. Таким чином приймаємо діаметр поздовжньої перетинки рівним 1 мм.

Згідно завдання продуктивність колосового решета становить 1 т/год.

Експериментально встановлено [12], що для перетинки діаметром 1 мм та для кута нахилу решета 32° потрібна довжина решета становить 570 мм

Ширину решета знайдемо виходячи з особливостей конструкції накопичувального бункера й рамки колосового решета. Ширина бункера становить 560 мм. Рамка решета має ширину 25 мм, тож робоча ширина решета становить: $B = 560 - 2 \cdot 25 = 510$ мм

Кількість перетинок решета визначаємо за виразом:

$$z = \frac{B - \Delta}{\Delta + d},$$

де d – діаметр прутка решета, $d = 0,001$ м;

Δ – потрібна ширина робочого каналу, $\Delta = 0,004$ м.

Тоді

$$z = \frac{510 - 4}{4 + 1} = 101,2 \text{ шт.}$$

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Приймаємо $z=101$ шт.

Фактична ширина сепаруючої частини решета становить

$$B = z \cdot (\Delta + d) + \Delta = 101 \cdot (4 + 1) + 4 = 509 \text{ мм.}$$

Визначення параметрів підсівного решета

Визначаємо потрібну ширину решета (рис. 3.2).

$$B' = \frac{Q}{q_b},$$

де $Q=1000$ кг/год продуктивність сепаратора;

$q_b = 1000 \dots 1500$ кг/дм²·с – питоме завантаження одиниці ширини решета при повноті розділення 0,65...0,7.

Значить

$$B' = \frac{1000}{1000} = 1 \text{ дм.} = 100 \text{ мм,}$$

Як і у базової машини.

Розрахункова кількість робочих каналів решета

$$z = \frac{B' + d}{\Delta + d},$$

де $d = 4$ мм – діаметр прутка решета;

$\Delta = 2,0$ мм – ширина робочого каналу.

Тоді

$$z = \frac{100 + 4}{2 + 4} = 17,3$$

Приймаємо $z=17$.

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тоді реальна ширина решета дорівнюватиме

$$B = z \cdot (\Delta + d) - d = 18 \cdot (2 + 4) - 4 = 98 \text{ мм.}$$

Довжина решітки

$$L = \frac{Q}{q_F \cdot B} = \frac{0,27}{13,5 \cdot 0,098} = 0,204 \text{ м,}$$

де q_F – допустиме питоме завантаження одиниці площі решета, згідно дослідних даних, складає $q_F = 13,5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$.

Радіус решітки визначається як

$$R = \frac{2 \cdot L}{\pi} = \frac{2 \cdot 0,204}{3,14} = 0,126 \text{ м.}$$

Приймаємо конструктивно $R = 125 \text{ мм}$

Тоді діаметр ротора становить

$$D = 2 \cdot R = 2 \cdot 125 = 250 \text{ мм.}$$

Визначаємо частоту обертання щіткового барабану

$$n = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot K}{R}},$$

де K – показник кінематичного режиму роботи сепаратора.

Згідно графіку залежності середнього значення коефіцієнту сепарації від показника кінематичного режиму роботи інерційного прямооточного сепаратора найбільш раціональне значення показника знаходиться в межах $K = 210\text{--}314$. Для розрахунків приймаємо $K = 300$.

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, частота обертання щіткового барабана становить

$$n = \frac{30}{3,14} \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 300}{0,125}} = 1465,9 \text{ об/хв.}$$

Оскільки щітковий барабан встановлюється безпосередньо на вал електродвигуна, то приймаємо синхронну частоту обертання валу електродвигуна 1500 хв^{-1} . Вибір електродвигуна проведемо в енергетичних розрахунках.

Визначаємо кількість щіток на барабані

$$k = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot h_1 \cdot B \cdot V_1 \cdot (\Delta + d)}{s \cdot h_2 \cdot b_3 \cdot V_2 \cdot (B + d)(1 + \psi_0)},$$

де h_1 – товщина шару до взаємодії з лопатями (щітками) барабана, м;

V_1 – швидкість руху зерна до взаємодії з лопатями, м/с;

$$h_1 \cdot V_1 \cdot B = \frac{Q}{\gamma},$$

де ρ – об’ємна маса зернового матеріалу, $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$;

$s = 0,0075 - 0,015 \text{ м}$ – довжина зерна, ;

$h_2 = 0,0035 - 0,0086 \text{ м}$ – ширина зерна;

$b_3 = 0,0017 - 0,006 \text{ м}$ – товщина зерна,;

V_2 – лінійна швидкість руху зерна по поверхні решета, м/с

$\psi_0 = 0,1$ – відносний вміст підсіву.

Таким чином, з врахуванням значень вказаних параметрів на барабані о встановити наступну кількість лопатей:

$$k = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,125 \cdot 0,025 \cdot 0,098 \cdot 1 \cdot (0,002 + 0,004)}{0,012 \cdot 0,003 \cdot 0,0025 \cdot 760 \cdot 1500 \cdot (0,098 + 0,004)(1 + 0,1)} = 23,4.$$

Приймаємо конструктивно $k = 24$.

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Ширину аспіраційного каналу зерноочисної машини приймаємо узгодженою з шириною решітки:

$$B_a = B = 98 \text{ мм}$$

Глибину і висоту каналів приймаємо як і у базової машини, відповідно $a=50 \text{ мм}$, $H=300 \text{ мм}$

Вивантажувач зерноочисної машини інерційного типу і не підлягає модернізації у нашій магістерській роботі, тому його параметри є незмінними: довжина вивантажувального рукава – 820 мм, ширина – 98 мм – для узгодження з шириною решета, кут нахилу – 45 градусів, початкова висота – 40 мм, кінцева висота – 20 мм, радіус заокруглення головки – 400 мм.

3.2. Кінематичний розрахунок приводу шнекового завантажувача

Зазвичай шнеки приводять в дію пасовими передачами, які дозволяють передавати достатній крутний момент і ефективно знижувати частоту обертання до потрібної.

Схему передачі наведено на рис. 3.2.

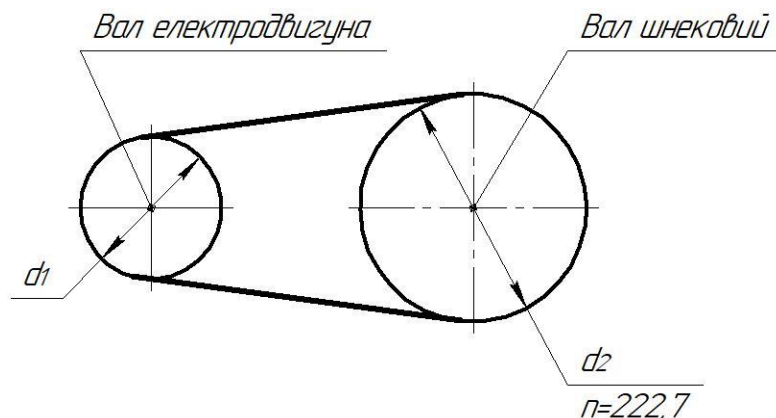


Рис. 3.2. Схема пасової передачі

Для живлення шнеку приймаємо електродвигун серії АИР [18] з синхронною частотою обертання 750 об/хв. Фактична частота обертання валу становить $n_1 = 680 \text{ об/хв}$ [18].

Передавальне відношення передачі електродвигун – шнековий вал.

$$i_{1-2} = n/n_1 = 222,7/680 = 0,3275$$

Діаметр шківів шнекового валу

$$d_2 = d_1 / i_{1-2} = 71 / 0,3275 = 213,7 \text{ мм};$$

де: $d_1 = 71$ мм – діаметр шківів, що встановлено на валу електродвигуна.
Приймаємо $d_2 = 200$ мм – найближчий діаметр шківів, прийнятий зі стандартного ряду.

Дійсне передавальне відношення передачі буде:

$$i_{1-2} = d_1 / d_2 = 71 / 200 = 0,355$$

Дійсна частота обертання шнекового валу

$$n_2 = n_1 \cdot i_{1-2} = 680 \cdot 0,355 = 241,4 \text{ об/хв}$$

3.3. Енергетичний розрахунок шнекового транспортера-завантажувача

Потужність для переміщення вантажу

$$N_1 = \frac{V_0 \cdot G \cdot \mu_2 \cdot \operatorname{tg}(\lambda_0 + s_1)}{75}$$

де: V_0 - швидкість по колу центру тиску, м/с;

G – маса зернового матеріалу, що розміщується у жолобі, кг;

$\mu_2 = 0,35$ – коефіцієнт тертя пшениці по сталі;

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

λ_0 – кут підймання гвинтової поверхні. що проходить через центр тиску матеріалу на поверхню шнеку;

s_1 – кут тертя зернового матеріалу по гвинтовій поверхні шнеку.

Колова швидкість центру тиску:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D_o \cdot n}{60}$$

де: D_0 – діаметр кола, яке умовно проходить крізь центр тиску зернового матеріалу на гвинтовій поверхні.

Тож

$$D_0 = (0,7 \dots 0,8) D = 0,75 \cdot 0,1 = 0,075 \text{ м.}$$

Значить швидкість становитиме

$$V_0 = \frac{3,14 \cdot 0,075 \cdot 241,4}{60} = 0,95 \text{ м/с}$$

Маса зернового матеріалу, який розміщується в жолобі:

$$G = \frac{Q \cdot L}{3,6 \cdot V_n} = \frac{1 \cdot 2}{3,6 \cdot 0,32} = 1,73 \text{ кг}$$

де: Q – продуктивність шнекового транспортера, т/год.

$L=2$ м – довжина шнекового транспортера;

V_n – швидкість осьового переміщення зернового матеріалу, м/с;

Швидкість осьового переміщення становить

$$V_n = \frac{S \cdot n}{60} = \frac{0,08 \cdot 241,4}{60} = 0,32 = 0,31 \text{ м/с}$$

Інші складові рівняння визначаються наступним чином.

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\operatorname{tg} \lambda_0 = \frac{S}{\pi \cdot D_0} = \frac{0,08}{3,14 \cdot 0,075} = 0,34$$

Значить кут

$$\lambda_0 = \operatorname{arctg} 0,34 = 18,76^\circ$$

$\operatorname{tg} s_1 = \mu_2 = 0,35$ – коефіцієнт тертя по шнеку.

$$s_1 = \operatorname{arctg} 0,35 = 19,2^\circ.$$

З урахуванням знайдених складових, потужність, що необхідна на привід шнекового транспортера будерівною

$$N_1 = \frac{0,95 \cdot 1,73 \cdot 0,35 \cdot \operatorname{tg}(18,76^\circ + 19,2^\circ)}{75} = 0,26 \text{ кВт}$$

Загальна потужність, необхідна для приводу шнека визначиться з урахуванням ккд приводу:

$$N = \frac{N_1}{\eta},$$

де η – загальник ккд передач.

Загальний коефіцієнт корисної дії механізму приводу можна визначити з рівняння

$$\eta = \eta_{нк} \cdot \eta_{nn} \cdot \eta_{пк},$$

де $\eta_{нк} = 0,995$ – ккд підшипників кочення;

$\eta_{nn} = 0,97$ – ккд клинопасової передачі.

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином

$$\eta = 0,995 \cdot 0,97 \cdot 0,995 = 0,96$$

Значить, необхідна потужність на привід шнекового транспортера становить

$$N = \frac{0,26}{0,96} = 0,27 \text{ кВт}$$

Отже, для приводу шнекового транспортера приймаємо асинхронний трифазний електродвигун з короткозамкненим ротором АИР80В8 – 0,55/750, який має потужність 0,55 кВт і синхронну частоту обертання 750 об/хв.

3.4. Розрахунок на міцність клинопасової передачі приводу шнека

Вихідні дані:

- потужність передачі $N = 0,27 \text{ кВт}$,
- частота обертання валу електродвигуна $n_1 = 680 \text{ об/хв}$,
- частота обертання шнекового валу $241,4 \text{ об/хв.}$,
- діаметр ведучого шківа – $d_1 = 71 \text{ мм}$,
- діаметр веденого шківа – $d_2 = 200 \text{ мм}$,
- навантаження спокійне, робота двозмінна.

Крутний момент на швидкохідному валі:

$$T_{\text{ш}} = 9550 \cdot N_d / n_1 = 9550 \cdot 0,27 / 680 = 3,8 \text{ Н·м}$$

Приймаємо переріз паса “0”, схему якого представлено на рис. 3.3. Переріз паса “0” має наступні розміри $b_p = 8,5 \text{ мм}$; $h = 6 \text{ мм}$; $b_o = 10 \text{ мм}$; $y_o = 2,1 \text{ мм}$; $F_1 = 0,47 \text{ см}^2$; $g = 0,07 \text{ кг/м}$ - згідно [19] табл. 2.12.

Швидкість паса:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 71 \cdot 680}{60 \cdot 1000} = 2,5 \text{ м/с}$$

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

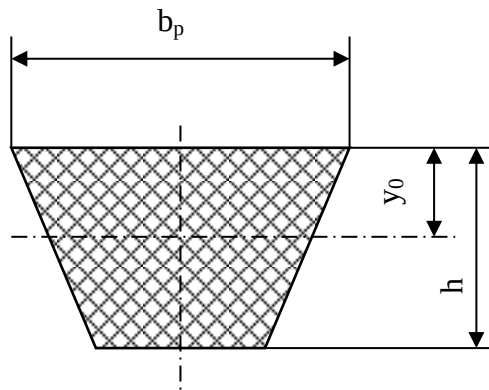


Рис. 3.3. Схема перерізу клинового пасу «0»

Міжосьова відстань:

$$a \geq 0,95d_2 = 0,95 \cdot 200 = 190 \text{ мм}$$

Розрахункова довжина пасу:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} (d_{h1} + d_{h2}) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}$$

$$L = 2 \cdot 190 + \frac{3,14}{2} (71 + 200) = 805 \text{ мм}$$

Приймаємо зі стандартного ряду довжин $L = 900$ мм.

Уточнюємо міжосьову відстань:

$$a = \frac{2L - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{(2L - \pi(d_1 + d_2))^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8}$$

$$a = \frac{2 \cdot 900 - 3,14 \cdot (71 + 200) + \sqrt{(2 \cdot 900 - 3,14 \cdot (71 + 200))^2 - 8 \cdot (200 - 71)^2}}{8} = 818,4 \text{ мм}$$

Кут обхвату на меншому шківі

$$d_2^0 = 180 - 60 \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 60 \frac{200 - 71}{818,4} = 170,54^\circ$$

Вихідна довжина пасу [19] табл. 15: $L_0 = 1320$ мм

Відносна довжина пасу: $L/L_0 = 900/1320 \approx 0,68$

Коефіцієнт довжини $C_l = 0,89$.

Вихідна потужність при $d_1 = 71$ мм і $V = 2,5$ м/с $N_0 = 0,37$ кВт.

Коефіцієнт кута обхвату $C_\alpha \approx 1$.

Поправка до моменту на передавальне відношення $\Delta T = 0,5$ Н м

Поправка до потужності:

$$\Delta N = 0,0001 \Delta T \cdot n_1 = 0,0001 \cdot 0,5 \cdot 680 = 0,034 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт режиму роботи $C_p = 0,73$.

Допустима потужність на один пас

$$[N] = (N_0 \cdot C_\alpha \cdot C_l + \Delta N) \cdot C_p$$

$$[N] = (0,37 \cdot 1 \cdot 0,89 + 0,034) \cdot 0,73 = 0,46 \text{ кВт}$$

Розрахункова кількість пасів

$$Z = \frac{N}{[N]} = \frac{0,27}{0,46} = 0,6$$

Приймаємо для передачі крутного моменту 1 пас, який гарантовано дозволить забезпечити надійність і довговічність передачі.

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4. Охорона праці

4.2. Інструкція з охорони праці при роботі на зерноочисній машині

З метою уникнення впливу небезпечних та шкідливих факторів на організм оператора зерноочисної машини та оточуючих, необхідно дотримуватися вимог охорони праці, які відображені у затвердженому Міністерством циркулярі [21, 22], згідно якого:

1. перед початком роботи зерноочисної машини необхідно переконаватися в тому, що її пуск нікому не загрожує і подати попереджувальний сигнал;
2. не працювати зі знятими огороженнями пасових передач та інших обертових частин зерноочисної машини, а також рухомих частин, які знаходяться в доступних місцях;
3. усувати пошкодження, очищати машину від зерна і домішок, змащувати і регулювати дозволено тільки при вимкненому рубильнику, відключеному штепсельному з'єднанні і зупиненій машині;
4. під час зміни місця роботи зерноочисної машини, від'єднати живильний кабель від силової шафи;
5. очищати решета тільки спеціальною щіткою;
6. під час роботи зерноочисної машини зерно і відходи прибирати спеціальними скребками з довгими ручками;
7. не допускається чистити руками осадові камери машини крізь оглядові люки;
8. не допускається накопичення пилу, відходів, зернових залишків біля машини, в робочій зоні.
9. для очищення шнека, який забився зерном потрібно зупинити машину;
10. забороняється залишати без нагляду працюючу машину;
11. забороняється вмикати машину при знятих захисних пристосуваннях і несправних контрольно-вимірювальних приладах;

12. забороняється допускати до обслуговування машини сторонніх осіб

13. технічне обслуговування та утримання зерноочисної машини необхідно проводити виключно із застосуванням спеціальних інструментів, призначених для цього;

14. в разі виявлення сильних корозійних місць, особливо на елементах, впливаючих на безпеку обслуговування, необхідно обов'язково замінити пошкоджені елементи новими.

5. Економічна ефективність

В нашій магістерській кваліфікаційній роботі здійснено удосконалення малогабаритної зерноочисної машини ЗОМ-1 для малих фермерських господарств. Наше удосконалення полягає у встановленні шнекового завантажувального транспортера, який дозволить замінити ручну працю і зменшити загальні витрати матеріальних ресурсів на проведення операції післязбирального очищення зерна та підвищити економічну ефективність від застосування зерноочисної машини.

Висновки

В магістерській роботі нами удосконалено конструкцію зерноочисної машини ЗОМ-1. У підсумку нами досягнуто наступних результатів:

- проведено огляд конструкцій шнекових транспортерів, на основі якого зроблено висновок про можливість їх встановлення в якості завантажувача на зерноочисну машину ЗОМ-1 з метою підвищення рівня механізації процесу;
- виявлені недоліки шнекових транспортерів і запропоновано шляхи щодо їх уникнення – заокруглення робочих крайок гвинтової навивки і зниження шорсткості її поверхні задля зменшення ступеню пошкодження зерна;
- шляхом реалізації повного факторного експерименту ПФЕ 2² обґрунтовані параметри шнека, зокрема встановлено закономірність зміни продуктивності від частоти обертання і кута нахилу шнека до горизонту;
- виявлено, що при куті нахилу шнека до горизонту 60°, його продуктивність зменшується вдвічі, що дало можливість запропонувати експериментальний коефіцієнт-поправку $\xi=0,5$ для використання у теоретичному розрахунку параметрів шнека;
- в інженерній частині здійснено розробку шнекового завантажувача і проведено деталювання його елементів. Проведено технологічні, кінематичні, енергетичні розрахунки основних робочих органів машини та розрахунок на міцність приводу завантажувача.
- запропоновано заходи з охорони праці при роботі на удосконаленій машині;
- отримання економічного ефекту від застосування удосконаленої машини ґрунтується підвищенням рівня механізації праці, зменшенням необхідної кількості працівників і підвищенням загального технічного рівня зерноочисної машини.

Список використаної літератури

1. <https://agro-ukraine.com/ua/trade/m-584479/transportery-vertikalnye-dozamech-polsha/>
2. <https://mashgroup.ck.ua/ua/p1171701486-gibkij-shnekovyj-transporter.html>
3. <https://nasos-ukraina.com.ua/ua/a393904-shnekovye-pogruzchiki-transportery.html>
4. <https://prom.ua/p1705831423-vertikalnij-shnekovyj-transporter.html>
5. <https://vent-a.com.ua/pr3560-ua/shnekovyj-transporter-v-trubi/>
6. https://www.google.com/search?q=гнучкий+шнековий+транспортер&tbm=isch&ved=2ahUKEwjRla7I2Jz-AhWlXSoKHUChAKAQ2-cCegQIABAA&oq=гнучкий+шнековий+транспортер&gs_lcp=CgNpbWcQAzIHC AAQGBCABDoECCMQJ1DxCVjaHmCUImgBcAB4AIABWogB1waSAQIxMJgB AKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scclient=img&ei= aAyZJGjPIiLqwHAwo KACg&bih=1015&biw=1377&client=opera&hs=khC#imgrc=CYIV3j0DKxxLSM
7. <https://www.indiamart.com/proddetail/vertical-screw-conveyor-machine-13210228091.html>
8. <https://zavodgoopprogress.com.ua/ua/p908964484-gibkij-shnek-voroshitelem.html>
9. Бендера І. М. Проектування сільськогосподарських машин : навч.-метод. посіб. для викон. курс. проектів з розробки с.-г. техніки при підготов. фахівців напряму "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / І. М. Бендера, А. В. Рудь, Я. В. Козій, Д. Г. Войтюк, П. В. Сисолін; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т, Борщів. аграр. коледж. - Кам'янець-Поділ. : Сисин О.В. : Абетка, 2011. - 639 с.
10. Васильковский А.М, Васильковский М.И, Осипов И.Н. Комбинированный сепаратор зернового вороха. - "Simposion stiintific jubiliar". // 65 de ani Univeritatii Agrare de Stat din Moldova.: Volumul 2, Octombrie, Chisinoi,1998. - с. 6.
11. Васильковський, О.М. Аналіз способів інтенсифікації процесу сепарації зернових матеріалів на решетах [Текст] / О.М. Васильковський, Ю.В. Мачок // Матеріали V міжнародної науково-технічна конференції «Крамаровські читання». К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. С. 127-129.

					MP 00.000 ПЗ		Арк.
							41
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

12. Васильковський О. М. Математична модель роботи відцентрово-пневматичного сепаратора зерна / О. М. Васильковський, В. В. Гончаров, Д. І. Петренко, С. М. Лещенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10. Т.8. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 94–104.
13. Аналіз роботи живильних і завантажуючих транспортерів ЗОМ загального призначення / Мороз С.М., Васильковський М.І., Васильковський О.М., [та ін.] // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 18. Ред.–вид. відділ ЛНТУ, 2009. – С. 311–316.
14. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. - К.: Каравела, 2004. - 552 с.
15. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини.- 6-е вид., перероб. і допов.- К.: Урожай, 1992. - 448 с.
16. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. - К.: Урожай, 1990. - 194 с.
17. Лашкул А., Васильковський О. Обґрунтування параметрів решітної частини відцентрового сепаратора зерна. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «ІННОВАЦІЇ: теорія і практика»*. Кропивницький: АПН. 2020. С. 8-9.
18. Лещенко С.М. Експоненційна та мультиплікативна регресійні моделі процесу пневмосепарації зернових сумішей/ С.М. Лещенко, В.М. Сало, О.М. Васильковський, В.В. Кузло // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград. - 2012. - Вип. 42 (1). - С. 82-88.
19. Сало В.М., Мороз С.М., Васильковський О.М., Петренко Д.І. Розробка нової конструкції пневморешітної зерноочисної машини. Том 1. Обґрунтування параметрів транспортера сепаратора. – Кіровоград: видавець Лисенко В.Ф., 2014. 108 с.
20. Сисолін П. В., Петренко М.М., Свірень М.О. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Машини та обладнання для переробки зерна та насіння. Кн.3. К.: Фенікс. 2007. 364 с.

21. https://aip.com.ua/katalog_elektrovdigatelei_air/750-ob-min/
22. Сільськогосподарські машини. Навчальний посібник / П.В. Сисолін, В.М. Сало, М.О. Свірень [та ін.] за ред. М.І. Черновола // Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2017 – 156 с.
23. https://instruktor.ucoz.net/publ/instrukcija_z_okhoroni_praci_pri_pisljazbiral_nij_dorobci_zerna/1-1-0-1041
24. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#Text>

					МП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

ДОДАТКИ

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1			MP 00.010 СБ	Шнек	1		
					Документація			
					Складальні одиниці			
		1		MP 00.010.010	Шнековий вал	1		
		2		MP 00.010.020	Корпус			
					Деталі			
	Подп. и дата			3	MP 00.010.401	Корпус	1	
			3a	MP 00.010.401-01	Корпус	1		
			4	MP 00.010.102	Шків	1		
			5	MP 00.010.403	Корпус	1		
			5a	MP 00.010.404	Корпус	1		
			6	MP 00.010.105	Кільце	1		
			6a	MP 00.010.106	Кільце	1		
					Стандартні вироби			
			8		Підшипник 46305 ГОСТ 871-75	2		
Взам. инв. №				9		Шпонка 8x7x18 ГОСТ 10748-79	1	
			10		Болт М6-6dх25 ГОСТ 7796-70	8		
			11		Гайка М6-7Н ГОСТ 5927-70	8		
			12		Шайба 6 65Г ГОСТ 6402-70	8		
Подп. и дата					MP 00.010			
	Изм. / Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Инв. № подл.	Разраб.	Шеремет			Шнек	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Васильковський						1
	Н.контр.	Мачок				ЦНТУ,		
	Утв.	Лещенко				гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)		

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Удосконалення зерноочисної машини ЗОМ-1
з обґрунтуванням параметрів завантажувача зерна»

Виконав:
студент групи ГМ(СМ)-21М(1,9)
Шеремет Максим

ПЛАНУВАННЯ ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Визначення продуктивності похилого шнекового транспортера

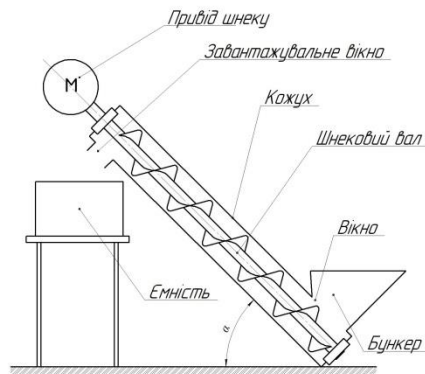


Схема експериментальної установки

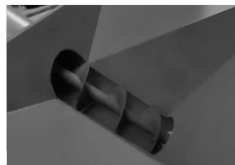
Тахометр



Блок живлення



Дослідний шнек



Засоби проведення дослідів

Кодування факторів і умови проведення експерименту

Фактор	Позначення		Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
	Натуральне	Кодове		Натуральні			Кодові		
				Верхній	Нульовий	Нижній	Верхній	Нульовий	Нижній
Частота обертання вала, об/хв.	n	x1	35	120	85	50	+1	0	-1
Кут нахилу транспортера, град.	α	x2	30	60	30	0	+1	0	-1

Результати факторного експерименту

Номер дослідів	Значення кодованих факторів			Вихідний параметр Y, кг			Середнє значення, кг
	X1	X2	X1 X2	I	II	III	
1	-1	-1	+1	3,21	3,28	3,38	3,29
2	+1	-1	-1	6,23	6,06	6,82	6,04
3	-1	+1	-1	1,64	1,72	1,58	1,64
4	+1	+1	+1	4,02	3,84	4,00	3,95

МР 00.001 НЧ			
Планування факторного експерименту	Діаг.	Метод.	Умови
Діаг.	Метод.	Умови	Діаг.
Метод.	Умови	Діаг.	Метод.
Умови	Діаг.	Метод.	Умови

РЕЗУЛЬТАТИ ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Перевірка результатів експерименту за критерієм Кохрена підтвердила відтворення дослідів

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum S_u^2} \leq G(0,05; n; f_u) \quad G = 0,659 \leq 0,7679$$

де S_u^2 – дисперсія розсіювання результатів у u -му досліді; $S_{\max}^2$ – найбільша з дисперсій; $G(0,05; n; f_u) = 0,7679$ – табличне значення коефіцієнту Кохрена

Отримана статистична математична модель у вигляді поліному

$$Y = 3,73 + 1,26 \cdot x_1 - 0,93 \cdot x_2 - 0,11 \cdot x_1 \cdot x_2$$

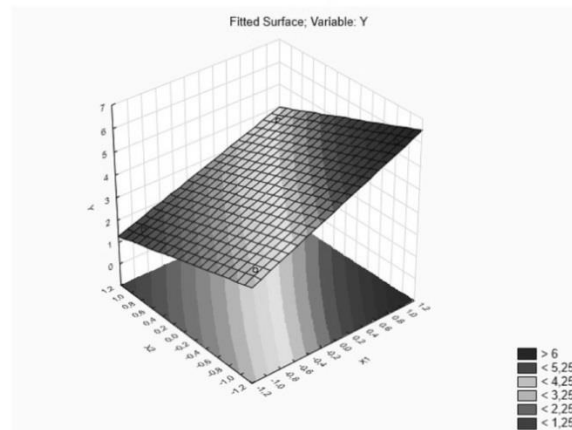
Перевірка математичної моделі за критерієм Фішера підтвердила її адекватність

$$F = \frac{S_{\text{ад}}^2}{\sum S_y^2} \leq F(0,05; f_{\text{ад}}; f_y) \quad F = 2,5 \leq 5,318$$

де $S_{\text{ад}}^2$ – дисперсія адекватності лінійної частини поліному; S_y^2 – дисперсія відтворюваності; $F(0,05; f_{\text{ад}}; f_y) = 5,318$ – табличне значення коефіцієнту Фішера

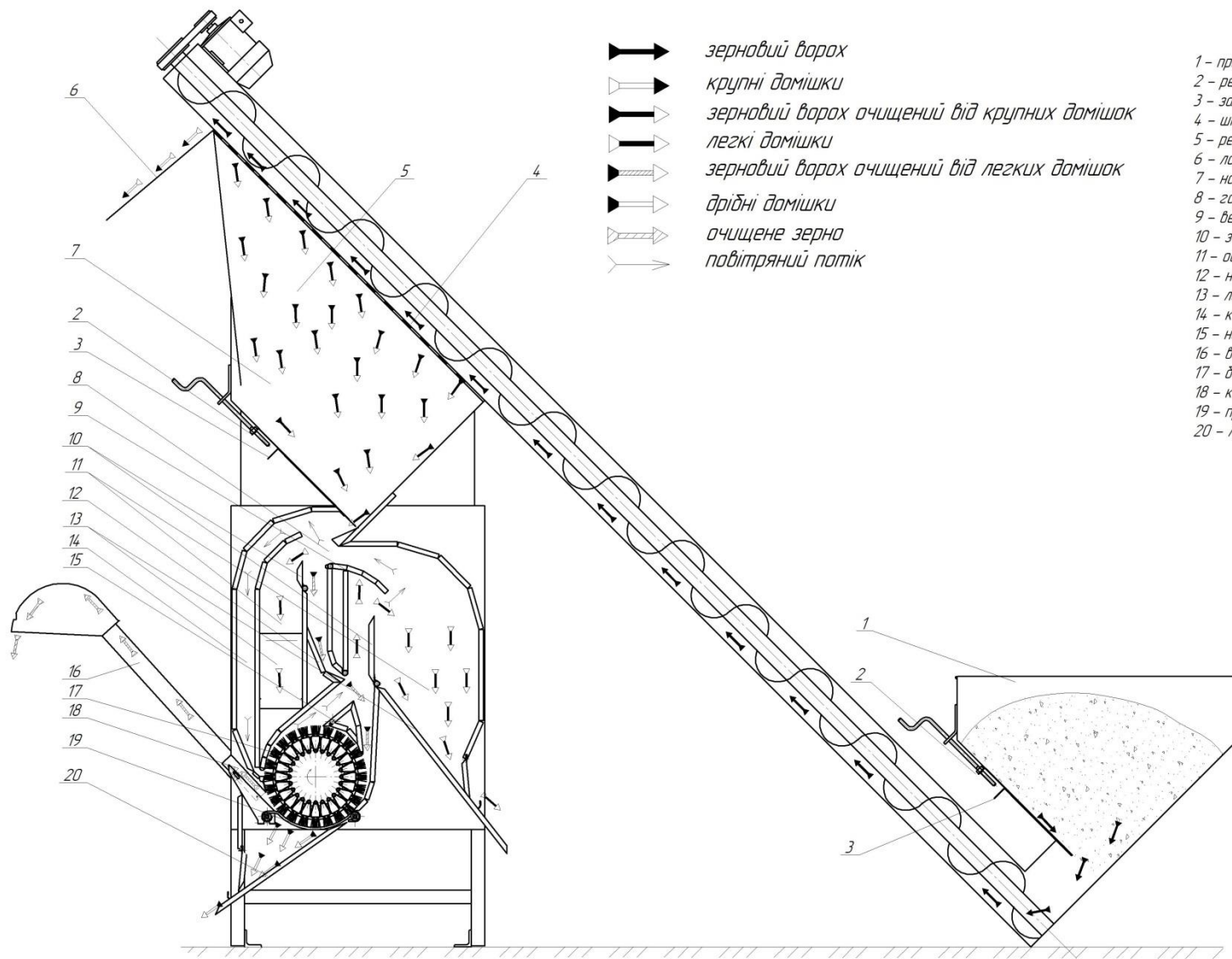
Перевірка коефіцієнтів поліному за критерієм Стюдента дозволила виключити незначущий фактор

$$|b_a| \geq \Delta b_a = t(0,05; f_y) \frac{S_y}{\sqrt{n}} \quad \Delta b_a = 0,16$$



Залежність продуктивності шнекового транспортера від частоти обертання та кута нахилу

МР 00.002 НЧ			
Результати факторного експерименту	Діаг.	Метод.	Умови
Діаг.	Метод.	Умови	Діаг.
Метод.	Умови	Діаг.	Метод.
Умови	Діаг.	Метод.	Умови

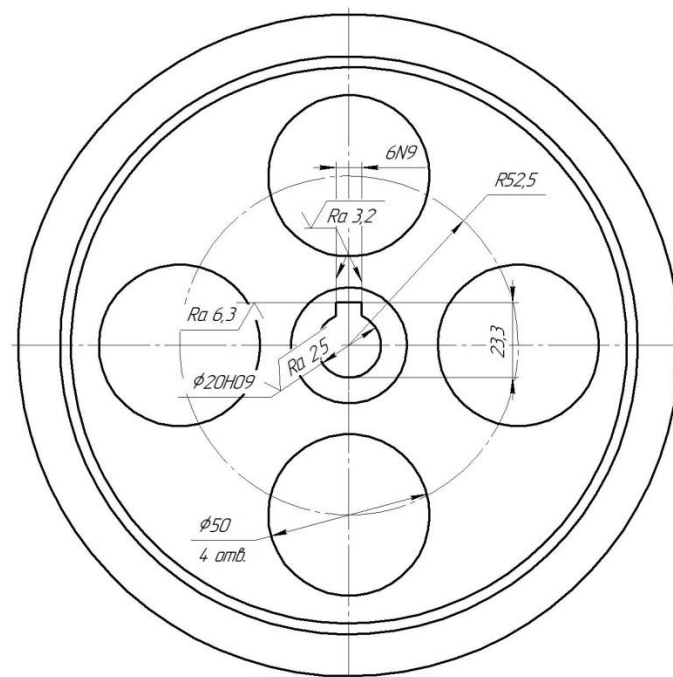
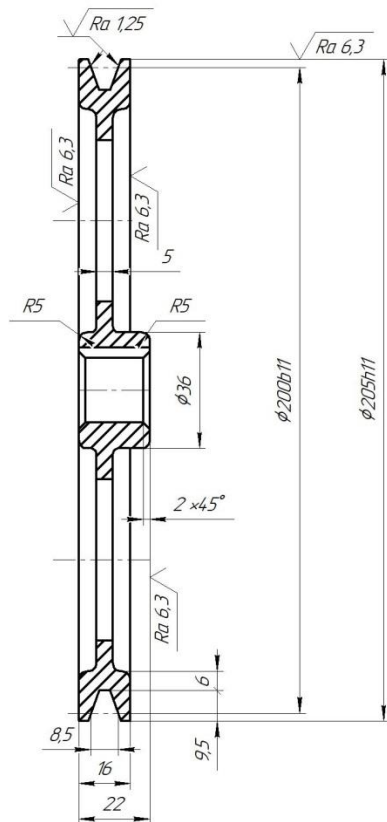


- ➡ зерновий ворох
- ➡ крупні дімішки
- ➡ зерновий ворох очищений від крупних дімішок
- ➡ легкі дімішки
- ➡ зерновий ворох очищений від легких дімішок
- ➡ дрібні дімішки
- ➡ очищене зерно
- ➡ повітряний потік

- 1 – приймальний бункер
- 2 – регулююча заслінка
- 3 – заслінка
- 4 – шнек
- 5 – решето крупних дімішок
- 6 – лоток виводу крупних дімішок
- 7 – накопичувальний бункер
- 8 – горизонтальний повітряний канал
- 9 – верхній сектор
- 10 – заслінка
- 11 – осадкові камери легких дімішок
- 12 – напрямник
- 13 – лотки виводу легких дімішок
- 14 – канал ежектора
- 15 – нижній сектор
- 16 – відвантажувач
- 17 – барабан
- 18 – канал виводу очищеного зерна
- 19 – пруткове решето
- 20 – лоток дрібних дімішок

MP 00.000 C2				Лист		
Машина зерноочисна				Лист	Рисунки	Висновки
ЗМ-1				1		
-				ЦНТЧ		
зр. ГІМСЧ-2-Р(19)				Формат А1		

Φαρμακία Α1



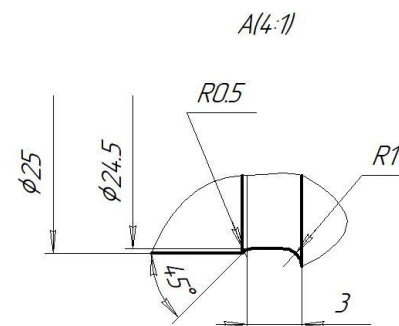
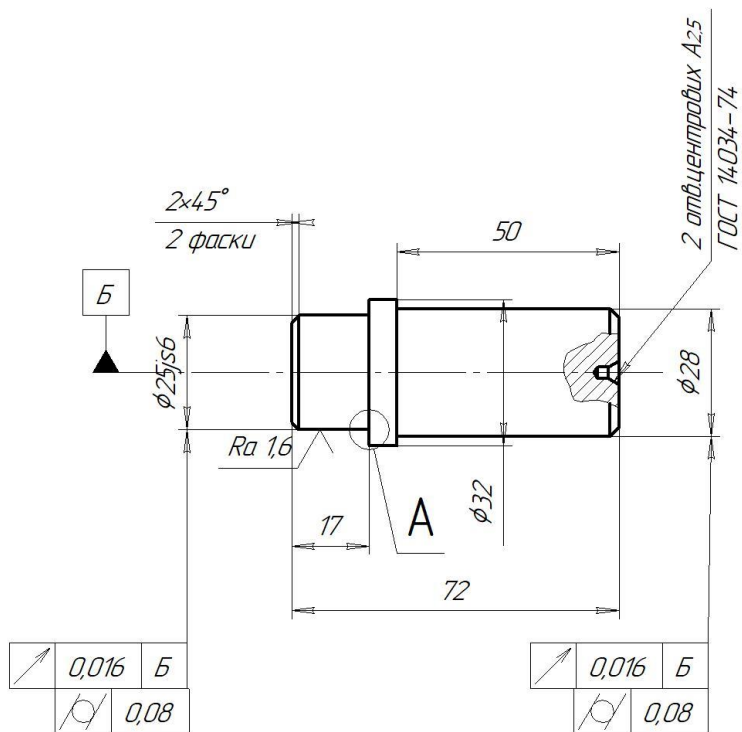
1. Невказані граничні відхилення розмірів: IT14/2.
2. Невказані радіуси 1 мм.
3. Балансувати статично, дисбаланс не більше 6 г м.
4. Невказані радіуси скруглень переходів маточини та обода 5 мм, інші невиказані скруглення – 0,5 мм.
5. *Розміри для довідок.

						MP 00.010.601		
Изм	Лист	№ докум	Подп	Имя		Лист	Маска	Масштаб
Разраб		Щербаков					3,2	1:1
Проб		Воскобойников						
Технар						Лист	Листов	1
Исполн		Мороз				ЦНТУ		
Умб		Лещенко				ар. ГИМСП-21М(1,9)		
Круг						210 ГОСТ 74-17-75		
						Сталь 20 ГОСТ 1051-73		
Контроль						Формат А2		

Формат А3

MP 00.010.603

✓ Ra 12,5 (✓)



1. *Розміри для довідок.

2. Невказані граничні відхилення розмірів: $\pm \frac{IT_{14}}{2}$.

						MP 00.010.603				
						Цапфа	Лист	Масса	Масштаб	
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата					0,25	1:1	
Разработ.	Щербаков									
Проб.	Васильковский									
Техн.пр.										
Нач.пр.	Мачок					35 ГОСТ 2590-88	ЦНТУ			
Утв.	Лещенко					Круг Сталь 45 ГОСТ 1050-88	гр. ГМСТМ-21М(19)			
						Копировал	Формат А3			