

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-3 з обґрунтуванням
параметрів вивантажувача зерна»

Виконав здобувач вищої освіти __П__ курсу,

групи ГМ(СМ)-21М(1,9)

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____ Драндалуш Сергій Васильович

« ____ » _____ 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-3 з
обґрунтуванням параметрів вивантажувача 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

«16» лютого 2023 р.

Підпис керівника

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«16» лютого 2023 р.

Підпис здобувача _____ Сергій ДРАНДАЛУШ
(прізвище та ініціали)

[illegible]

ЗМІСТ

1. Вступ.....	6
2. Наукова частина.....	8
3. Інженерна частина.....	26
4. Охорона праці.....	41
5. Економічна ефективність.....	43
6. Висновок.....	44
Список використаної літератури.....	46
Додатки.....	49

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

1. Вступ

Очистка зерна і насіння зернових колосових культур являється важливою умовою у забезпеченні подальшого зберігання. Розрізняють попередню, первинну і вторинну очистку, які відрізняються вимогами до якості і чистоти зерна.

Першу очистку зерна на току називають попередньою. Її проводять при надходженні зерна з току. Попередню очистку здійснюють зерноочисними машинами загального призначення, які розділяють зернову масу за аеродинамічними властивостями і за розмірами – шириною або товщиною. На попередню очистку попадає зернова маса з великою засміченістю і вологістю, яку забезпечують частинки і насіння бур'янів, які при збиранні врожаю можуть знаходитися на ранніх або середніх строках вегетації. Під час попереднього очищення необхідно швидко і якісно видалити ці частинки, забезпечивши повноту розділення 60%.

Первинну очистку зерна здійснюють також зерноочисними машинами загального призначення за тими ж властивостями, однак цей вид очистки має підвищені вимоги до якості і знижені – до продуктивності. Якість первинної очистки повинна бути не нижчою ніж 70% і її застосовують для отримання товарного зерна, яке можна використовувати у переробній галузі для отримання продуктів харчування.

Вторинна очистка зерна – це очистка, метою якої є одержання посівного матеріалу високої якості. Якість вторинної очистки не повинна бути меншою 80%. Для її виконання застосовують зерноочисні машини спеціального призначення, які як і попередні, здійснюють очищення за аеродинамічними властивостями, шириною або товщиною, а крім того,

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

видаляють домішки, що відрізняються від зерна основної культури за довжиною.

Якщо післязбиральне очищення проводиться для насіння трав, бобових та інших (не зернових колосових) культур, можуть застосовуватися і інші машини, які розділяють масу за іншими ознаками – формою, станом поверхні, шорсткістю, кольором, питомою вагою тощо.

Однак, не зважаючи на вид очищення, до всіх зерноочисних машин пред'являють вимоги щодо мінімізації рівня пошкодження і травмування зерна їх робочими органами. Не останню роль у травмуванні відіграють допоміжні робочі органи – транспортери, якими оснащені абсолютно всі зерноочисні машини.

Основними видами транспортерів, що застосовуються у зерноочисних машинах є шнекові, скребкові та ковшові, які мають свої переваги і недоліки.

В магістерській роботі нами проведено аналіз існуючих конструкцій транспортерів зерна, обґрунтовано параметри інерційного вивантажувача, а також розраховано конструктивні параметри зерноочисної машини ЗОМ-3, що дозволить підвищити ефективність її роботи.

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

2. Наукова частина

2.1. Огляд і аналіз транспортерів зерна

За конструктивними ознаками і способом виконання процесу транспортування зерна, транспортери можуть бути:

- стрічковими;
- скребковими;
- ковшовими;
- шнековими;
- пневматичними;
- гідравлічними;
- інерційними.

Стрічкові транспортери (рис. 2.1) – це одні з самих простих/, надійних і розповсюджених транспортерів, що використовуються у різних сферах виробництва: у сільськогосподарській і переробній, харчовій і текстильній, гірничо-видобувній і металургійній тощо.

Особливістю стрічкових транспортерів є використання верхньої ланки як робочої. Дані транспортери характеризуються відсутністю або мінімальними пошкодженнями зерна під час роботи.



Рис. 2.1. Стрічковий транспортер

Серед недоліків стрічкових транспортерів відзначають їх роботу тільки на прямих ділянках, відносно невелику питому продуктивність при роботі з сипкими матеріалами, викликану відсутністю бічних ребр і якісну роботу виключно при горизонтальному (або близькому до горизонтального) переміщенні сипких вантажів. Кут підйому вантажу має бути значно менше ніж кут тертя останнього по поверхні стрічки для уникнення можливості зсипання маси донизу. Збільшення кута підйому вантажу досягають застосуванням стрічки з поперечними захватами (рис. 2.2), однак це не може кардинально вирішити проблему.



Рис. 2.2. Стрічковий транспортер з поперечними захватами

Стрічкові транспортери з поперечними захватами знаходять своє застосування при транспортуванні матеріалів, що мають високу зв'язність і коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя, такі як ряска, тирса тощо.

Для транспортування сипких вантажів як горизонтально, так і під великим кутом до горизонту використовують скребкові ланцюгові транспортери (рис. 2.3, 2.4). Їх часто встановлюють на зерноочисні машини, як достатньо прості, надійні і продуктивні. Скребкові транспортери, зазвичай, мають нижню робочу ланку і матеріал, що переміщується є затисненим у об'єм між двома сусідніми скребками у повздовжньому напрямку і нерухомими боковинами транспортера у поперечному.

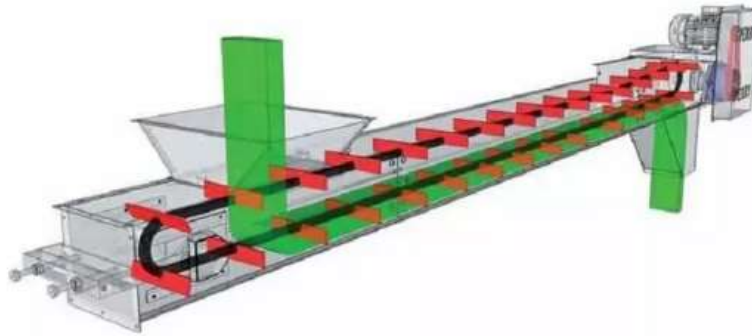


Рис. 2.3. Горизонтальний скребковий транспортер

На рис. 2.4. зображено завантажувальний транспортер зерноочисної машини, який складається з трьох елементів – два горизонтально розташовані скребкових живильника і похилий скребковий елеватор.



Рис. 2.4. Скребковий завантажувальний транспортер зерноочисної машини

Маючи нижню робочу ланку скребкові живильники ефективно підбирають (змітають) зернову масу з поверхні току і переміщують до

центру, де похилий елеватор її забирає і переміщує до зерноочисної машини. Після зношення, скребки достатньо просто замінити на нові або реставровані.

Одним з недоліків скребкових транспортерів є наявність травмування зерна, що відбувається під час заклинювання між поверхнею скребка і нерухомими поверхнями корпусу, а також під час волочіння живильниками зерна поверхнею току (для живильників). Привід скребкових транспортерів є простим, однак має встановлюватися у верхній частині елеватора, що дещо ускладнює його обслуговування і зміщує центр ваги скребкового робочого органу догори.

Шнекові транспортери (рис. 2.5-2.7) є найбільш універсальними серед механічних робочих органів.

Шнекові транспортери дозволяють здійснювати не тільки горизонтальне і під кутом до горизонту (рис. 2.5, 2.6) переміщення сипких вантажів, а й транспортувати вертикально (рис. 2.7). При цьому, останнім часом, набули поширення транспортери, оснащені еластичним шнеком і кожухом (рис. 2.6), що дозволяє здійснювати широкий спектр завантажувально-розвантажувальних робіт.

Розрізняють тихохідні і швидкохідні шнеки. Крім того, короткокрокові і ширококрокові.



Рис. 2.5. Шнековий похилий транспортер



Рис. 2.6. Шнекові гнучкі транспортери

Короткокрокові шнеки, які характеризуються малим відношенням зовнішнього діаметра до кроку витків застосовуються для вертикального або похилого переміщення сипких вантажів, а ширококрокові, у яких відношення зовнішнього діаметру до кроку велике і, як наслідок, значний кут гвинтової лінії – для горизонтального і транспортування під невеликим кутом.



Рис. 2.7. Шнековий вертикальний транспортер

Для живлення шнекових транспортерів використовують тихохідні електродвигуни, причому частоту обертання додатково зменшують за допомогою пасових або ланцюгових передач. В окремих випадках використовують зубчасті редуктори. Енергоємність роботи шнекових транспортерів одна з найменших.

Одним з найбільших недоліків шнекових транспортерів є високий ступінь пошкодження зерна витками за рахунок стирання, оскільки в процесі переміщення зернової маси відбувається взаємний рух, а також за рахунок заклинювання часток між витками і кожухом шнека. Тому їх використання обмежують в зерноочисних машинах вторинної очистки для уникнення пошкодження оброблюваного матеріалу, що готується для посівних цілей.

Ковшові транспортери – норії (рис. 2.8) призначені для вертикального (рис. 2.8а) транспортування зерна або під кутом до горизонту (рис. 2.8б).



а)



б)

Рис. 2.8. Ковшові транспортери (норії):

а- вертикальний ковшовий транспортер; б- нахилений ковшовий транспортер

Ковшові норії дещо складніші за конструкцією ніж попередні, однак при цьому мають суттєві переваги – низьку енергоємність процесу транспортування і травмобезпечність для зерна. Обидві переваги пояснюються відсутністю взаємного переміщення між зерновою масою, що транспортується і ківшами – основними робочими органами норій.

Завдяки зазначеним перевагам і здатністю ефективно працювати на підйом, ковшові транспортери знайшли широке застосування у переробній галузі, а також на насінневих підприємствах.

Попри перелічені переваги, ковшові транспортери мають і недоліки, серед яких варто виділити підвищену складність конструкції, пульсуючий потік матеріалу під час вивантаження, а також неможливість підвищення продуктивності за рахунок збільшення швидкості переміщення ківшів. Останнє обумовлене виникненням ефекту відцентрової розгрузки під час наповнення ківшів, в результаті чого останні не в змозі зачерпнути зерновий матеріал в нижній точці транспортера.

Пневматичні транспортери (рис. 2.9) також широко використовуються у сільському господарстві та переробній промисловості для транспортування сипких матеріалів – зерна, борошна, крупи тощо.

Пневматичні транспортери дозволяють здійснювати найбільш ефективне підбирання зерна з поверхні завдяки гнучкому всмоктувальному рукаву з насадкою, що практично не лишає залишків для подальшого збирання.



Рис. 2.9. Пневматичний транспортер зерна

Напірний рукав може бути жорстким, розрахованим для завантаження на потрібну висоту або гнучким, якщо завантаження здійснюється на різні поверхні.

Попри високу ефективність, пневматичні транспортери мають і характерні недоліки – найвищу питому енергоємність серед всіх транспортерів, підвищену запиленість робочого місця і можливе травмування зерна, яке рухається з великою швидкістю під час вивантаження.

Гідравлічні транспортери для переміщення зерна практично не використовуються внаслідок змочування останнього рідиною і необхідності здійснення подальшого сушіння, що є надто високовартісною технологічною операцією.

Одними з найбільш ефективних і функціональних транспортерів є інерційні – тримерні (рис.2.10) зернозавантажувачі.



Рис. 2.10. Інерційний (тримерний) завантажувач зерна

Вони поєднують переваги скребкових і пневматичних транспортерів, при цьому мають можливість працювати з поворотом завантаження зернового потоку до 90° і мають на менші на порядок показники енергоємності у порівнянні з пневматичними транспортерами.

Основним робочим органом інерційного транспортера є стрічковий кидальний механізм, який механічно розганяє зерно до необхідної швидкості і спрямовує у вільний польот крізь пустотілий вивантажувальний рукав.

Крім того, інерційним вивантажувачем оснащена зерноочисна машина ЗОМ-1 (рис. 2.11), яка є прототипом машини, що розробляється в даній магістерській роботі.

Таким чином, на основі аналізу різних типів транспортерів можна зробити висновок щодо перспективності застосування інерційних транспортерів зерна.

2.2. Опис об'єкту удосконалення.

Базова зерноочисна машина (рис. 2.11) має продуктивність 1 т/год і призначена для дрібних селянських фермерських господарств. Вона здійснює повітряно-решітну попередню та первинну очистку зерна від домішок.

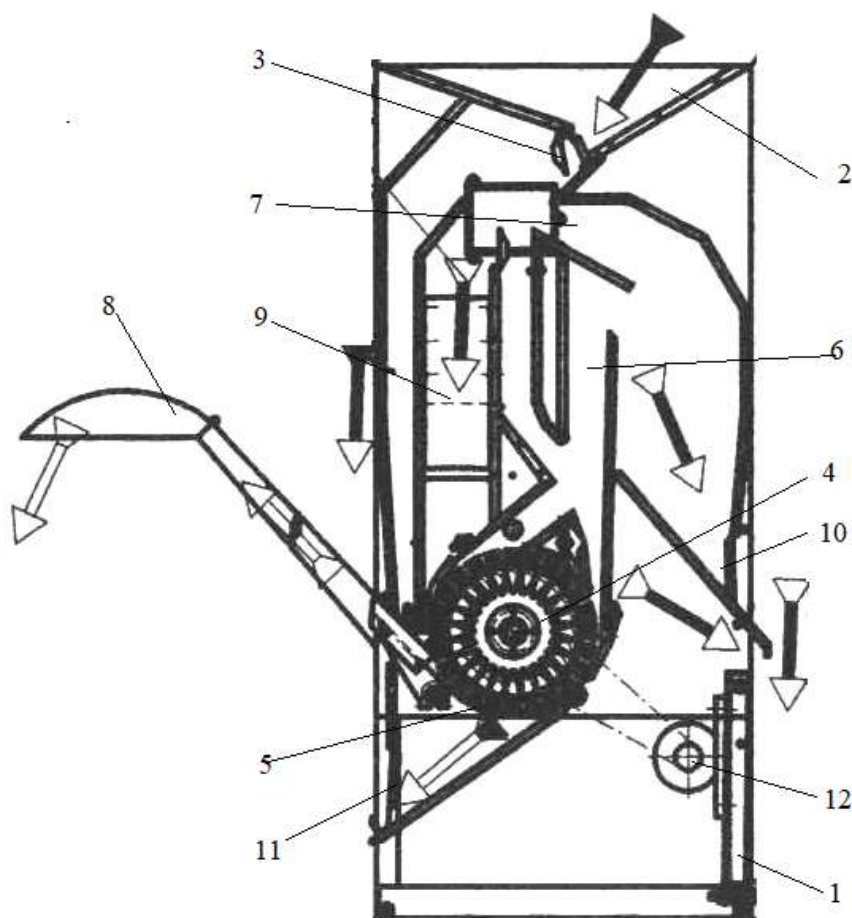


Рис. 2.11. Інерційний вивантажувач зерна машини ЗОМ-1

Машина складається з наступних частин: рами 1, бункера 2, дозатора 3, лопаткового ротора 4, дугового решета 5, вертикального повітряного каналу 6, нахиленого повітряного каналу 7, інерційного транспортера (труби вивантажувача) 8, верхнього приймальника легкої фракції 9, нижнього приймальника легкої фракції 10, приймальника дрібної фракції 11 і привідного електродвигуна 12.

Машина працює наступним чином. Завантаження зерновим матеріалом до бункера здійснюється вручну, дозатор забезпечує подачу зернового матеріалу в межах 500-1500 кг/год. Зерно з бункера переміщується до верхнього нахиленого повітряного каналу 7, де очищається від легкої фракції. Легка фракція видувается до приймальника 9. Рухаючись донизу, зерновий матеріал потрапляє під дію повітряного потоку у нижньому вертикальному повітряному каналі і очищене зерно повторно доочищається від легкої фракції, яка осаджується у приймальнику 10. Очищене від легких фракцій зерно прямує до лопаткового ротора 4 і дугового решета 5. Ротор обертається з великою швидкістю і створює повітряний потік. Крім того, еластичними лопатками захоплює зерновий матеріал і розганяє його по решету, на якому дрібна фракція просіюється і прямує до приймальника 11, а чисте від домішок зерно вилітає крізь трубу вивантажувача до мішка.

Необхідну швидкість польоту зерну надає лопатковий ротор, який є багатофункціональним робочим органом. При цьому вивантаження очищеного зерна здійснюється на невелику висоту – близько 80 см, яка дорівнює висоті мішка.

Аналіз процесу роботи базової машини дозволяє зазначити, що збільшення продуктивності до 3 т/год, згідно завдання на магістерську роботу унеможлиблює ручне завантаження машини і робить неприйнятним вивантаження зерна у мішки. Тому виникає потреба відвантаження зерна у кузова або причепа транспортних засобів, піднімаючи на значну висоту. Однак без проведення аналітичного або експериментального дослідження

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

неможливо стверджувати, чи вистачить отриманої зерном інерції для переміщення до транспортних засобів без застосування додаткового устаткування.

2.3. Мета і задачі магістерської роботи

Виходячи з зазначеного вище, метою нашої магістерської роботи є підвищення ефективності роботи зерноочисної машини.

Предмет досліджень – параметри інерційного вивантажувача зерна.

Задачами магістерської роботи є:

- розробка на базі зерноочисної машини ЗОМ-1 очисника ЗОМ-3 з продуктивністю 3 т/год;
- обґрунтування параметрів інерційного вивантажувача зерна розробленої машини;
- розробка креслень основних елементів інерційного вивантажувача зерна та їх деталювання;
- формулювання заходів з охорони праці під час роботи з розробленою машиною ЗОМ-3;
- оцінка економічної ефективності від впровадження удосконаленої машини у виробництво.

2.4. Обґрунтування конструктивних параметрів інерційного вивантажувача зерна

Розрахункову схему інерційного вивантаження частки (очищеного зерна) розглянемо нижче (рис. 2.12).

На схемі позначено:

- x і y – горизонтальна і вертикальна осі, відповідно (м);
- V_0 – початкова швидкість вильоту частки очищеного зерна (м/с);
- V_{0x} і V_{0y} – проекції швидкості вильоту частки на відповідні осі (м/с);
- α – початковий кут вильоту частки до горизонту ($^\circ$);
- $\gamma=90-\alpha$ – кут встановлення решета до горизонту ($^\circ$);
- n – частота обертання лопаткового ротора (об/хв).

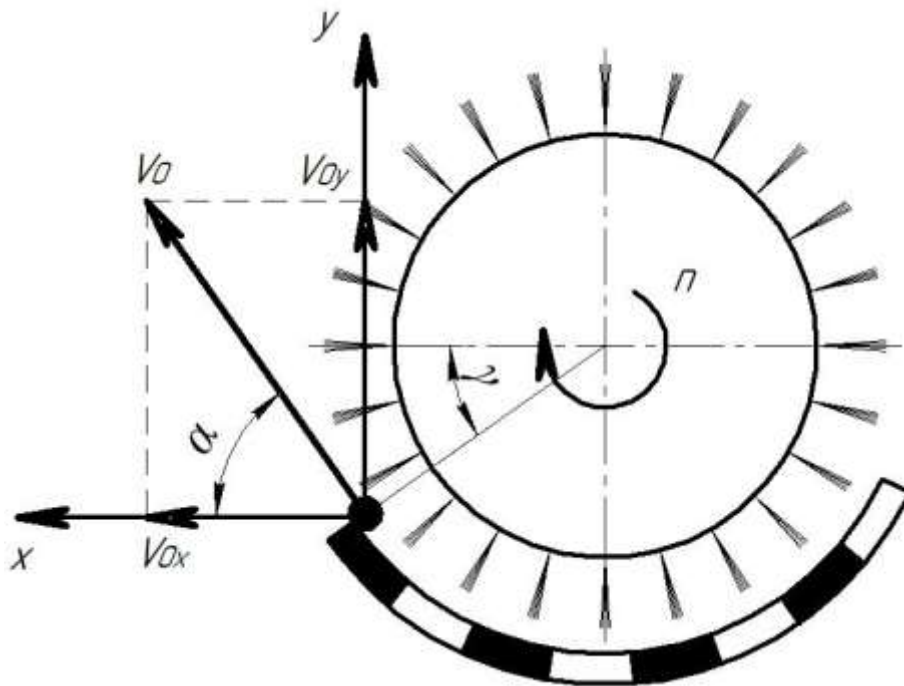


Рис. 2.12. Розрахункова схема інерційного вивантаження частки очищеного зерна із зерноочисної машини ЗОМ-3.

Постановка завдання щодо обґрунтування параметрів інерційного вивантажувача очищеного зерна.

Для забезпечення необхідної висоти вивантаження зерна, під час сходу з решета йому необхідно надати достатню початкову швидкість V_0 , направлену під потрібним кутом α . Параметри кожуха вивантажувача мають відповідати характеристиці зернового потоку – повторювати його траєкторію для забезпечення вільного руху очищеного зерна всередині на початковій і середній фазі руху, оскільки у випадку взаємодії (удару, торкання тощо) зерна з кожухом в зазначених фазах зміниться його напрям і швидкість руху, що може призвести до порушення потоку, забивання кожуху і припинення вивантаження.

Для визначення траєкторії вільного польоту зерна, яке рухається сходом з дугового решета, пройшовши очистку, складемо систему рівнянь в Декартовій системі координат без врахування опору повітря, оскільки повітря в кожусі рухається разом з зерном і в усталеному режимі не створює суттєвого опору.

Таким чином, система рівнянь руху часток очищеного зерна після сходу з решета має вигляд

$$\begin{aligned} x &= \bar{V}_{0x} \cdot t \\ y &= \bar{V}_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}, \end{aligned} \quad (2.1)$$

де t – час польоту частки (с); g – прискорення вільного падіння, (м/с²).

Горизонтальна проекція початкової швидкості визначається за формулою

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha \quad (2.2)$$

Вертикальна проекція початкової швидкості визначається за формулою

$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin \alpha \quad (2.3)$$

Підставивши (2.2) і (2.3) до системи (2.1) одержимо

$$\begin{aligned} x &= V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ y &= V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Виразимо з першого рівняння системи час:

$$t = \frac{x}{V_0 \cdot \cos \alpha}. \quad (2.5)$$

Тепер підставимо (2.5) до другого рівняння системи (2.4).

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

Одержимо

$$y = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{x}{V_0 \cdot \cos \alpha} - \frac{g \cdot \left(\frac{x}{V_0 \cdot \cos \alpha} \right)^2}{2} \quad (2.6)$$

Початкова швидкість вильоту часток з решета визначається параметрами лопаткового ротора і залежить від його діаметра і частоти обертання:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (2.7)$$

З врахуванням зазначеного вище, вираз (2.6) можна записати у вигляді

$$y = \sin \alpha \cdot \frac{x}{\cos \alpha} - \frac{g \cdot \left(\frac{60 \cdot x}{\pi \cdot D \cdot n \cdot \cos \alpha} \right)^2}{2}, \quad (2.8)$$

або, спростивши, одержимо

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha - 900 \cdot g \cdot \left(\frac{x}{\pi \cdot D \cdot n \cdot \cos \alpha} \right)^2. \quad (2.9)$$

Проведемо аналіз рівняння.

Одержане рівняння є рівнянням другого порядку, яке описує параболічну функцію. Оскільки у другій складовій рівняння параметр x стоїть у чисельнику і змінюється квадратично, а у першій – лінійно, при цьому друга складова є від'ємною, то приріст функції буде затухаючим. При цьому варто підкреслити наступне: очевидним є те, що збільшення таких

параметрів як частота обертання і діаметр лопаткового ротора сприяють сповільненню затухання.

Побудуємо за рівнянням 2.9 траєкторії (залежність вертикальної координати зернового матеріалу від горизонтальної) руху часток, варіюючи частоту обертання лопаткового ротора і кут їх сходження у найбільш вірогідних межах.

Для роботи зі значним масивом розрахунків використаємо програму Microsoft Excel. Таблиці розрахунків наведено нижче.

Таблиця 2.1

Результати розрахунків траєкторії польоту часток для частоти обертання лопаткового ротора $n=1000$ об/хв. ($V_0=13$ м/с).

Координата x , м	Координата y , м для кутів α		
	30°	45°	60°
0,5	0,28	0,48	0,77
1	0,54	0,91	1,36
1,5	0,77	1,29	1,76
2	0,99	1,63	1,97
2,5	1,18	1,92	2,00
3	1,36	2,16	1,84
3,5	1,51	2,36	1,50
4	1,65	2,51	0,97
4,5	1,76	2,62	0,25
5	1,85	2,68	-0,65
5,5	1,92	2,69	-1,73
6	1,97	2,65	-3,01

Аналогічні результати розрахунків для частот обертання лопаткового ротора $n=1500$ об/хв. ($V_0=19,6$ м/с), $n=2000$ об/хв. ($V_0=26,1$ м/с) і $n=2500$ об/хв. ($V_0=32,7$ м/с) наведемо нижче. Діаметр лопаткового ротора для всіх розрахунків приймався аналогічним базовому – $D=0,25$ м.

Використовуючи розрахункові дані таблиць 2.1-2.4 будуємо графічні траєкторії польоту часток в обраних діапазонах варіювання аргументів (рис. 2.13-2.14).

Таблиця 2.2

Результати розрахунків траєкторії польоту часток для частоти обертання
лопаткового ротора $n=1500$ об/хв. ($V_0=19,6$ м/с).

Координата x , м	Координата y , м для кутів α		
	30°	45°	60°
0,5	0,28	0,49	0,82
1	0,56	0,98	1,56
1,5	0,82	1,45	2,22
2	1,08	1,92	2,80
2,5	1,33	2,37	3,29
3	1,57	2,81	3,70
3,5	1,79	3,25	4,03
4	2,01	3,67	4,28
4,5	2,22	4,08	4,44
5	2,43	4,48	4,52
5,5	2,62	4,87	4,52
6	2,80	5,26	4,43

Таблиця 2.3

Результати розрахунків траєкторії польоту часток для частоти обертання
лопаткового ротора $n=2000$ об/хв. ($V_0=26,1$ м/с).

Координата x , м	Координата y , м для кутів α		
	30°	45°	60°
0,5	0,29	0,50	0,84
1	0,57	0,99	1,64
1,5	0,84	1,47	2,39
2	1,11	1,95	3,09
2,5	1,38	2,43	3,74
3	1,64	2,90	4,35
3,5	1,89	3,36	4,92
4	2,14	3,81	5,43
4,5	2,39	4,26	5,90
5	2,63	4,71	6,33
5,5	2,86	5,15	6,70
6	3,09	5,58	7,03

Результати розрахунків траєкторії польоту часток для частоти обертання
лопаткового ротора $n=2500$ об/хв. ($V_0=32,7$ м/с).

Координата x , м	Координата y , м для кутів α		
	30°	45°	60°
0,5	0,29	0,50	0,85
1	0,57	0,99	1,67
1,5	0,85	1,48	2,46
2	1,13	1,97	3,22
2,5	1,40	2,45	3,95
3	1,67	2,93	4,65
3,5	1,94	3,41	5,33
4	2,20	3,88	5,97
4,5	2,46	4,35	6,58
5	2,72	4,81	7,16
5,5	2,97	5,27	7,72
6	3,22	5,73	8,24

Побудуємо траєкторії переміщення часток (рис.3.13-3.14)

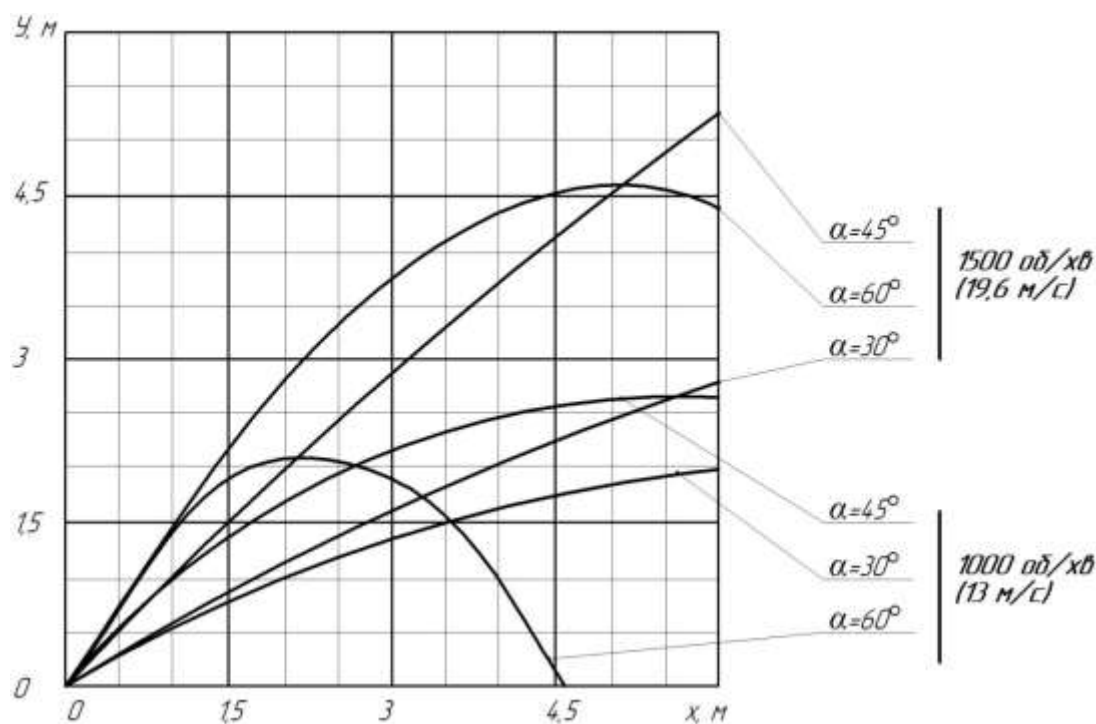


Рис. 2.13. Траєкторії часток під час інерційного вивантаження

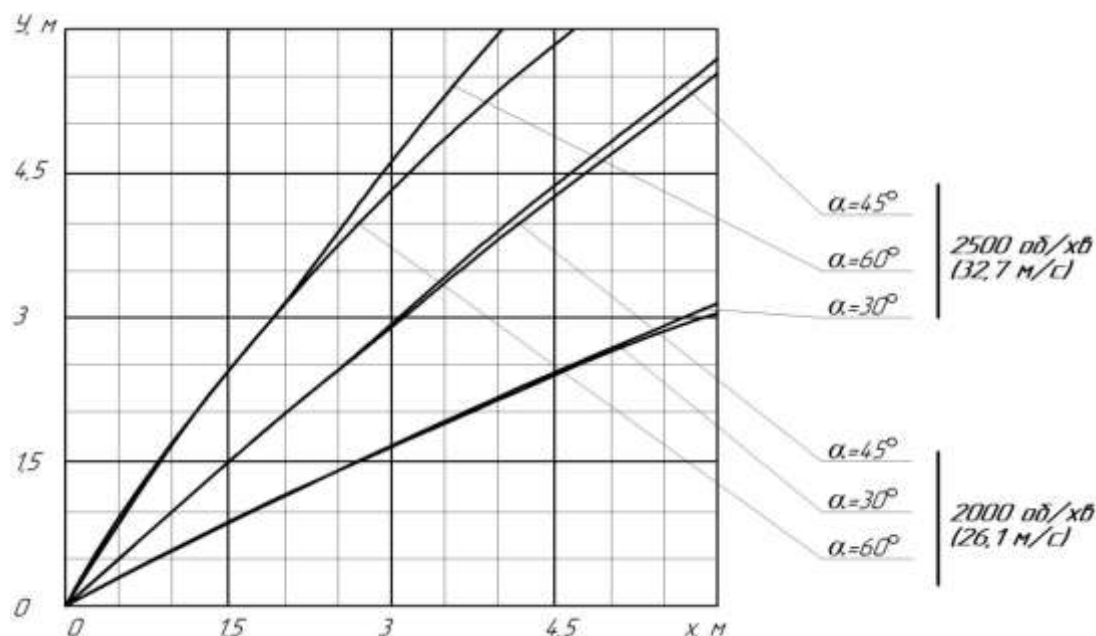


Рис. 2.14. Траєкторії часток під час інерційного вивантаження

За отриманими даними можемо зробити наступні висновки.

Висновки

1. Аналіз конструкцій транспортерів сільськогосподарського призначення з урахуванням їх переваг і недоліків дозволив зазначити, що найбільш ефективними з позиції простоти, надійності і енергоємності можна вважати інерційні транспортери, які являють собою кожухи і працюють за рахунок пасивного направлення зерна, яке набуло високої початкової швидкості.

2. Інерційний вивантажувач, який працює в складі базової зерноочисної машини здійснює завантаження у мішки, горловина яких знаходиться на незначній висоті. Завантаження ж очищеного зерна у причепи транспортних засобів потребує обґрунтування параметрів вивантажувального кожуха, параметри якого повинні відповідати характеристиці зернового потоку – повторювати його траєкторію для забезпечення вільного руху очищеного зерна всередині на початковій і середній фазі руху.

3. Теоретичний аналіз руху часток після сходу з решета зерноочисної машини дозволив отримати теоретичні траєкторії їх польоту, що дає змогу спроектувати вивантажувальний рукав, мінімізувавши ймовірність взаємодії зерна з останнім на початковій і середній фазі польоту.

3. Інженерна частина

3.1. Технологічні розрахунки

Завантаження базової зерноочисної машини ЗОМ-1 здійснюється вручну, оскільки її продуктивність складає 1 т/год.

Удосконалена зерноочисна машина ЗОМ-3 повинна забезпечувати більшу значно більшу продуктивність – 3 т/год, тому ручне завантаження не дозволить працювати одному оператору, що збільшить витрати ручної не механізованої праці і знизить ефективність очищення зерна.

Прийmemo в якості завантажувального транспортеру ковшовий транспортер – норію (рис.3.1), яка є травмобезпечною для зерна і дозволяє забирати зерно з бункерів-накопичувачів, маючи при цьому невеликі габарити.

Показник кінематичного режиму в зоні завантаження повинен задовольняти умові:

$$k = \frac{\omega^2 \cdot R}{g} \leq 1$$

де ω - кутова швидкість валу приводу, рад/с;

$R = 0,15$ м - зовнішній радіус стінки ковша.

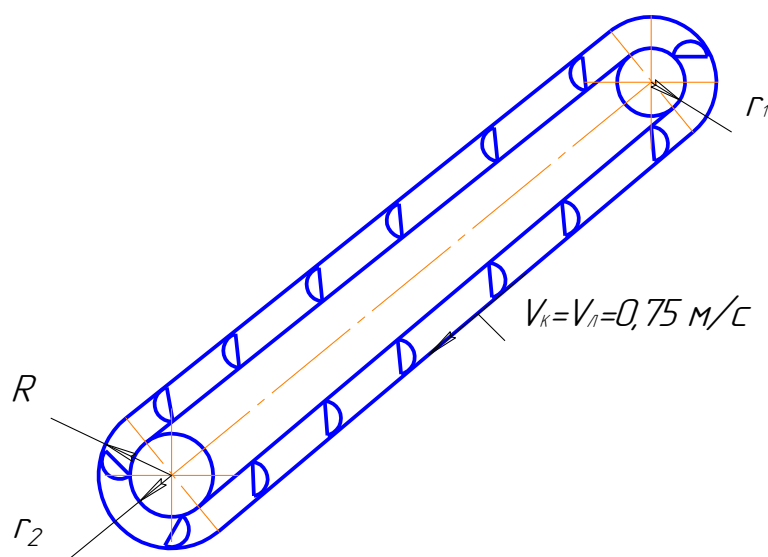


Рис. 3.1. Розрахункова схема ковшового транспортера

Гранична кутова швидкість валу приводу:

$$\omega \leq \sqrt{\frac{g}{R}} = \sqrt{\frac{9,81}{0,15}} = 8 \text{ рад/с.}$$

Прийmemo конструктивно $\omega = 5 \text{ рад/с}$

Швидкість переміщення ковпів і ланцюга:

$$V_K = V_L = \omega \cdot R = 5 \cdot 0,15 = 0,75 \text{ м/с}$$

Частота обертання ведучого валу

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 5}{3,14} = 47,7 \text{ об/хв}$$

Частота обертання веденого валу

$$n_2 = \frac{30 \cdot V}{\pi \cdot r_2} = \frac{30 \cdot 0,75}{3,14 \cdot 0,15} = 24,8 \text{ об/хв.}$$

Кутова швидкість веденого валу

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 24,8}{30} = 2,5 \text{ рад/с,}$$

що задовольняє умові.

Секундна продуктивність норії дорівнює

$$Q_c = \frac{Q \cdot 1000}{3600} = \frac{3 \cdot 1000}{3600} = 0,83 \text{ кг/с}$$

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

Секундний об'єм всіх ковшів визначимо з рівняння

$$W_C \cdot \gamma = Q_C$$

де W_C - секундний об'єм зерна у всіх ковшах, кг/дм³;

$\gamma = 760$ кг/м³ - об'ємна маса зернового матеріалу;

Тоді секундний об'єм всіх ковшів

$$W_C = \frac{Q_C}{\gamma} = \frac{0,83}{760} = 0,001 \text{ м}^3/\text{с} = 1 \text{ л/с}.$$

Закріпимо ковші на ланцюзі через 5 кроків:

$$t = 38 \cdot z = 38 \cdot 5 = 190 \text{ мм} = 0,19 \text{ м}.$$

Визначимо кількість ковшів, що проходить за секунду:

$$n = \frac{V_L}{t} = \frac{0,75}{0,19} = 3,94$$

Тоді об'єм одного ковша становитиме

$$W_K = \frac{W_C}{n} = \frac{1}{3,94} = 0,25 \text{ дм}^3 = 0,00025 \text{ м}^3.$$

Маса зерна m_z , яку потрібно щоб переміщував кожний ківш для забезпечення заданої продуктивності :

$$m_z = \frac{Q_C}{n} = \frac{0,83}{3,94} = 0,21 \text{ кг}$$

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

Приймаємо конструктивно трикутну форму ковшів з робочою довжиною $l = 0,2$ м.

Оскільки об'єм ковша

$$W_K = l \cdot S \cdot \varphi,$$

де S - площа поперечного перерізу ковша;

$\varphi = 0,9$ - коефіцієнт заповнення ковшів,

то площа поперечного перерізу визначиться як

$$S = \frac{W_K}{l \cdot \varphi} = a \cdot \frac{h}{2},$$

де a - основа трикутного профілю ковша;

h - висота ковша.

Задавшись $a = 0,06$ м, визначимо його висоту

$$h = \frac{2 \cdot W_K}{l \cdot a \cdot \varphi} = \frac{2 \cdot 0,00025}{0,2 \cdot 0,06 \cdot 0,9} = 0,046 \text{ м.}$$

Приймемо з запасом $h = 0,05$ м.

Перевіримо продуктивність норії, врахувавши об'єм її ковшів

$$Q = \frac{W_K}{t} \cdot \gamma \cdot V = \frac{0,00025}{0,19} \cdot 760 \cdot 0,75 = 0,84 \text{ кг/с} = 3024 \text{ кг/год.}$$

Таким чином, задану продуктивність забезпечено.

Визначимо ширину аспіраційного каналу зерноочисної машини:

$$B_a = \frac{Q}{q_B}$$

де Q – продуктивність машини, кг/год;

$q_B = 1500 \dots 2300$ кг/дм·год – питома подача до каналу.

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

$$B_a = \frac{3024}{2000} = 1,51 \text{ дм}$$

Приймаємо $B = 1,5 \text{ дм} = 150 \text{ мм}$.

Глибина каналу визначається як

$$a_a = \frac{Q}{q_F \cdot B},$$

де $q_F = 3800 \dots 4100 \text{ кг/дм}^2 \cdot \text{год}$ – питома подача до каналу в перерахунку на його площу.

Таким чином, глибина каналу буде

$$a_a = \frac{3024}{4000 \cdot 1,5} = 0,504$$

Приймаємо $a = 0,5 \text{ дм} = 50 \text{ мм}$

Висоту каналу приймемо $H = 300 \text{ мм}$, як і у базовій машини.

Як зазначено вище, у базовій машині створює повітряний потік лопатковий ротор (рис. 2.11, 3.2), який фактично є вентилятором. Визначимо його основні параметри.

Для уникнення зайвих місцевих втрат тиску довжина ротора має відповідати ширині повітряного каналу, розраховану і прийняту вище $L = B = 150 \text{ мм}$.

Продуктивність по створенню повітряного потоку лопаткового ротора (рис. 3.2.) становить можна орієнтовно визначити за рівнянням:

$$q = S_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}} \cdot \xi$$

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

$S_{\text{л}}$ - лобова площа лопатки ротора;
 $V_{\text{л}}$ - колова швидкість центру лопатки ротора;
 $\xi = 0,06 \dots 0,095$ - коефіцієнт ефективності міжлопаткового простору, що залежить від кількості лопаток і кутової швидкості ротора;

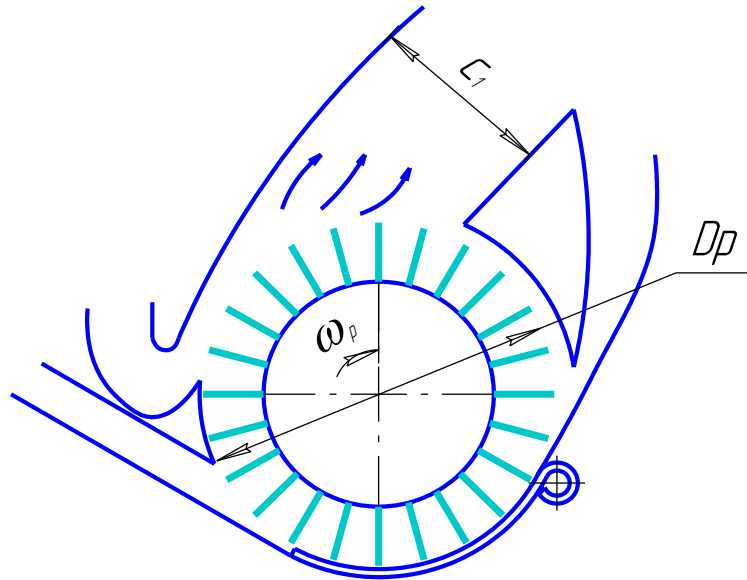


Рис. 3.2. Розрахункова схема лопаткового ротора.

Визначимо площу лопатки (рис. 3.3):

$$S_{\text{л}} = a \cdot b$$

де a , b – відповідно довжина та ширина планки

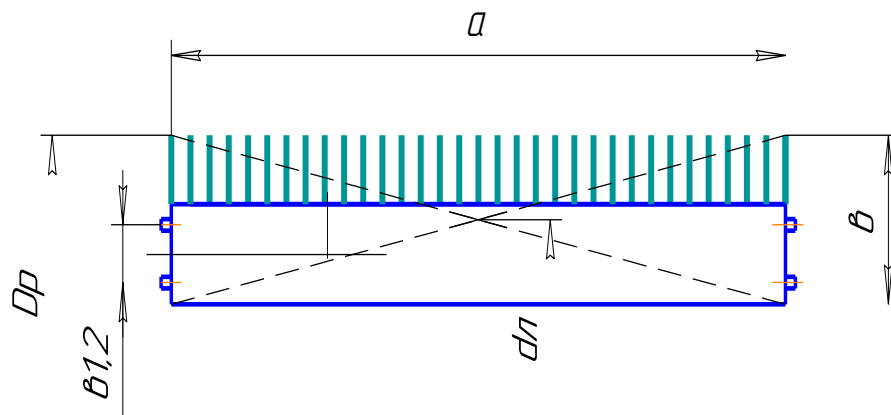


Рис. 3.3. Схема лопатки ротора

Довжина лопатки дорівнює довжині ротора:

$$a = L = 150 \text{ мм}$$

Висота лопатки:

$$b = 80 \text{ мм}$$

Тоді площа однієї лопатки складе:

$$S_{\text{л}} = 150 \cdot 80 = 12000 \text{ мм}^2 = 0,012 \text{ м}^2.$$

Кількість лопаток ротора $i = 24$ – як і у базовій машини.

Колова швидкість центру лопатки становить

$$V_{\text{л}} = \omega_p \cdot r_{\text{л}}$$

$r_{\text{л}}$ - радіус лобової площі лопатки (із рис. 3.7.);

де ω_p - кутова швидкість обертання ротора, рад/с;

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1450}{30} = 151,8 \text{ рад/с},$$

де $n = 1450$ об/хв. – частота обертання ротора (прийнято аналогічно базовій машині).

$$r_{\text{л}} = \frac{d_{\text{л}}}{2} = \frac{D_p}{2} - \frac{b}{2} = \frac{250}{2} - \frac{80}{2} = 85 \text{ мм} = 0,085 \text{ м}$$

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

Тоді колова швидкість центру лопатки

$$V_{\text{л}} = 146,5 \cdot 0,085 = 12,4 \text{ м/с}$$

З урахуванням знайдених величин, орієнтовна продуктивність лопаткового ротора становитиме

$$q = 0,085 \cdot 12,4 \cdot 0,08 = 0,084 \text{ м}^3/\text{с} \text{ (303,5 м}^3/\text{год)}$$

Швидкість повітря в каналі можна розрахувати за формулою

$$V_{\text{пов}} = \frac{q}{a_a \cdot B_a} = \frac{0,084}{0,05 \cdot 0,15} = 11,2 \text{ м/с}$$

Визначаємо потрібну ширину решета (рис. 3.5).

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

де $Q = 3024$ кг/год продуктивність сепаратора;

$q_b = 2400 \dots 3000$ кг/дм²·с – питоме завантаження одиниці ширини решета при повноті розділення 0,5...0,6.

Значить

$$B' = \frac{3024}{2500} = 1,2 \text{ дм.} = 120 \text{ мм,}$$

що менше ніж ширина повітряного каналу. Прийmemo збільшену ширину решета $B' = 150$ мм для узгодження з шириною повітряної частини, при цьому якість решітного очищення буде підвищена відносно розрахункової.

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

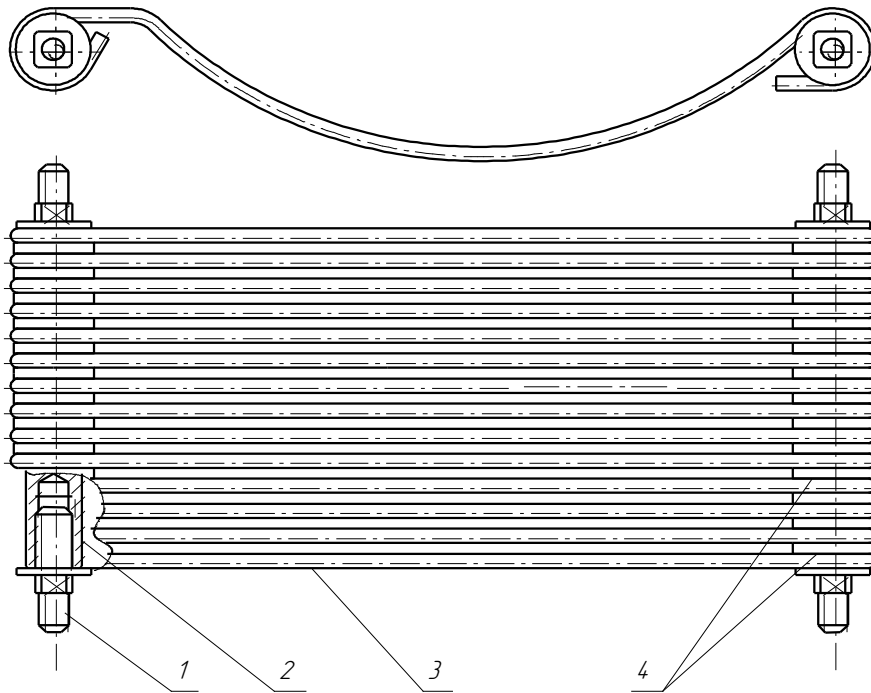


Рис. 3.5. Решето

1 – шпилька-фіксатор; 2 – вісь; 3 – пруток; 4 – шайба

Розрахункова кількість робочих каналів решета

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

де $d = 5$ мм – діаметр прутка решета;

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

Тоді

$$z = \frac{150 + 5}{2 + 5} = 22,1$$

Приймаємо $z=22$.

Тоді дійсна (конструктивна) ширина решета дорівнюватиме

$$B = z \cdot (\Delta + d) - d = 22 \cdot (2 + 5) - 5 = 149 \text{ мм.}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

МР 00.000 ПЗ

Арк.

34

Довжина решітки визначається кутом обхвату лопаткового ротора. Граничний (максимальний) кут обхвату ротора не повинен перевищувати $\pi/4$. Таким чином:

$$L = \frac{\pi \cdot D}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,25}{4} = 0,196 \text{ м} = 196 \text{ мм},$$

де $D=250$ мм – зовнішній діаметр лопаткового ротора/

Радіус решітки:

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

В якості лопаток будемо використовувати щітка одно або дворядна (рис. 3.4) ГОСТ 3789–68 з розмірами: ширина колодки – 20 мм, висота колодки – 40 мм, висота щіткової частини – 40 мм, довжина – 150 мм. Як варіант: висота колодки – 30 мм, висота щіткової частини – 50 мм

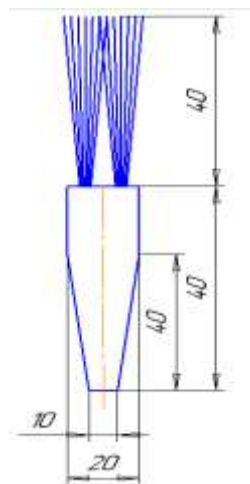


Рис. 3.4. Лопатка ротора

Обґрунтування параметрів вивантажувача

У дослідницькому розділі нами визначено траєкторії руху очищеного зерна після сходження з решета (рис. 2.13). Оскільки за найближчої до розрахункової швидкості польоту зерна – 19,6 м/с найбільш прямою є

траєкторія при куті вильоту 45 градусів, при цьому висота підйому – понад 3 м, якої достатньо для завантаження у причепа, то саме її варто обрати для проектування вивантажувача.

Креслення дослідного вивантажувача очищеного зерна наведено у графічній частині магістерської роботи.

3.2.Вибір електродвигуна приводу лопаткового ротора

З точки зору забезпечення необхідної частоти обертання лопаткового ротора, то у базовій машині використовується електродвигун потужністю 0,55 кВт з синхронною частотою обертання валу 1500 об/хв. При цьому він забезпечує дійсну частоту обертання 1450 об/хв. Лопатковий ротор встановлено безпосередньо на валу електродвигуна, тож передавальне відношення передачі дорівнює 1.

В нашому випадку, принципова відмінність полягає в необхідності забезпечення більшої потужності, оскільки удосконалена зерноочисна машина повинна забезпечувати продуктивність до 3 т/год. і при цьому має збільшену у півтора рази робочу довжину ротора.

Таким чином, вибір електродвигуна приводу лопаткового ротора полягає у виборі електродвигуна за потужністю.

Крім того, на відміну від базової конструкції, нова машина має ковшовий завантажувач, який також необхідно приводити в дію окремим електродвигуном.

Визначимо потрібні потужності.

Потужність для ковшового завантажувача - норії визначається за формулою

$$N = \frac{Q \cdot h}{270} \cdot \left[A + \frac{A_0}{\operatorname{tg} \alpha} + \left(B + \frac{B_0}{\operatorname{tg} \alpha} \right) V + C \cdot \frac{V^2}{H} \right]$$

де $Q = 3024$ кг/год = 3,024 т/год - продуктивність норії;

$H = 1,5$ м - висота підйому;

$\alpha = 60^\circ$ - кут нахилу норії;

$V = 0,75$ м/с - швидкість руху ковшів;

$A; A_0; B; B_0; C$ - коефіцієнти опору і необхідного запасу потужності,
($A = 1,4$; $B = 1,3$; $C = 0,7$; $A_0 = 0,08 \dots 0,1$; $B_0 = 0,45 \dots 0,5$)

Тоді

$$N = \frac{3,024 \cdot 1,5}{270} \cdot \left[1,4 + \frac{0,1}{\operatorname{tg} 60^\circ} + \left(1,3 + \frac{0,5}{\operatorname{tg} 60^\circ} \right) \cdot 0,75 + 0,7 \cdot \frac{0,75^2}{1,5} \right] = 0,227 \text{ к.с.}$$

Потрібна потужність на валу двигуна

$$N_\partial = k \cdot \frac{N}{\eta \cdot 1,36}, \text{ кВт.}$$

де $k = 1,2 \dots 1,25$ - коефіцієнт запасу;

$\eta = 0,8$ - ККД приводу.

$$N_\partial = 1,2 \cdot \frac{0,227}{0,8 \cdot 1,36} = 0,25 \text{ кВт.}$$

Приймемо для приводу норії двигун АИР 63В6, $N_{дв} = 0,25$ кВт., що має номінальну частоту обертання валу $n_B = 860$ об/хв.

Потужність, потрібну для приводу лопаткового ротора

$$N = N_1 + N_2,$$

де N_1 - потужність холостого ходу;

N_2 - потужність на прискорення зерна.

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

Потужність холостого ходу:

$$N_1 = A \cdot \omega + B \cdot \omega^3$$

де $A \cdot \omega$ - потужність на подолання шкідливих опорів;

$B \cdot \omega^3$ - потужність, необхідна для створення повітряного потоку.

Коефіцієнт A можна знайти за виразом:

$$A = R \cdot \psi \cdot \rho$$

де R - сума реакцій в опорах, Н;

ψ - коефіцієнт тертя;

ρ - радіус цапфи, м.

Для опор з підшипниками кочення рекомендовані значення:

$$\rho \cdot \psi = 0,00015 \text{ м.}, \quad R \approx 400 \text{ Н.}$$

Тоді

$$A = 0,00015 \cdot 400 = 0,06 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Коефіцієнта B визначимо за формулою

$$B = \frac{\gamma_{\text{п}} \cdot S \cdot i \cdot \mu^2 \cdot r_{\text{л}}^3}{2 \cdot g},$$

де $\gamma_{\text{п}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – об’ємна маса повітря;

$\mu = 0,15$ – коефіцієнт пропорційності.

$$B = \frac{1,2 \cdot 0,012 \cdot 24 \cdot 0,15^2 \cdot 0,085^3}{2 \cdot 9,81} = 0,00009$$

Тоді

$$N_1 = 0,06 \cdot 151,8 + 0,00009 \cdot 151,8^3 = 326,5 \text{ Вт}$$

Потужність N_2 , яка необхідна для пересування зерна по решету визначається за формулою

$$N_2 = \frac{Q \cdot R \cdot g \cdot (2 - \Psi \cdot \varepsilon)}{2 \cdot 3600} \cdot \left[\frac{K}{2} - \cos \delta - \sin \sigma - \frac{V_1^2}{2 \cdot g \cdot R} + f' \cdot \rho \cdot (K + \cos \delta) \right],$$

де $\Psi = 0,1$ – відносний вміст підсіву;

$\varepsilon = 0,6$ – повнота розділення;

$K = \omega R / g$ – показник кінематичного режиму;

$f' = 0,36$ – коефіцієнт тертя зерна по сталі;

$\delta = 45^\circ$ – кут встановлення решета

$\sigma = 45^\circ$ – кут сходження зерна з решета;

$V_1 \approx 2$ м/с – швидкість переміщення зерна до решета.

Показник кінематичного режиму:

$$K = \frac{151,8^2 \cdot 0,125}{9,81} = 293,6$$

Тоді

$$N_2 = \frac{3024 \cdot 0,125 \cdot 9,81 \cdot (2 - 0,1 \cdot 0,6)}{2 \cdot 3600} \cdot \left[\frac{293,6}{2} - \cos 45 - \frac{2^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,125} + 0,36 \cdot 760 \cdot (293,6 + \cos 45) \right] = 492,9 \text{ Вт}$$

З врахуванням знайдених складників, загальна потужність приводу лопаткового ротора складе

$$N = N_1 + N_2 = 326,4 + 492,9 = 819,3 \text{ Вт} = 0,82 \text{ кВт}$$

Приймемо для приводу лопаткового ротора електродвигун АИС 90 S4 1,1 кВт з синхронною частотою обертання 1500 об/хв.

Висновки

В результаті розрахунків у інженерній частині нами здійснено обґрунтування основних конструктивних параметрів зерноочисної машини ЗОМ-3, продуктивністю 3 т/год, серед яких можна виділити наступні:

- запропоновано встановлення ковшового завантажувача замість ручної загрузки і обґрунтовано параметри ковшів для забезпечення продуктивності 3024 кг/год.;
- обґрунтовано збільшення перерізу повітряних каналів і визначено швидкість руху повітря в них для забезпечення очищення зерна від легких домішок;
- обґрунтовано збільшення робочої довжини лопаткового ротора і дугового решета для забезпечення очищення зерна від дрібних домішок;
- визначено енергетичні показники роботи удосконаленої зерноочисної машини ЗОМ-3;
- на основі теоретичних досліджень спроектовано інерційний вивантажувач очищеного зерна з можливістю завантаження у транспортні засоби взамін вивантаження в мішки, передбаченого у базовій конструкції. Креслення вивантажувача наведено у графічній частині магістерської кваліфікаційної роботи

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

4. Охорона праці

4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів під час роботи з удосконаленою машиною ЗОМ-3

Небезпечні і шкідливі фактори під час роботи зерноочисної машини ЗОМ-3 наступні:

- «Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори»:
 - рухомі деталі і механізми зерноочисної машини: завантажувач-норія і механізм її приводу, лопатковий ротор і механізм його приводу;
 - можливість травмування зерновим матеріалом під час інерційного вивантаження;
 - небезпечна напруга – 380 В в електричній мережі, що живить електродвигуни зерноочисної машини;
 - підвищений шум і можливі вібрації, що діють на оператора на робочому місці;
 - запилення повітря в робочій зоні;
 - можлива підвищена температура повітря в зоні роботи ЗОМ-3 влітку;
 - можлива нехватка природного освітлення.

2. «Хімічно небезпечні і шкідливі виробничі фактори», які можуть бути токсичними, діяти через слизові оболонки, шкіру в ході технічного обслуговування і ремонту:

- солідол, літол;
- перетворювачі іржі;
- ґрунти, фарби;
- інші технічні рідини.

3. «Пожежонебезпека», яка може виникнути при неполадках електричної схеми управління машиною та кабелю живлення.

4.2. Інструкція з охорони праці при роботі на зерноочисній машині

Удосконалена зерноочисна машина призначена для роботи на току, тому інструкція з техніки безпеки повинна відповідати типовій «Інструкції з охорони праці при післязбиральній доробці зерна» [21], яка передбачає п'ять основних положень:

- «Загальні вимоги охорони праці»;
- «Вимоги охорони праці перед початком робіт»;
- «Вимоги охорони праці під час роботи»;
- «Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях»;
- «Вимоги охорони праці після закінчення робіт».

Загальні вимоги охорони праці [21] передбачають наступне.

«До роботи машиністом (оператором) зерноочисних комплексів і зерносушарок допускаються особи старше 18 років, не мають протипоказань за станом здоров'я, які пройшли навчання з обслуговування та безпечної експлуатації цих агрегатів, попереднє навчання і перевірку знань з питань охорони праці і мають відповідні посвідчення.

Машиністи (оператори) з обслуговування електрифікованих комплексів, агрегатів і машин повинні мати відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

До ручних робіт на токах (підгортання зерна до завантажувальних транспортерів машин, переорювання буртів зерна, очищення прямих норій, затарювання зерна, завантаження в транспортні засоби тощо) допускаються особи, які навчені безпечним способам виконання робіт і пройшли інструктаж з охорони праці.

Машиністи (оператори) зерноочисних комплексів і зерносушарок зобов'язані виконувати тільки ту роботу, яка доручена адміністрацією і входить у їхні обов'язки.

До роботи необхідно приступити в спецодязі, упевнившись, що він не має пошкоджень, звисають, не прилягають елементів, які можуть бути захоплені рухомими і обертовими деталями.

					МП 00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Якщо під час роботи виділяється багато пилу, необхідно захистити органи дихання респіратором типу «Лепесток», а органи зору - окулярами захисними ПО-2.

Забороняється приступати до роботи в стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, у хворобливому або стомленому стані.

Курити необхідно тільки у спеціально відведених та обладнаних для цих цілей місцях.

Категорично забороняється працювати несправним інструментом і пристосуваннями, не використовувати їх не за призначенням, а також не користуватися сторонніми предметами.

Перед вживанням їжі необхідно мити руки з милом, витирати їх чистим рушником або висушувати повітрям.

Забороняється відпочивати на буртах зерна».

Зазначені вимоги є стандартними і обов'язковими для виконання при роботі з удосконаленою зерноочисною машиною ЗОМ-3

5. Економічна ефективність

Удосконалення зерноочисної машини в нашій магістерській роботі полягало в наступному:

- збільшено продуктивність з 1 т/год до 3 т/год;
- встановлено механічний завантажувач зернового вороху – норію взамін ручного завантаження;
- встановлено збільшений інерційний вивантажувач очищеного зерна з можливістю вивантаження у причепи транспортних засобів, взамін короткого вивантажувача у мішки.

Вказані удосконалення підвищують продуктивність, рівень механізації праці і універсальність зерноочисної машини, тобто, покращують показники, що визначають економічну ефективність від застосування зерноочисної машини.

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

Висновки

1. Аналіз конструкцій транспортерів сільськогосподарського призначення з урахуванням їх переваг і недоліків дозволив зазначити, що найбільш ефективними з позиції простоти, надійності і енергоємності можна вважати інерційні транспортери, які являють собою кожухи і працюють за рахунок пасивного направлення зерна, яке набуло високої початкової швидкості.

2. Інерційний вивантажувач, який працює в складі базової зерноочисної машини здійснює завантаження у мішки, горловина яких знаходиться на незначній висоті. Завантаження ж очищеного зерна у причепи транспортних засобів потребує обґрунтування параметрів вивантажувального кожуха, параметри якого повинні відповідати характеристиці зернового потоку – повторювати його траєкторію для забезпечення вільного руху очищеного зерна всередині на початковій і середній фазі руху.

3. Теоретичний аналіз руху часток після сходу з решета зерноочисної машини дозволив отримати теоретичні траєкторії їх польоту, що дає змогу спроектувати вивантажувальний рукав, мінімізувавши ймовірність взаємодії зерна з останнім на початковій і середній фазі польоту.

4. В результаті розрахунків у інженерній частині нами здійснено обґрунтування основних конструктивних параметрів зерноочисної машини ЗОМ-3, продуктивністю 3 т/год, серед яких можна виділити наступні:

- запропоновано встановлення ковшового завантажувача замість ручної загрузки і обґрунтовано параметри ковшів для забезпечення продуктивності 3024 кг/год.;
- обґрунтовано збільшення перерізу повітряних каналів і визначено швидкість руху повітря в них для забезпечення очищення зерна від легких домішок;
- обґрунтовано збільшення робочої довжини лопаткового ротора і дугового решета для забезпечення очищення зерна від дрібних домішок;

- визначено енергетичні показники роботи удосконаленої зерноочисної машини ЗОМ-3;
- на основі теоретичних досліджень спроектовано інерційний вивантажувач очищеного зерна з можливістю завантаження у транспортні засоби взамін вивантаження в мішки, передбаченого у базовій конструкції. Креслення вивантажувача наведено у графічній частині магістерської кваліфікаційної роботи

5. У розділі «охорона праці» проаналізовані небезпечні та шкідливі фактори і наведені загальні заходи з охорони праці при роботі з зерноочисною машиною ЗОМ-3.

6. У економічному розділі наведені основні аспекти отримання економічного ефекту від впровадження удосконаленої машини.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

Список використаної літератури

1. https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimages.prom.ua%2F2429353162_lentochnyj-transporter-1200mm.jpg&tbnid=UD3EtQNYxuRQNM&vet=12ahUKEwjLq4H4x5z-AhUYtSoKHUfOAm4QMygUegUIARDjAQ..i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fakvitens.kharkov.ua%2Fp1197749390-lentochnyj-transporter-1200mm.html&docid=26N3y3BGjnRTWM&w=1000&h=751&q=транспортёр%20стрічковий&client=opera&ved=2ahUKEwjLq4H4x5z-AhUYtSoKHUfOAm4QMygUegUIARDjAQ
2. <https://sky-wood.com/product/naklonnyiy-lentochnyiy-transporter>
3. <https://bmkolos.com/goods/transporter-skrebkoviy-tsts-50/>
4. https://www.google.com/search?q=гнучкий+шнековий+транспортёр&tbm=isch&ved=2ahUKEwjRla7I2Jz-AhWlXSoKHUChAKAQ2-cCegQIABAA&oq=гнучкий+шнековий+транспортёр&gs_lcp=CgNpbWcQAZIHCAAQGBCABDoECCMQJ1DxCVjaHmCUImgBcAB4AIABWogB1waSAQIxMJgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=_aAyZJGjPliLqwHAwoKACg&bih=1015&biw=1377&client=opera&hs=khC#imgsrc=CYIV3j0DKxxLSM
5. <https://agro-ukraine.com/ua/trade/m-584479/transportery-vertikalnye-dozamech-polsha/>
6. https://pack-tech.com.ua/p984569586-transporter-zagruzochnyj.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjwrmdmhBhBBEiwA4Hx5g1UUO-Xh0qf2ZE7UCcg3LJGBH5_oZxITG_5ylhveZ8sQkrVGKy8fJBoC-dgQAvD_BwE
7. <https://primeengineering.in.ua/ua/p1335540978-noriya.html>
8. <https://ogrant.ck.ua/ua/p438746325-kovshovyj-konvejer-transporter.html>
9. <https://zavodmoroza.com/zernonavantazhuvalna-tehnika/zernometatel-samoperedvizhnoj-zm-90u?gclid=CjwKCAjwrmdmhBhBBEiwA4Hx5g7DmlGU0KSQ6Lv8XwPuOR2LI>

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

10. 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.
11. 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, Chisinau,1998. - с. 6.
12. Васильковский О.М., Лещенко С.М., Нестеренко О.В., Петренко Д.І., Якименко С.М. Обґрунтування конструктивної схеми пневморешітного сепаратора зерна. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 51. 2021. С. 104-110. (DOI:
13. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилук. - К.: Каравела, 2004. - 552 с.
14. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини.- 6-е вид., перероб. і допов.- К.: Урожай, 1992. - 448 с.
15. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. - К.: Урожай, 1990. - 194 с.
16. Сало В.М., Мороз С.М., Васильковский 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.
17. 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.

18. Сисолін П. В., Сало В. М., Рибак Т. І. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : Підручник для студентів вищих навчальних закладів із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва». Кн. 2. Машини для рільництва. – К. : Урожай, 2002. - 364 с.
19. 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.
20. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. — 464 с.
21. https://instruktor.ucoz.net/publ/instrukcija_z_okhoroni_praci_pri_pisljazbiralnij_dorobci_zerna/1-1-0-1041

ДОДАТКИ

					МР 00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A2			MP 00. 010 СБ	Складальне креслення	1		
					Складальні одиниці			
			1	MP 00. 010 010	Щітка	24		
					Деталі			
			2	MP 00. 010. 601	Маточина	1		
			3	MP 00. 010 402	Диск	2		
			4	MP 00. 010 603	Вісь	24		
			5	MP 00. 010 404	Диск	1		
			6	MP 00. 010 405	Обойма	24		
					Стандартні вироби			
Взам. инв. №			7		Болт М6х10 ГОСТ 7798-70	8		
			8		Шайба 6 ГОСТ 6402-70	8		
Подп. и дата	MP 00. 010							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Драндалуш			Лопатковий ротор	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Васильковський						1
	Н.контр.	Васильковський				ЦНТУ		
	Утв.	Лещенко				гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)		

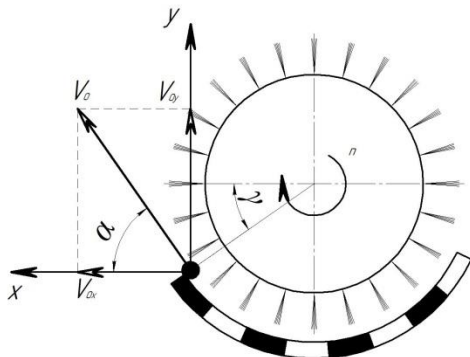
Копировал

Удосконалення зерноочисної машини ЗОМ-З з обґрунтуванням параметрів вивантажувача зерна

Виконав: студент групи ГМ(СМ)-21М(1,9)
Сергій ДРАНДАЛУШ

Обґрунтування параметрів інерційного вивантажувача

Розрахункова схема



Система рівнянь польоту часток очищеного зерна

$$\begin{aligned} x &= V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ y &= V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} \end{aligned} \quad (2.1)$$

де t – час польоту частки (с); g – прискорення вільного падіння, (м/с²).

Виразимо з першого рівняння системи час:

$$t = \frac{x}{V_0 \cdot \cos \alpha} \quad (2.2)$$

Підставимо (2.2) до другого рівняння системи (2.1).

Одержимо

$$y = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{x}{V_0 \cdot \cos \alpha} - \frac{g \cdot \left(\frac{x}{V_0 \cdot \cos \alpha} \right)^2}{2} \quad (2.3)$$

Початкова швидкість вильоту часток з решета:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (2.4)$$

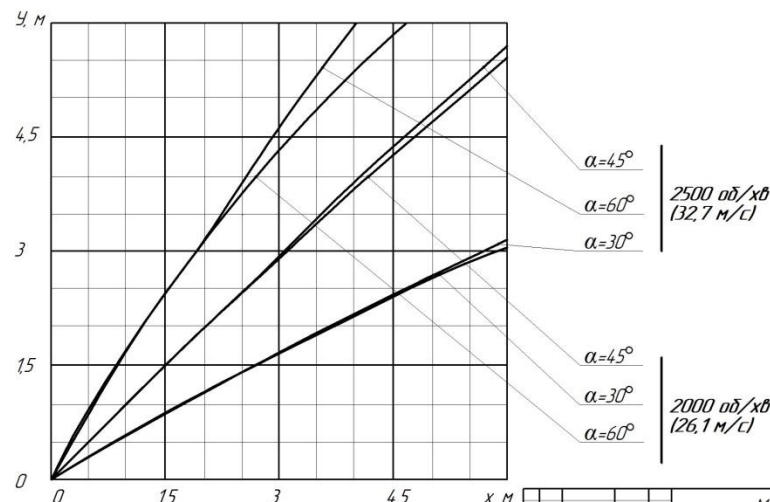
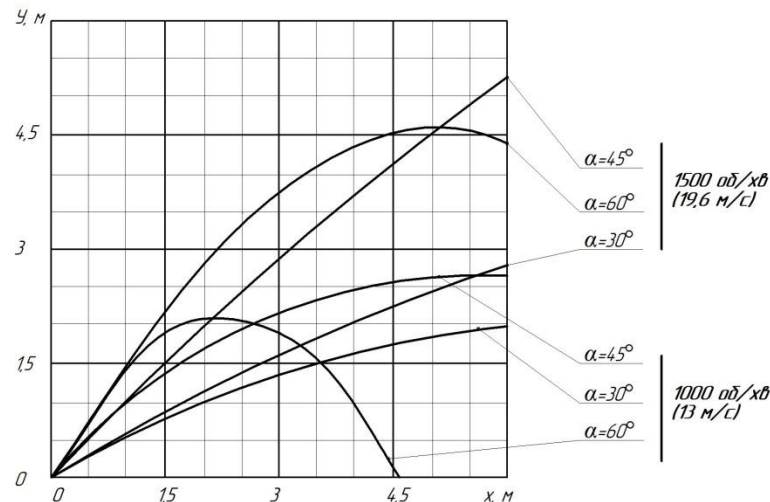
З врахуванням зазначеного вище:

$$y = \sin \alpha \cdot \frac{x}{\cos \alpha} - \frac{g \cdot \left(\frac{60 \cdot x}{\pi \cdot D \cdot n \cdot \cos \alpha} \right)^2}{2} \quad (2.5)$$

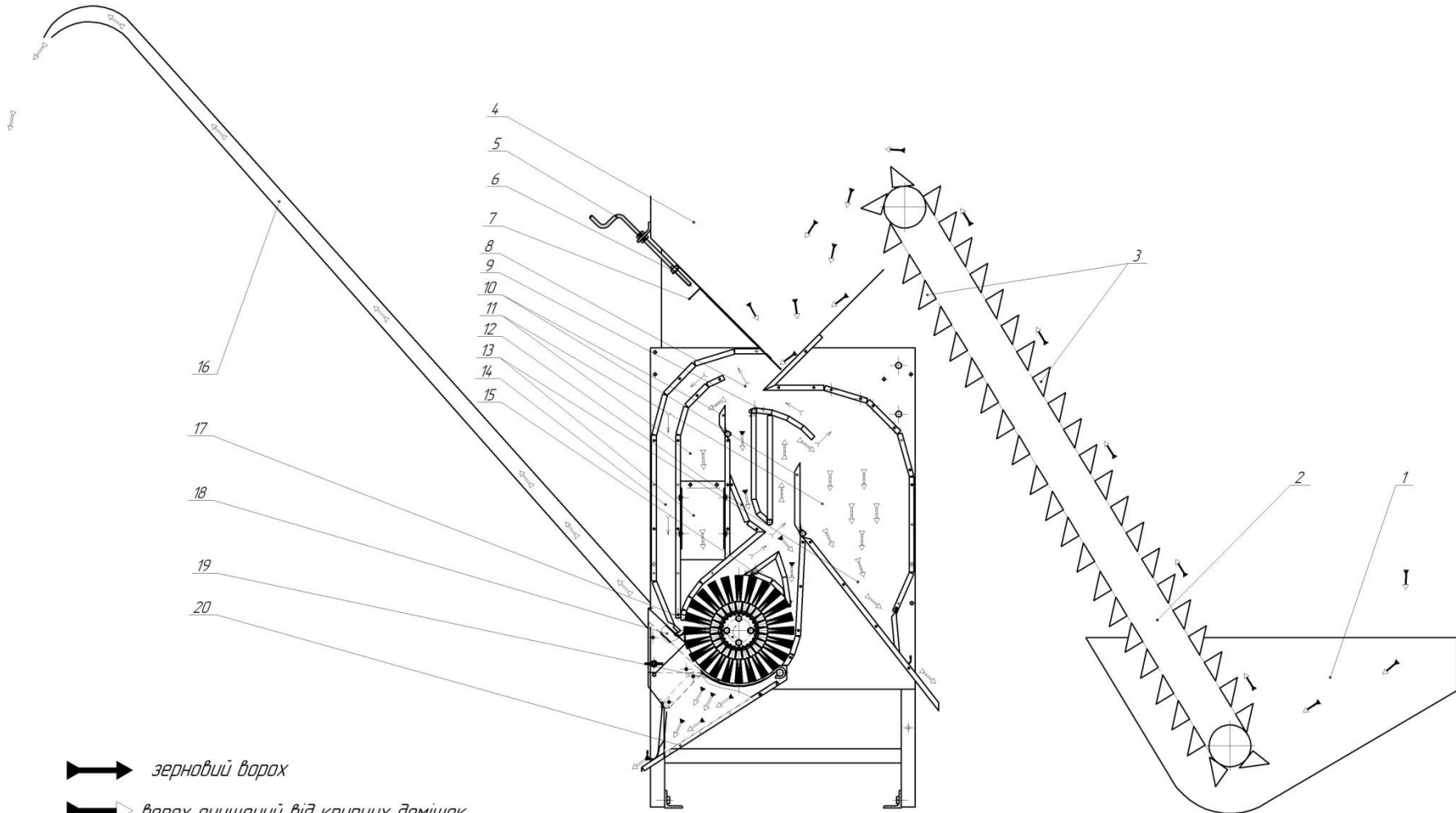
Або, спростивши, одержимо

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha - 900 \cdot g \cdot \left(\frac{x}{\pi \cdot D \cdot n \cdot \cos \alpha} \right)^2 \quad (2.6)$$

Траєкторії польоту очищеного зерна



МН 00.002 НЧ				Лист	Рисунки	Рисунки
Вид	Матеріал	Лист	Рисунки	Лист	Рисунки	Рисунки
Рисунки	Рисунки	Рисунки	Рисунки	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

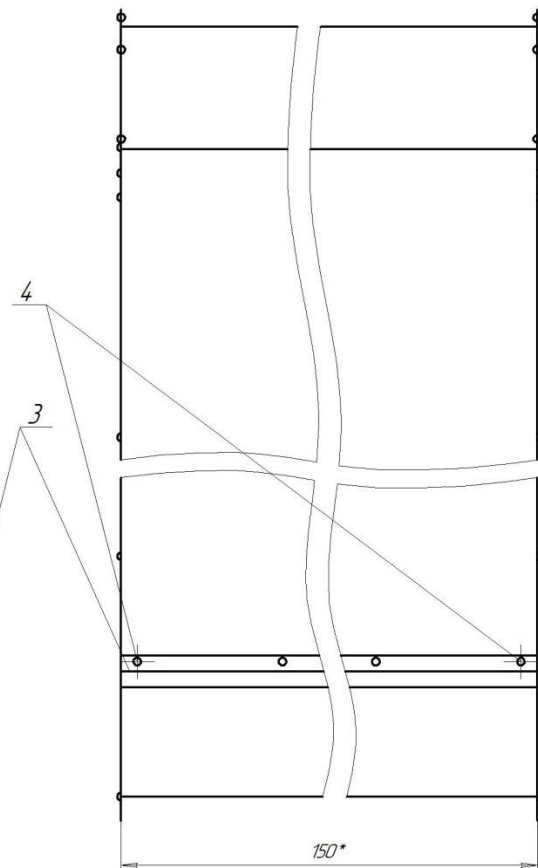
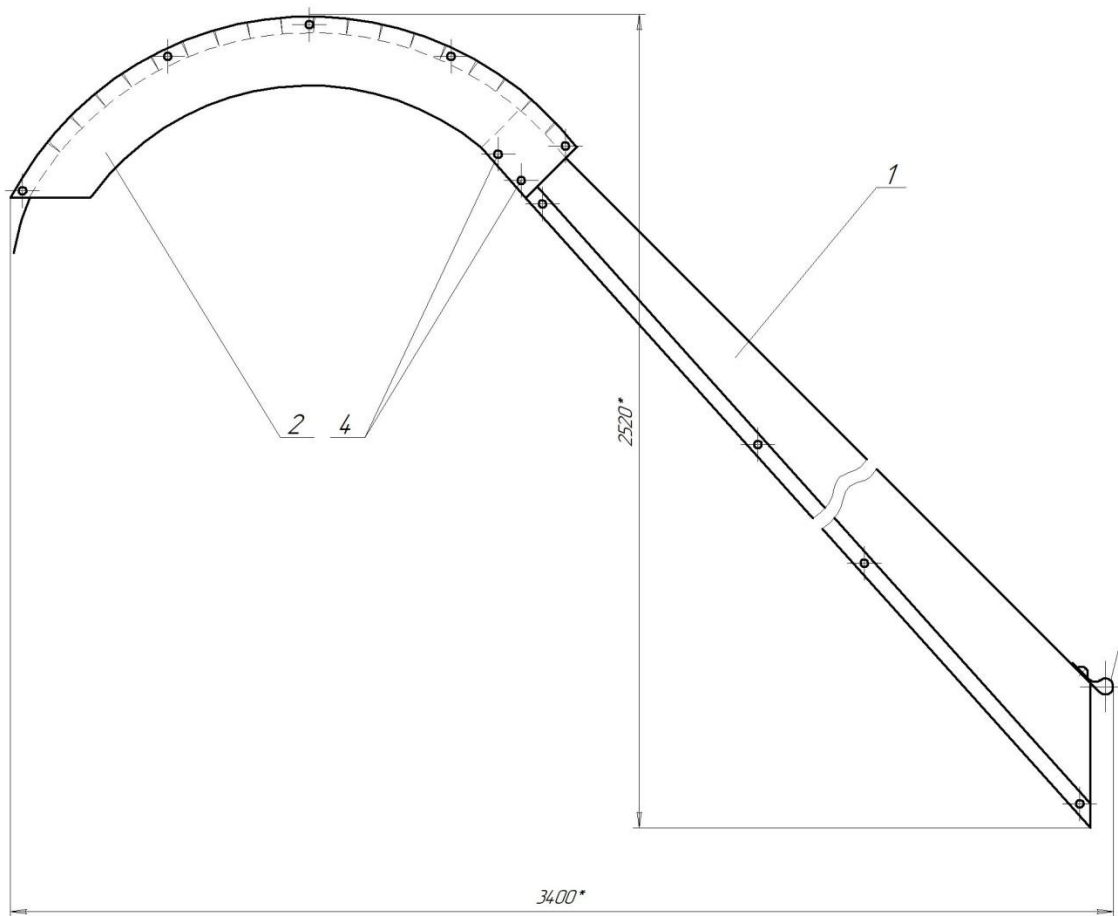


- зерновий ворох
- ворох очищений від крупних дорішок
- легкі дорішки
- ворох очищений від легких дорішок
- дрібні дорішки
- очищене зерно
- повітряний потік

1-дунжер-накопичувач для зерна
2- навія
3-коши
4-дунжер машини
5-важіль
6-регулююча заслінка
7-заслінка
8-горизонтальний повітряний канал
9-верхній сектор
10-заслінка

11-осадді катери легких дорішок
12-напрячник
13-лотки відбоду легких дорішок
14-вертикальний повітряний канал
15-нижній сектор
16-відвантажувач
17-лопатковий ротор
18-канал відбоду очищеного зерна
19-пруткове решето
20-потік дрібних дорішок

MP 00.000 СЗ				Машина зерноочисна ЗМ-3		
Вид	Деталь	Матеріал	Код	Деталь	Деталь	Деталь
Розроб	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь
Голов	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь
Монтаж	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь
Вісн	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь



1. Невказані граничні відхилення розмірів $\pm IT14/2$.

2. Невказані радіуси 2 мм

3. *Розміри для довідок

					MP 00.010 СБ		
Испол	Лист	№ докум	Подп	Дата	Вивантажувач Сборочный чертёж		
Розроб		Додаток					
Проб		Висновковий			Лист	Масштаб	Масштаб
Головр						34	1:1
Лист					Лист	Листов	
Наказ		Висновковий			ЦНТУ		
Утв		Лещенко			ар. ГП(СМ)-271(19)		
Копіювати					Формат А2		

