

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент

“ ” 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Удосконалення конструкції зерноочисної машини МОЗП-25"

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи ГМ-22М(1,9)-1.2
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
Єфіменко Олександр Олександрович
« » 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук

« » 2024 р.

Рецензент

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет агротехнічний

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-наукова програма «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 2024 року

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

Єфіменко Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломної роботи _____

Удосконалення конструкції зерноочисної машини МОЗП-25

2. Керівник дипломної роботи _____

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

3. Строк подання дипломної роботи до захисту _____

4. Мета та завдання дипломної роботи _____

5. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Складання технічного завдання на виконання роботи	до 30.01.2024 р.	
2.	Техніко-економічне обґрунтування проблеми вдосконалення запропонованої машини	до 28.02.2024 р.	
3.	Отримання завдання у консультантів розділів роботи	до 10.02.2024 р.	
4.	Підготовка та подання консультантам розділів роботи: - оцінки економічної ефективності розробок	до 01.04.2024 р	
5.	Підготовка та подання керівнику роботи: - теоретичних досліджень - наукової та інженерної частин - вступу та висновків	до 01.04.2024 р до 01.04.2024 р до 10.04.2024 р	
6.	Доопрацювання розділів з урахуванням зауважень	до 01.05.2024 р	
7.	Подання робочого варіанту роботи керівнику	до 5.05.2024 р.	
8.	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень керівника. Одержання відгуку	до 10.05.2024 р.	
9.	Проходження нормо-контролю Перевірка роботи на плагіат	за 10 днів до захисту	
10.	Подання роботи завідувачу кафедри на перевірку	за 10 днів до захисту	
11.	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	за 3 дні до захисту	
12.	Рецензування роботи. Підготовка документів, що подаються до ЕК	за 3 днів до захисту	
13.	Подання роботи та документів до ЕК	за день до захисту	
14.	Захист дипломної роботи	за графіком	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника _____

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

(прізвище та ініціали)

[illegible]

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	4
2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	7
2.1. Призначення, будова і робота зерноочисної машини МОЗП-25	7
2.2. Технологічні розрахунки машини та робочих органів	11
2.2.1. Технологічний розрахунок решет зерноочисної машини	11
2.2.2. Технологічний розрахунок скребкового транспортера	14
2.3. Кінематичний розрахунок приводу транспортера	16
2.4. Розрахунки деталей на міцність	19
2.5. Висновки. Постановка мети і задач дослідження	23
3. НАУКОВА ЧАСТИНА	24
3.1. Огляд конструкцій решет зерноочисних машин	24
3.2. Теоретичне обґрунтування сепарації на запропонованому решеті	32
3.3. Аналіз отриманої математичної моделі сепарації	38
3.4. Висновки по розділу	40
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1. Небезпечні і шкідливі фактори, які можуть виникнути під час експлуатації зерноочисної машини	41
4.2. Заходи по створенню нормальних та нешкідливих санітарно-гігієнічних умов праці при виконанні робіт	42
4.3. Заходи з пожежної профілактики	44
4.4. Інструкція з охорони праці при виконанні робіт на зерноочисній машині	45
4.5. Висновки по розділу	46
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	47
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50
Додатки	53

1. ВСТУП

Основною метою сільського господарства є забезпечення стійкого розвитку аграрного сектору шляхом зростання продуктивності та якості сільськогосподарської продукції. Це передбачає оптимізацію процесів землеробства і тваринництва для задоволення потреб населення у харчових і сировинних продуктах, а також створення необхідних резервів продукції. Велика увага приділяється підвищенню якості аграрних виробів шляхом використання найефективніших сортів і гібридів культурних рослин.

Зростання продуктивності і задоволення потреб населення у споживчих товарах неможливе без вирішення питань, пов'язаних з технічними аспектами аграрного сектору економіки. Тому важливо забезпечити не лише технічну, а й технологічну базу для впровадження сучасних методів сільського виробництва.

Концепція комплексної механізації збирання зернових культур полягає в оптимізації процесу виробництва шляхом впровадження системи спеціалізованих машин, що забезпечують виконання усіх етапів збирання в оптимальні терміни з використанням передових агротехнічних підходів. Важливу роль у технологічному процесі відіграють роботи після збирання, які забезпечують досягнення необхідних показників чистоти і вологості зерна, а також, у випадку насіння, його сортування за рівнем подібності.

Для реалізації комплексної механізації післязбиральної обробки зерна створюються спеціальні зерноочисні та зерноочисно-сушильні пункти. На цих пунктах виконуються всі необхідні операції з обробки зерна за допомогою відповідної техніки. Інтеграція зерноочисних та сушильних машин дозволяє зменшити трудові витрати на післязбиральну обробку зерна, що сприяє підвищенню ефективності виробництва.

					ДР 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Єфіменко				Удосконалення конструкції зерноочисної машини МОЗП-25	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.							4	52
Н. контр.						ЦНТУ,		
Затв.						гр. ГМ-22М(1,9)-1.2		

У зв'язку з різноманітністю кліматичних умов та обширними земельними площами сільськогосподарських угідь в Україні, потреба у створенні механізованих пунктів для сепарації зерна стає актуальною. Ці пункти відрізняються за технологічним процесом обробки свіжозібраного зерна та їхньою продуктивністю, що визначається потребами та можливостями сільськогосподарських господарств.

Розділення сипких матеріалів становить значну проблему для різних галузей промисловості, таких як сільське господарство, млинська справа, виробництво круп'яної продукції, елеваторні операції, харчова промисловість, хімічна і гірничо-збагачувальна галузі. Особливо гостро ця проблема відчувається при сортуванні зернових культур через високі вимоги до якості процесу та технологічної ефективності.

Одним з ключових шляхів підвищення продуктивності є розробка та впровадження нових концепцій робочих органів і машин. Ці інновації повинні не лише різко підвищувати продуктивність праці, але й забезпечувати значну економію матеріальних і енергетичних ресурсів.

Необхідність підвищення ефективності обробки зерна через зерноочисні машини обумовлена наростаючими вимогами до якості вихідного продукту, який подається на переробку у підприємства борошномельної, круп'яної, масложирової та інших галузей виробництва.

Найпоширеніші в наш час плоскорешіткові сепаратори, призначені для очищення та сортування зерна, пройшли довгий шлях у своєму розвитку, а їх техніко-економічні характеристики досягли свого піку. Недавні дослідження, спрямовані на подальше підвищення продуктивності цих сепараторів, зазвичай не торкалися їхнього принципу дії, а сконцентровані на більш детальній оптимізації режимних параметрів і вдосконаленні окремих вузлів приводу.

Один з можливих шляхів розв'язання цієї проблеми пов'язаний з використанням інерційних силових полів для сепарації, що дозволяють підвищити ефективність просіювання оброблюваного матеріалу та збільшити самоочищення решіт. Хоча відцентрові сепаратори, розроблені до цього часу,

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

забезпечили певний ріст продуктивності зерноочисних машин, вони не принесли суттєвого зниження матеріало- та енерговитрат. Застосування відцентрових сил для сепарації зерна у більшості випадків призводить до ускладнення конструкції приводу робочих органів, можливого травмування зерна та інших негативних наслідків.

Виходячи із наведеного вище, в кваліфікаційній роботі пропонується дослідження решіт зерноочисної машини МОЗП-25 з метою зменшення металоємності та покращення якості її роботи.

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Призначення, будова і робота зерноочисної машини МОЗП-25.

Зерноочисна машина МОЗП-25 виконує роль у забезпеченні якості зерна після збирання і доробки його для зберігання. Під час переміщення машини вздовж купи зерна, її скребкові живильники збирають зерновий матеріал та направляють його до піднімальної труби завантажувача. Завантажувач передає зерно у розподільний шнек живильного пристрою, який рівномірно розподіляє зерно по всій ширині камери.

Розподільувач поділяє матеріал на дві рівні частини та направляє їх у повітряні канали. Повітряний потік, створений вентилятором та відокремлювачем пилу, виносить легкі домішки до пневмотранспортера. Домішки більшого розміру захоплюються відстійною камерою, де вони відділяються від зерна.

Зерно, яке пройшло очищення повітряним потоком і розділене на дві рівні частини потрапляє на нижній і верхній решітні стани, на яких процес очищення абсолютно однаковий.

Решето B функціонує як сортувальний механізм, що поділяє зерно на дві різні фракції, враховуючи їх склад та розмір. Правильно підібрані отвори решіт виконують цю задачу ефективно, забезпечуючи, що зерно з дрібними домішками проходить через решето B_1 , в той час як зерно з крупними домішками спадає на решето B_2 .

Цей процес дозволяє оптимізувати роботу машини, розділяючи зерно на більш однорідні фракції. Паралельна робота решіт B_1 та B_2 сприяє підвищенню продуктивності, оскільки обидва решета можуть працювати одночасно, оптимізуючи час та зусилля, необхідні для сортування. Такий підхід до сортування зерна допомагає забезпечити якість та ефективність виробничого процесу.

Решета B та Γ видаляють зерновий матеріал, що має примітки: щупле чи бите зерно, яке пройшло через решето B . Вони мають аналогічні отвори та працюють послідовно. Крупні домішки, що пройшли через решето B_2 , відсіваються та проходять через B та Γ , і потім подаються в шнек фуражних

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

відходів. Чисте зерно, яке відсівається на решеті Г, потрапляє безпосередньо в задній приймач. Задній приймач транспортує чисте зерно шнеком до нижньої головки відвантажувача.

Транспортер вивантаження відокремлює чисте зерно з зерноочисної машини та направляє його у кузов автомобіля або утворює зерновий кагат позаду машини. Легкі домішки, що були відокремлені за допомогою повітряного потоку, транспортує пневматичний конвеєр у відведену зону. Відходи, такі як підсів, м'яке або пошкоджене зерно, а також великі домішки, видаляються за допомогою решітного сортування. Легкі домішки відводяться від потоку зерна за допомогою шнека і складаються у бургт фуражних відходів. Технологічна схема очищення зернових сільськогосподарських культур машиною МОЗП-25, рис. 4.1.

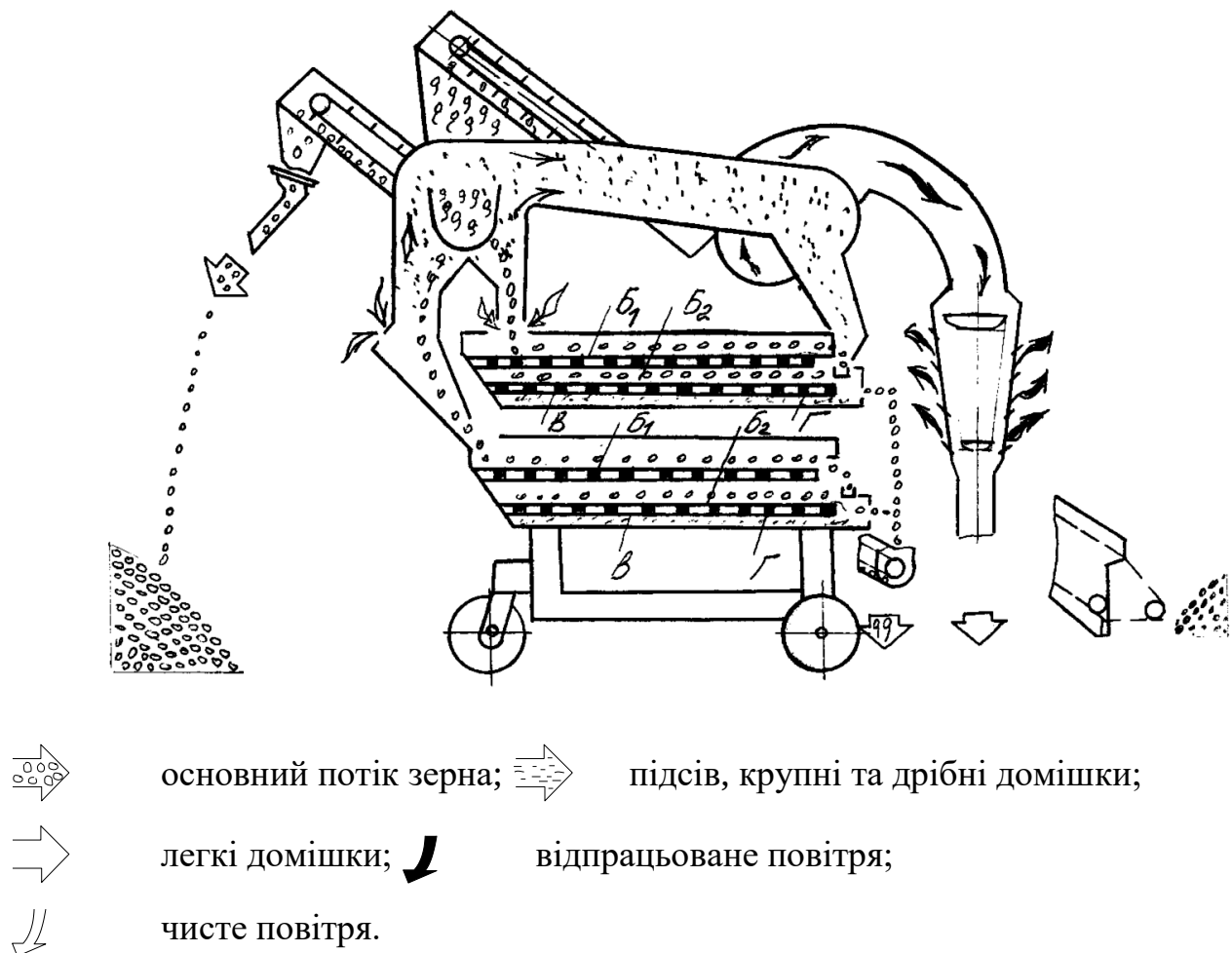


Рисунок 2.1 – Технологічна схема роботи машини МОЗП-25

Зерноочисна машина оснащена пристроєм, який стабілізує подачу зерна в машину шляхом автоматичного регулювання механізму самоходу.

Для забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних умов для обслуговуючого персоналу, важливо розмістити машину так, щоб її робочий шлях співпадав з напрямком вітру. Формування очищувального вороху шириною до 4500 мм є ключовим для забезпечення нормального технологічного процесу роботи машини. Це досягається шляхом розташування машин по одній лінії на всій довжині вороху.

Невідповідність цим вимогам (наприклад, розташування машин у шахматному порядку або навалом в одному місці) призводить до необхідності залучення додаткової робочої сили, порушення технологічної очистки, переміщення очищувального матеріалу, фуражних відходів і легких домішок, а також до зменшення продуктивності машини. Всі ці фактори знижують економічну ефективність роботи машини.

Завантажувальний транспортер складається з похилого транспортера і двох Т-подібно розташованих скребкових живильників. Ширина захвату транспортера 4500 мм. Живильники, завдяки шарнірам, копіюють поверхню току. Їх піднімання здійснюється за допомогою лебідок, встановлених на корпусі завантажувального пристрою. Верхня приводна головка завантажувального пристрою отримує привод через клинопасову передачу від двигуна, встановленого на корпусі транспортера. Натягування пасу здійснюється пересуванням електричного двигуна.

На завантажувальному транспортері встановлений автоматичний пристрій, який регулює подачу зернового матеріалу в зерноочисну машину. Він має електромеханічний зв'язок завантажувального пристрою з механізмом самопересування машини, який зупиняє зерноочисну машину в залежності від подачі зернового матеріалу.

Механічна частина виконана кулачковою муфтою, яка передає крутний момент від шківів на ведучий вал верхньої головки завантажувального механізму. Зміна крутного моменту впливає на переміщення шківів вздовж валу. Шків діє на

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ролик, встановлений на важіль. Важіль через тягу і шайбу діє на колінчатий перемикач. Більша чи менша подача зернового матеріалу регулюється шайбою, переміщенням її по різі тяги вниз або вверх. Кінцевий перемикач спрацьовує безпосередньо під дією важеля. Перемикач замикає або розмикає електричне коло двигуна самоходу при зміні передачі, а інший перемикач розмикає електричне коло двигуна привода завантажувального транспортера. При перевантаженні вище 25 %, або забиванні завантажувального пристрою він зупиняє зерноочисну машину. На кінцях живильників встановлені натяжні пристрої. Живильники зв'язані з нижньою головою за допомогою шарнірних П-подібних планок і розкосів. В залежності від профілю току транспортер можна регулювати за допомогою механізму піднімання по висоті до 205 мм вниз і вверх, а живильники – лебідками.

В зерноочисній машині використовуються два однакові решітні стани - верхній і нижній, які функціонують паралельно. Приймальна камера автоматично поділяє зерно на дві рівні частини. Перша частина пройде очищення через верхній решітний стан, тоді як друга частина буде очищена через нижній решітний стан. В стані встановлено чотири решета: B_1 , B_2 , B і G .

Решітні полотна перед встановленням в машину встановлюють в спеціальні рамки, які двигають по кутикам привареним на щокovinaх станів і піджимають спеціальними ексцентриковими затискачами до направляючих. Ексцентрики піджимаються в визначеному їх конструкцією напрямку.

Базою процесу є цільноштамповані сталеві щокovини, з'єднані поперечинами, які підвішуються до рами на вертикальних підвісках-пружинах. Кожен щокovий стан приводиться в коливання шатунами, що отримують рух від головного ексцентрикового вала. Щокovі стани коливаються в протилежних напрямках, нейтралізуючи інерційні сили, що виникають під час їх роботи.

Решета розділяють зерно на різні фракції, для виведення яких встановлені приймальники і лотки. Під решетами розміщені щітки, що тісно прилягають до решіт. Їх обертово-поступальний рух очищує решета, виштовхуючи зерна, що застрягли в отворах.

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2.2. Технологічні розрахунки машини та робочих органів.

2.2.1. Технологічний розрахунок решет зерноочисної машини.

При визначеній продуктивності зерноочисної машини $Q = 25$ т/год, враховуючи прийняті розміри решетних полотен: ширина – 990 мм, довжина – 790 мм, визначаємо середнє навантаження за формулою

$$q_F = \frac{Q}{S_3}, \quad (2.1)$$

де Q – продуктивність зерноочисної машини, т/год;

S_3 – загальна площа зерноочисних решет, дм^2 .

$$q_F = \frac{25 \cdot 10^3}{626} \approx 40 \text{ кг/}(\text{год} \cdot \text{дм}^2).$$

Кількість решітних станів – 2. Питоме завантаження решіт $q_v = 1000$ кг/(год·дм). За рекомендаціями приймаємо для решіт всіх типів кут нахилу $\alpha = 8^\circ$; кут напрямку коливань $\beta = 15^\circ$; повноту розділення $\varepsilon = 0,75$.

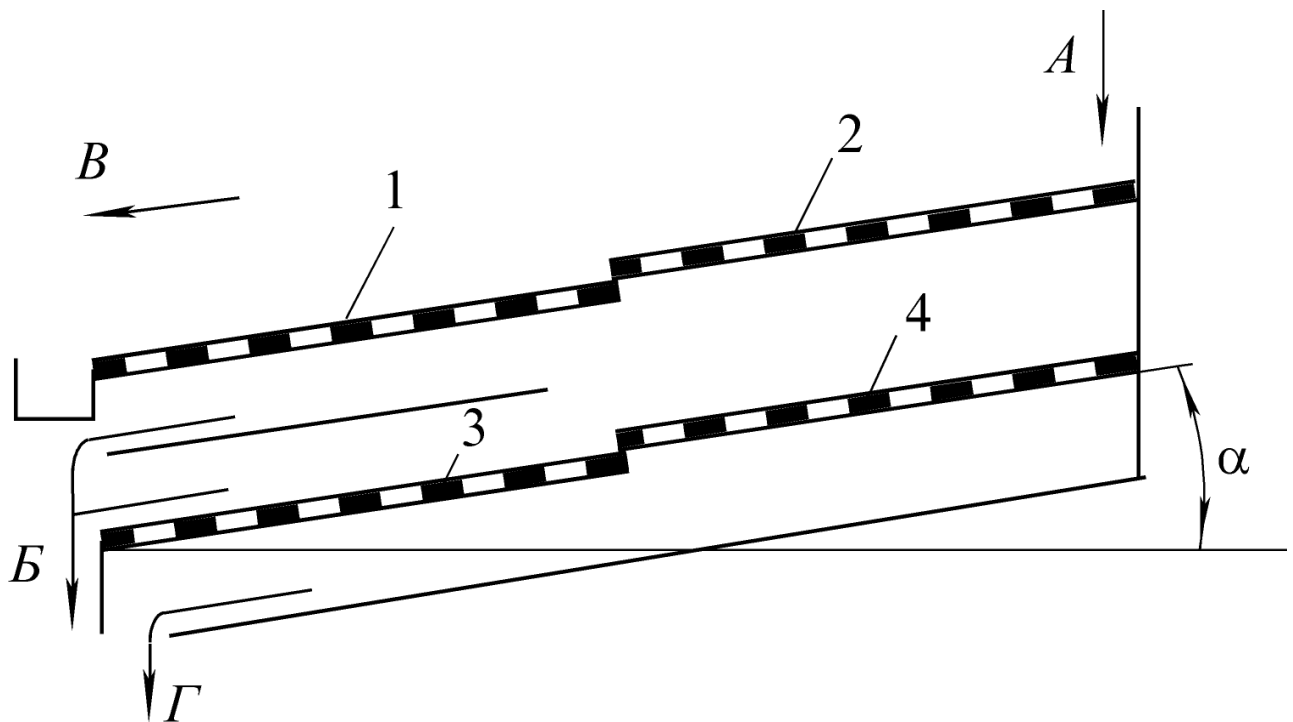


Рисунок 2.2 – Схема розташування решіт зерноочисної машини: 1 – решето для відокремлення крупних домішок; 2 – решето розвантажувального пристрою; 3 – підсівне решето; 4 – сортувальне решето; A – вхідний зерновий матеріал; B – очищене зерно; B – крупні домішки; Γ – дрібні домішки; α – кут нахилу решет

Оптимальне прискорення решет зерноочисної машини визначаємо за формулою

$$j_0 = 4,2 \sqrt{\frac{q_B}{\gamma}}, \quad (2.2)$$

де γ – кут між напрямком коливань решітного стану та площиною решета.

$$\gamma = \alpha + \beta = 8^\circ + 15^\circ = 23^\circ.$$

Оптимальне прискорення

$$j_0 = 4,2 \sqrt{\frac{1000}{23}} = 27 \text{ м/сек}^2.$$

Згідно завдання збільшуємо амплітуду коливань прискорення решіт. Значення коливань решітних станів визначаємо за формулою

$$A = e \cdot k, \quad (2.3)$$

де e – ексцентриситет ексцентрика приводу решета, $e = 0,0075$ м;

k – коефіцієнт, який враховує коливання рами машини, що завжди мають місце, (залежить від величини оптимального прискорення), $k = 1,3$.

Отже, амплітуда коливань решіткових станів

$$A = 0,0075 \cdot 1,3 = 0,01 \text{ м.}$$

Визначаємо частоту коливань решіткових станів зерноочисної машини

$$n = \sqrt{\frac{90 j_0}{A}}, \quad (2.4)$$

$$n = \sqrt{\frac{90 \cdot 27}{0,01}} = 493 \text{ кол/хв.}$$

Зрівноваження мас решітних станів, що коливаються, в машині відбувається шляхом передачі (від ексцентриків, розташованих на ексцентриковому валу) решітним станом руху шатунам, які отримують рух від

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

головного ексцентрикового вала. Стани коливаються в протилежних напрямках, що зрівноважує інерційні сили.

Розраховуємо підвіски решітних станів.

Матеріал підвісок – дуб. Кріплення до рами і решітного стану – жорстке.

$$\Delta = l \sqrt{\frac{G \cdot \cos \beta}{3i \cdot A \cdot b \cdot E}}, \quad (2.5)$$

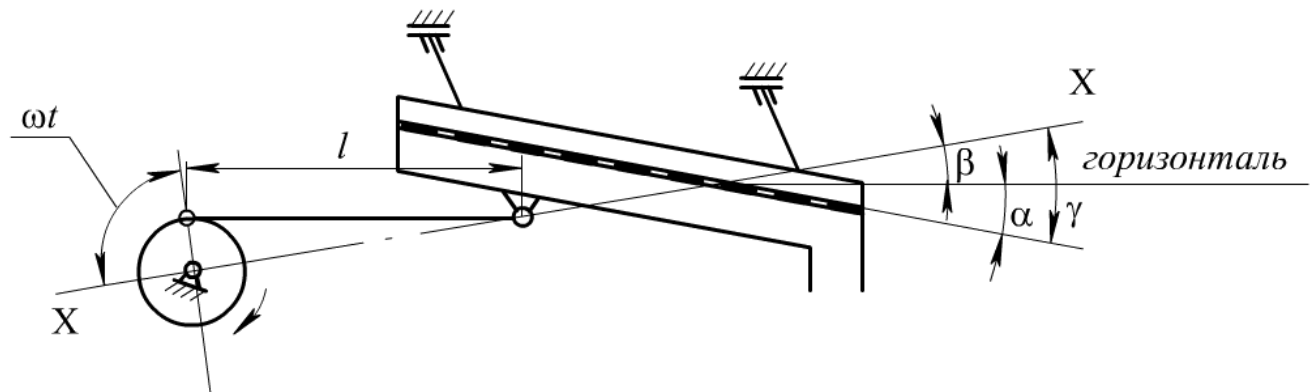


Рисунок 2.3 – Кінематична схема решета

де l – довжина підвіски, м, (приймаємо $l = 0,6$ м);
 G – вага решітного стану із зерном, $G = 280$ кг;
 i – кількість підвісок, $i = 4$ шт;
 b – ширина підвіски, $b = 0,06$ м;
 E – модуль пружності дубових підвісок, $E = 100000$ кг/см².

Товщина підвіски

$$\Delta = 60 \sqrt{\frac{280 \cdot 0,965}{3 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 100000}} = 3,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\Delta = 4$ мм.

Перевіряємо підвіску на міцність за допустимими напруженнями. Допустиме напруження згину визначаємо за формулою

$$\sigma_{зг} = \frac{3\Delta A E}{l^2} \quad (2.6)$$

$$\sigma_{зг} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 100000}{60^2} = 33,3 \text{ кг/см}^2.$$

Крім згину підвіски піддаються розтягуванню від дії складової ваги решітного стану. Напруження розтягу

$$\sigma_p = \frac{G \cdot \cos \beta}{i \cdot b \cdot \Delta}, \quad (2.7)$$

$$\sigma_p = \frac{280 \cdot 0,965}{4 \cdot 6 \cdot 0,4} = 28,1 \text{ кг/см}^2.$$

Сумарне напруження підвісок решітних станів $[\sigma] = 80 \text{ кг/см}^2$.

$$\sigma < [\sigma]$$

$$61,4 \text{ кг/см}^2 < 80 \text{ кг/см}^2.$$

Так, як за умовою міцності підвіска задовольняє технічні вимоги, то приймаємо товщину підвіски $\Delta = 4 \text{ мм}$, амплітуду коливань $A = 10 \text{ мм}$, частоту коливань $n = 493 \text{ кол/хв}$.

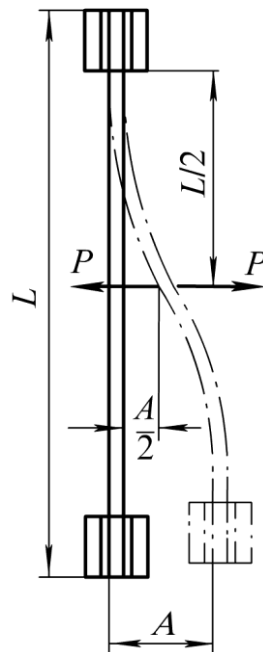


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема підвіски решітного стану

2.2.2. Технологічний розрахунок скребкового транспортера.

Для розрахунків обираємо скребковий транспортер з безкінцевим ланцюгом, що складається з прорезиненої тканини. Цей транспортер переміщує зерно в середині жолоба за допомогою скребків. Продуктивність такого

завантажувального транспортера визначаємо як продуктивність зерноочисної машини МОЗП-25, оскільки його пропускна здатність дорівнює 100% завантаженню машини.

$$Q_{\text{тр}} = Q = 25 \text{ т/год.}$$

Транспортер працює нижньою ланкою, якою завантажує зерновий ворох у вікно завантажувальної камери, яка розташована в верхній частині жолоба. Розміри завантажувального вікна визначаємо за формулою

$$l = V \sqrt{\frac{2H \cos \varphi}{g \cos(\alpha + \varphi)}}, \quad (2.8)$$

де g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ;
 V – лінійна швидкість ланцюга завантажувального транспортера, м/с ;
 H – висота скребка транспортера, м ;
 φ – кут тертя зернового матеріалу об скребки;
 α – горизонтальний кут нахилу транспортера.

$$l = 3,9 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,1 \cdot \cos 15^\circ}{9,8 \cdot \cos(45^\circ + 15^\circ)}} = 0,788 \text{ м.}$$

Ширина жолоба завантажувального транспортера

$$\Pi = 3600 \cdot F \cdot V \cdot v_p = 3600 \cdot B \cdot h \cdot \psi \cdot k_\beta \cdot V \cdot v_p \quad (2.9)$$

де B і h – висота і ширина жолоба транспортера, м ;
 ψ – коефіцієнт заповнення жолоба.

Тоді

$$B = \sqrt{\frac{3,2 \Pi}{3600 \cdot \psi \cdot k_\beta \cdot V \cdot v_p}}, \quad (2.10)$$

$$B = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 25}{3600 \cdot 0,55 \cdot 0,85 \cdot 3,9 \cdot 0,9}} = 0,165 \text{ м.}$$

Із стандартного ряду приймаємо ширину жолоба транспортера $B=200$ мм.

Так як $\frac{B}{h} = (2,4...4)$, (приймаємо $\frac{B}{h} = 3,2$), то висота жолоба $h = \frac{B}{0,32}$.

$$h = \frac{0,2}{0,32} = 0,063 \text{ м.}$$

По стандартному ряду приймаємо – $h=63$ мм.

Визначаємо висоту скребка. За рекомендаціями $h_c = h + (25...50)$ мм, тоді

$$h_c = 63 + 30 = 93 \text{ мм.}$$

Із стандартного ряду приймаємо – $h_c = 100$ мм.

Визначаємо крок розташування скребків.

$$t_c = (2...4)h_c, \text{ мм.}$$

$$t_c = 2 \cdot 100 = 200 \text{ мм.}$$

Відстань між скребками транспортера й ширина жолоба мають відповідати наступним вимогам

$$t_c \geq 1,5a_{\max}; B \geq k_c a_{\max}.$$

$$200 \geq 1,5 \cdot 6 = 9; 200 \geq 2,25 \cdot 6 = 13,5.$$

Виходячи із наведених вище розрахунків, вимоги до конструкції транспортера виконуються. На основі чого приймаємо транспортер з вище розрахованими параметрами.

2.3. Кінематичний розрахунок приводу транспортера.

Розрахунок проводиться з метою визначення кінематичних характеристик, які включають аналіз передач та встановлення передаточних відношень для механізму приводу завантажувального транспортера.

Визначаємо кутову швидкість приводного валу транспортера

$$\omega = \frac{V}{R}, \quad (2.11)$$

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

де V – лінійна швидкість транспортної стрічки, м/с;
 R – радіус приводної зірочки стрічки транспортера, м.

$$\omega = \frac{33,9}{0,105} = 37,14 \text{ с}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi n R}{30}, \quad (2.12)$$

де n – кількість обертів приводного вала;
 R – радіус приводної зірочки, м.

$$V = \frac{3,14 \cdot 360 \cdot 0,105}{30} = 3,9 \text{ м/с}.$$

Кількість обертів приводного вала транспортера

$$n = \frac{20\omega}{\pi}, \quad (2.13)$$

де ω – кутова швидкість вала приводу завантажувального транспортера, с^{-1} .

$$n = \frac{20 \cdot 37,14}{3,14} = 354,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Для визначення діаметрів ведучого та веденого шківів приводу завантажувального транспортера ми розраховуємо передаточне відношення за наступною формулою.

$$i = \frac{n_{\partial\partial}}{n_1}, \quad (2.14)$$

де $n_{\partial\partial}$ – кількість обертів приводного двигуна, хв^{-1} ;
 n_1 – кількість обертів вала приводу транспортера, хв^{-1} .

$$i = \frac{954,8}{960} = 0,37.$$

Вибираємо розміри приводних шківів для двигуна й вала приводу транспортера.

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Діаметр шківів двигуна приймаємо $D_{\text{дв}} = 180$ мм. Діаметр шківів вала приводу транспортера

$$D_{\text{тр}} = \frac{D_{\text{дв}}}{i}, \quad (2.15)$$

$$D_{\text{тр}} = \frac{180}{0,37} = 468 \text{ мм.}$$

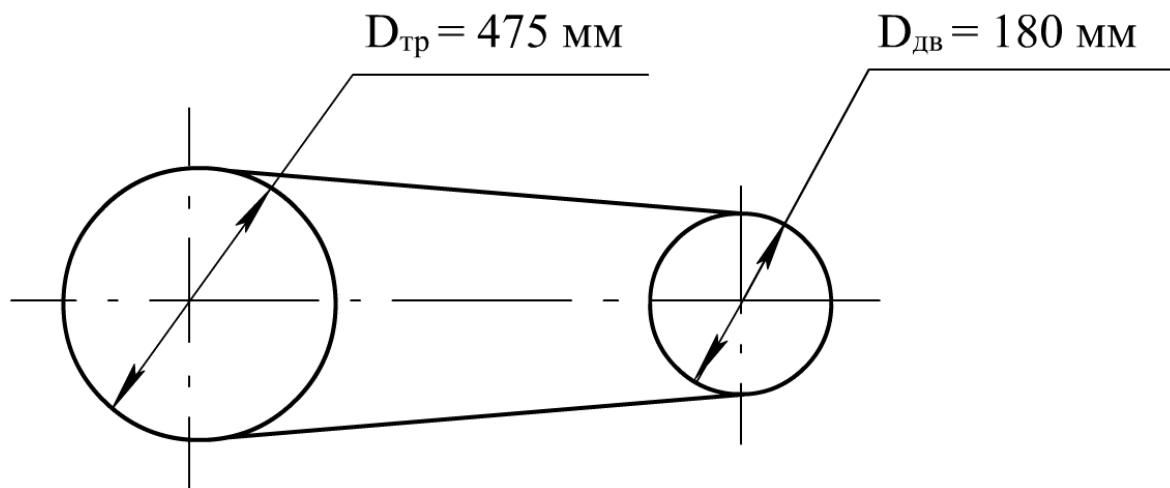


Рисунок 2.5 – Схема приводу завантажувального транспортера

Приймаємо стандартний шків діаметром – $D_{\text{тр}} = 475$ мм.

Оберти ведучого вала визначаємо за формулою

$$n_{\text{тр}} = n_{\text{дв}} \cdot i,$$

де $i = D_{\text{дв}} / D_{\text{тр}}.$

$$i = 180 / 475 = 0,37.$$

$n_{\text{тр}} = 960 \cdot 0,37 = 355 \text{ хв}^{-1}$, що не значно відрізняється від необхідного для нормальної роботи завантажувального транспортера.

Так як від цього двигуна приводиться в дію вентилятор, то для забезпечення необхідної подачі повітря турбіна вентилятора повинна обертатись з частотою $n = 1180 \text{ хв}^{-1}$. Швидкість руху двигуна складає – 960 хв^{-1} . Діаметр приводного шківів двигуна $D_{\text{дв}} = 280$ мм. Тоді діаметр шківів вентилятора

$$D_{\epsilon} = D_{\partial\epsilon} \cdot i, \quad (2.16)$$

де $i = \frac{n_{\partial\epsilon}}{n_{\epsilon}}.$

$$i = \frac{960}{1180} = 0,81.$$

$$D_{\epsilon} = 280 \cdot 0,81 = 224,7.$$

Із стандартного ряду приймаємо шків діаметром $D_{\epsilon} = 236$ мм. Тоді дійсне значення обертів вентилятора визначаємо за формулою

$$n_{\epsilon} = n_{\partial\epsilon} \cdot i, \quad (2.17)$$

де $i = \frac{D_{\partial\epsilon}}{D_{\epsilon}};$

$$i = \frac{280}{236} = 1,18.$$

$n_{\epsilon} = 960 \cdot 1,18 = 1132 \text{ хв}^{-1}$, що не значно відрізняється від необхідної кількості обертів валу вентилятора.

2.4. Розрахунки деталей на міцність.

Для розрахунків вала завантажувального транспортера наводимо розрахункову схему, рис. 2.6. Спочатку визначаємо зусилля, які діють на приводний вал завантажувального транспортера.

Крутний момент на валу

$$T = \frac{\eta N}{\omega}, \quad (2.18)$$

де N – потужність приводу, Вт;

ω – кутова швидкість приводного вала, с^{-1} ;

η – коефіцієнт корисної дії пасової передачі, ($\eta = 0,94$).

Кутова швидкість руху приводного вала

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (2.19)$$

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

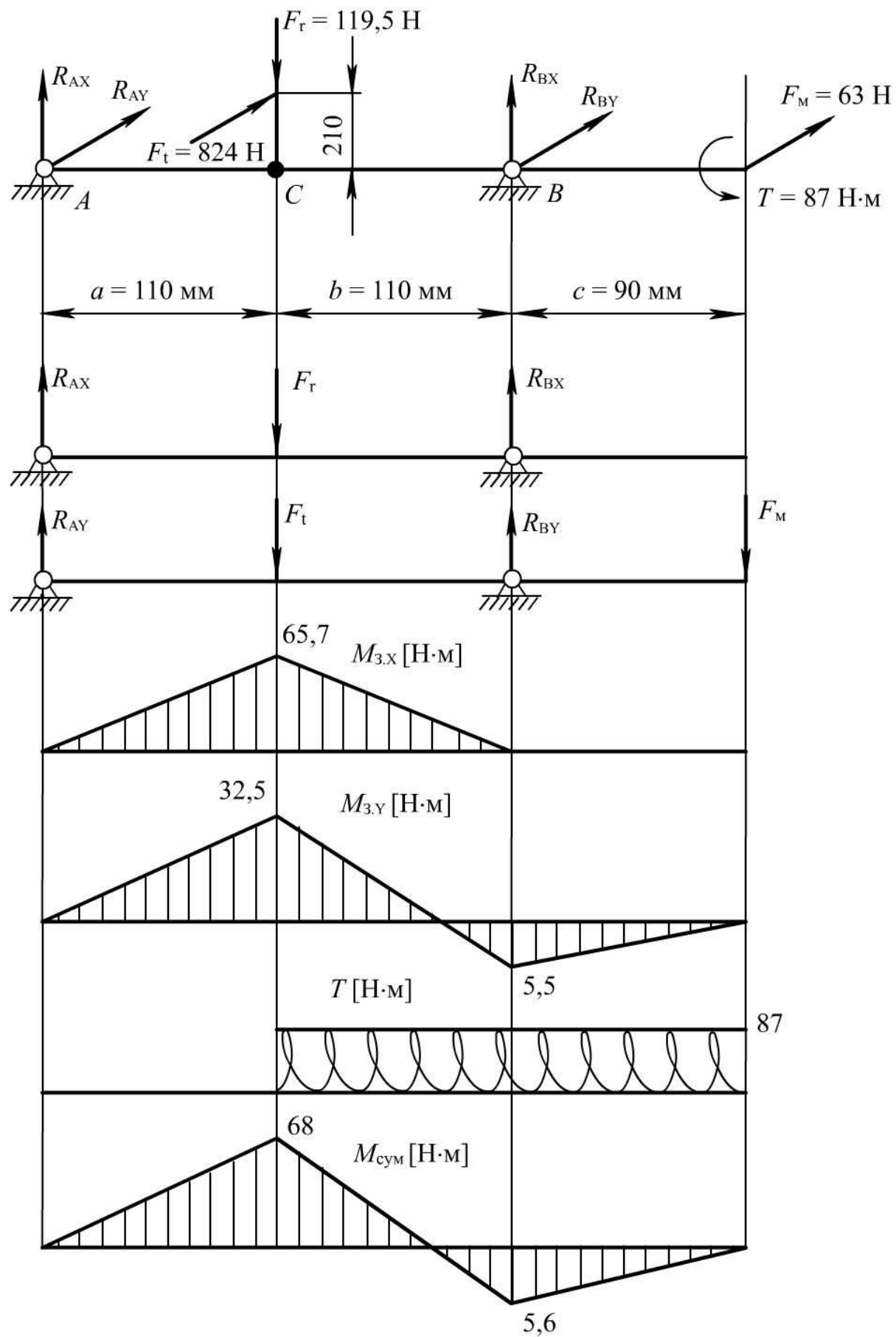


Рисунок 2.6 – Схема епюр згинальних моментів

де n – частота обертання вала приводного транспортера, с^{-1} , ($n = 355 \text{ с}^{-1}$).

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 355}{30} = 371 \text{ с}^{-1}$$

$$T = \frac{0,94 \cdot 3 \cdot 10^3}{371} = 87 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Зусилля, які діють на вал від натягу паса клинопасової передачі визначаємо за формулою

$$F_m = 3S_0 \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right),$$

де α_1 – кут обхвату шківа пасом, град;

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60^\circ \frac{D_{n_2} - D_{n_1}}{a}, \quad (2.20)$$

де D_{n_2} – діаметр шківа вала транспортера, мм;

D_{n_1} – діаметр шківа двигуна, мм;

a – міжосьова відстань, мм;

S_0 – питома сила натягу паса приводу транспортера, Н.

$$S_0 = \zeta_o \cdot b, \quad (2.21)$$

де b – ширина пасу, мм, ($b = 14 \text{ мм}$).

$$S_0 = 2,25 \cdot 14 = 31,5 \text{ Н}.$$

$$\alpha = 180 \cdot 60 \frac{475 - 180}{1310} = 166^\circ.$$

$$F_m = 2 \cdot 31,5 \sin\left(\frac{166}{2}\right) = 63 \text{ Н}.$$

Зусилля, що діє на приводну зірочку транспортерної стрічки

$$F_t = \frac{2N}{d_1}, \quad (2.22)$$

де T – крутний момент на приводному валу, Н·м;

d_1 – діаметр приводної зірочки, м.

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$F_t = \frac{2 \cdot 87}{0,21} = 824 \text{ Н.}$$

$$F_r = F_t \cdot \cos \beta, \quad (2.23)$$

де β – кут нахилу зубів на зірочці, град.

$$F_r = 824 \cdot 0,1450 = 119,5 \text{ Н.}$$

Для визначення реакції в опорах підшипників (точка A і B) складаємо рівняння згинальних моментів. Сили, що діють в площині X :

$$\begin{cases} \sum M_{AX} = 0; & F_r \cdot a - R_{BX}(a + b) = 0; \\ \sum M_{BX} = 0; & R_{AX}(a + b) - F_r \cdot b = 0; \end{cases}$$

$$R_{BX} = \frac{F_r \cdot a}{a + b} = \frac{119,5 \cdot 0,11}{0,22} = 59,75 \text{ Н;}$$

$$R_{AX} = \frac{F_r \cdot b}{a + b} = \frac{119,5 \cdot 0,11}{0,22} = 59,75 \text{ Н;}$$

Сили, що діють в площині Y

$$\begin{cases} \sum M_{AY} = 0; & F_t \cdot a - R_{BY}(a + b) - F_m(a + b + c) = 0; \\ \sum M_{BY} = 0; & R_{BY}(a + b) - F_t \cdot b + F_m \cdot c = 0; \end{cases}$$

$$R_{AY} = \frac{F_t \cdot b - F_m \cdot c}{a + b} = \frac{824 \cdot 0,11 - 63 \cdot 0,09}{0,22} = 386 \text{ Н;}$$

$$R_{BY} = \frac{F_t \cdot a - F_m \cdot (a + b + c)}{a + b} = \frac{824 \cdot 0,11 - 63 \cdot 0,31}{0,22} = 323 \text{ Н.}$$

Діаметри приводного вала визначаємо за формулою

$$d = \sqrt{\frac{M_{екв.III}}{0,1[\sigma_{-1}]}} \quad (2.24)$$

де $M_{екв.III}$ – еквівалентний згинальний момент у небезпечному перерізі, Н·м;

$[\sigma_{-1}]$ – допустиме напруження на згинання, Н/мм², (для сталь 45 – $[\sigma_{-1}] = 180$ МПа.

За третьою гіпотезою міцності еквівалентний згинальний момент

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$M_{екв.III} = \sqrt{M_{сум}^2 + T^2}, \quad (2.25)$$

де $M_{екв.III}$ – сумарний згинальний момент, Н·м;

$$M_{екв.III} = \sqrt{68^2 + 87^2} = 110,5 \text{ Н·м.}$$

$$d = \sqrt{\frac{110,5 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 180 \cdot 10^{-6}}} = 0,024 \text{ м.}$$

На основі виконаних розрахунків приймаємо діаметр для посадки зірочки – $d_z = 25$ мм; посадки підшипників $d_n = d_z - 5 = 20$ мм, шківів $d_{ш} = d_n - 5 = 15$ мм.

2.5. Висновки. Постановка мети і задач дослідження.

Головним робочим органом зерноочисної машини є решето, тому саме від його ефективності буде залежати вся його робота. Обраний напрям вдосконалення решета зерноочисної машини є перспективним, так як при впровадженні запропонованих вдосконалень можна отримати значний економічний ефект.

Мета дослідження – зменшення енергетичних витрат на роботу зерноочисної машини шляхом обґрунтування параметрів решета та завантажувального транспортера.

Задачи дослідження.

1. Вивчити основні конструктивні особливості зерноочисних машин та можливості їх роботи для зменшення енергетичних витрат.

2. Обґрунтувати параметри решета та завантажувального пристрою для завантаження зернових матеріалів й виконати розрахунки конструктивних змін для забезпечення нормальної роботи зерноочисної машини.

4. Виконати розрахунок економічної ефективності впровадження запропонованої конструкції зерноочисної машини у виробництво.

Об'єкт дослідження – процес очищення зернового матеріалу.

Предмет дослідження – конструктивні та технологічні параметри решета зерноочисної машини.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Огляд конструкцій решет зерноочисних машин.

Для забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського сектору необхідно впровадження новітньої високоефективної техніки, яка б забезпечувала не лише зростання продуктивності праці, але й значну економію матеріальних та енергетичних ресурсів.

Одним із найпоширеніших методів очищення, розділення та сортування зерна і продуктів його переробки є використання зерноочисних машин з різними типами та конструкціями решет. Велика кількість таких типів решет (рис. 3.1) пояснюється тим, що насіння різних сільськогосподарських культур має різну форму та фізико-механічні властивості, що суттєво впливає на процес сепарації.

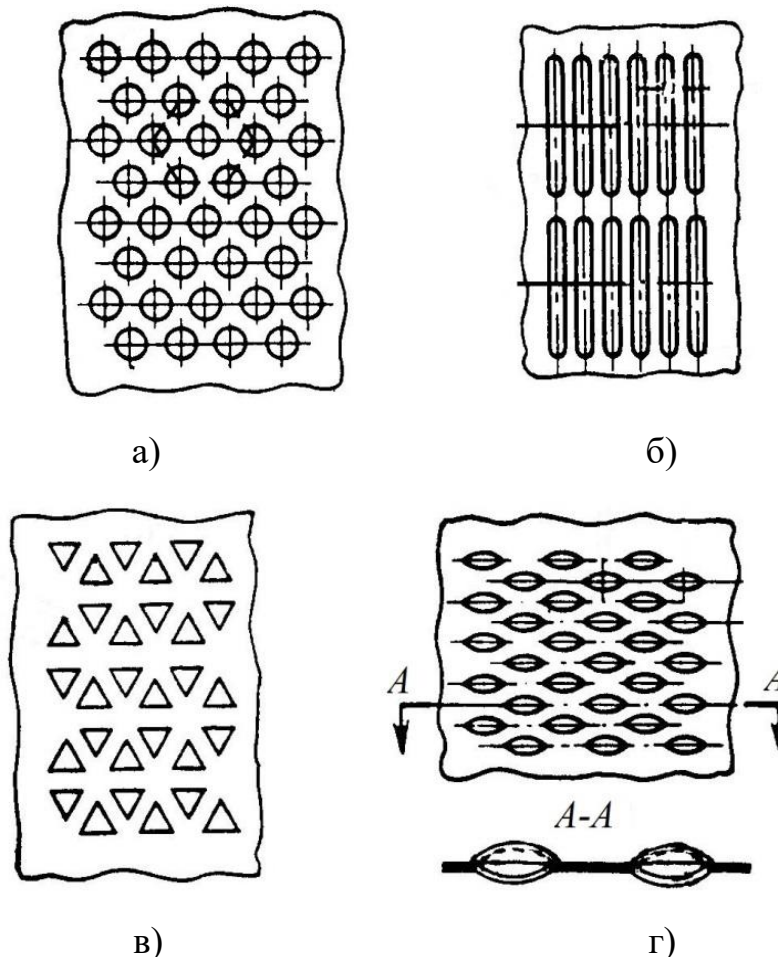


Рисунок 3.1 – Схеми найбільш поширених решет зерноочисних машин: а – з круглими отворами; б – з продовгуватими отворами; в – з трикутними; г – за формою насіння

Для підвищення продуктивності зерноочисних машин було розроблено решітки з безперервними паралельними струнами, що не мали поперечних перегородок. Це сприяло збільшенню активної площі решітки і, отже, підвищенню її продуктивності. Однак через значні розміри та складнощі у використанні ці решітки не стали популярними.

Подібно до таких струнних решіток, Леонід ФАДЄЄВ висунув ідею пруткових решіток (рис. 3.2), що містять раму з колосниками. Колосники у цій конструкції виготовлені з прутків круглого перерізу і закріплені до рами та поперечних перемичок у зоні їх перетинання. Крім того, колосники з'єднані між собою поперечними перемичками, а їхні кінці закріплені до рами зверху.



Рисунок 2 – Решето Фадєєва: <https://www.fadeevagro.com/products/resheto-fadeeva/>

Автор вказує, що решето не травмує зерно, маючи більший активний переріз, ніж звичайні, що поліпшує продуктивність зерноочисного обладнання. Круглий профіль решіткової поверхні сприяє кращій орієнтації зерна відносно отворів, що також підвищує ефективність роботи.

Особливий інтерес викликає гофроване решето (рис. 3.3). Дослідження показали, що завдяки раціональній геометрії перетинок гофрованих решіт збільшується швидкість орієнтації зерен і площа активного перерізу. Це дозволяє збільшити продуктивність при очищенні пшениці в 2-3 рази порівняно зі звичайними решітами. На основі цих досліджень розроблено багато гравітаційних сепараторів, що застосовуються в потокових лініях на

підприємствах післязбирального обробітку зерна. Це дозволяє використовувати енергію піднятого на певну висоту зерна для його очищення без додаткового споживання енергії з зовнішніх джерел.

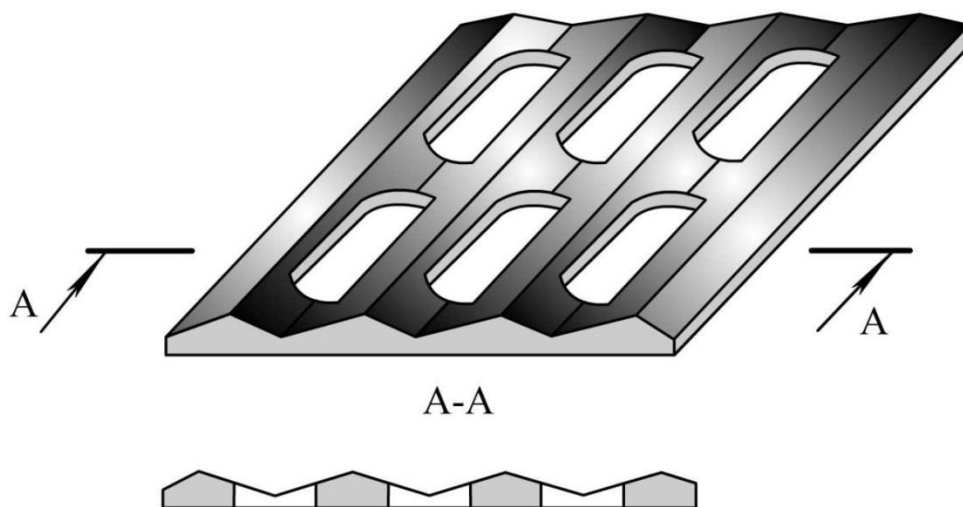


Рисунок 3.3 – Гофроване решето

Канадська компанія Westward Parts випускає вертикальні решітчасті сепаратори моделі 1500-4, які є найбільш поширеними за цим параметром (рис. 3.4). У таких сепараторах решета розміщені у вертикальній шахті таким чином, що створюється канал для зерна, який приєднується до потокової лінії. Зерно з завантажувального пристрою 1 спочатку попадає на перше похиле плоске решето, потім спускається на друге і так далі. Під час проходження каскаду решіт під дією сили гравітації зерно розділяється на основну фракцію і дрібні домішки (фракція А) та крупні домішки (фракція Б). За даними компанії, такий сепаратор забезпечує повноту виділення домішок до 94%.

Також аналогічні сепаратори випускаються канадською компанією Parsons моделі РС-1500 (рис. 3.5). Вони відрізняються від попередніх наявністю різних варіантів пропуску зерна. Зерно через завантажувальний пристрій 3 може поступати повністю або частково на плоскі решета 2 за допомогою засувки 1. Для запобігання забиванню решіт в таких сепараторах вони встановлюють на пружинних підвісках під великим кутом до горизонту. Однак це рішення для досягнення необхідної ефективності сепарації призводить до збільшення

довжини решіт, що негативно впливає на енергоефективність зерноочисної машини.

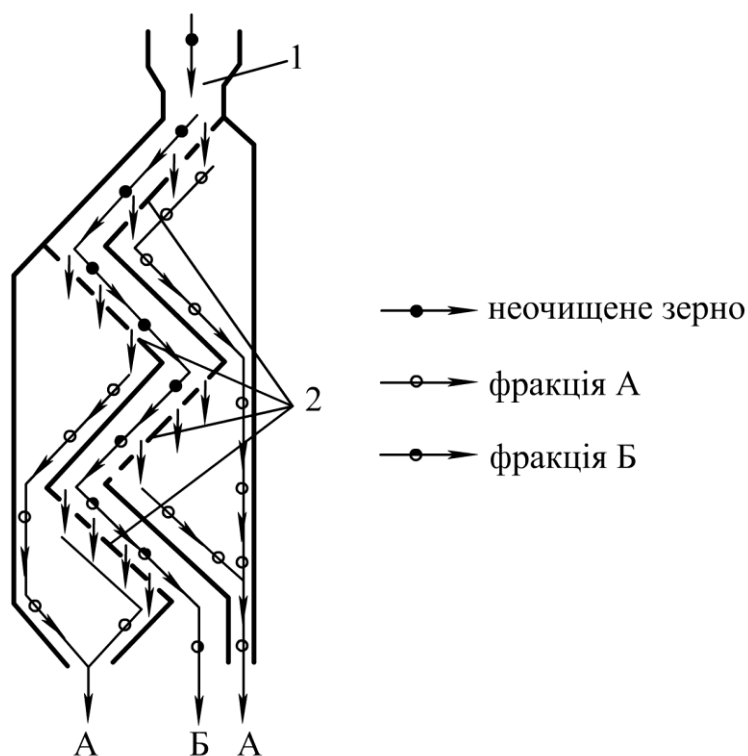


Рисунок 3.4 – Схема решітчастого сепаратора моделі 1500-4 фірми Westward parts (Канада): 1 – завантажувальний пристрій; 2 – решета

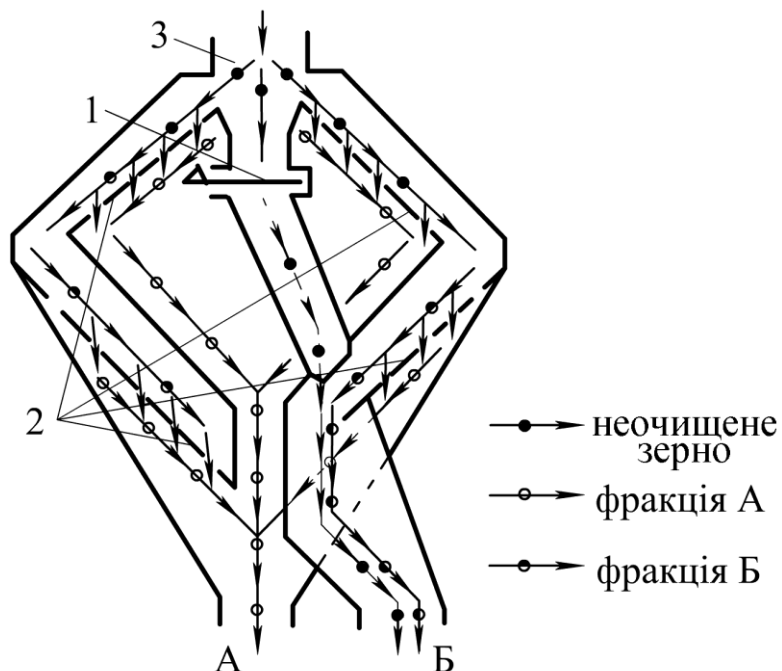


Рисунок 3.5 – Схема решітчастого сепаратора моделі РС-1500 фірми Parsons (Канада): 1 – засувка; 2 – плоскі решета; 3 – завантажувальний пристрій

При використанні перфорованих решіт для розділення зернових матеріалів виникає складність у чистці щілин від застрягаючого зерна, що суттєво впливає на ефективність процесу. Збільшення швидкості руху зерна лише поглиблює цю проблему, переносячи дрібні частки разом з більшими, що призводить до неправильності виділення потрібної фракції. Рішення, такі як використання гнучких елементів над решіткою, не дозволяють уникнути цих негативних наслідків, а лише ускладнюють конструкцію машини.

Спроби використання підпружинених решітчастих поверхонь, які під впливом рухомого зерна починають коливатися, також не досягли значного покращення ефективності сепарації. Ці покращення дозволили поліпшити функціонування, але суттєвого підвищення ефективності не було досягнуто.

Для визначення оптимального напрямку вдосконалення та розробки решіт для сепарації зерна та зменшення енергетичних витрат на роботу зерноочисної машини, необхідно проаналізувати етапи процесу її роботи, на які витрачається енергія, як показано на рис. 3.6.

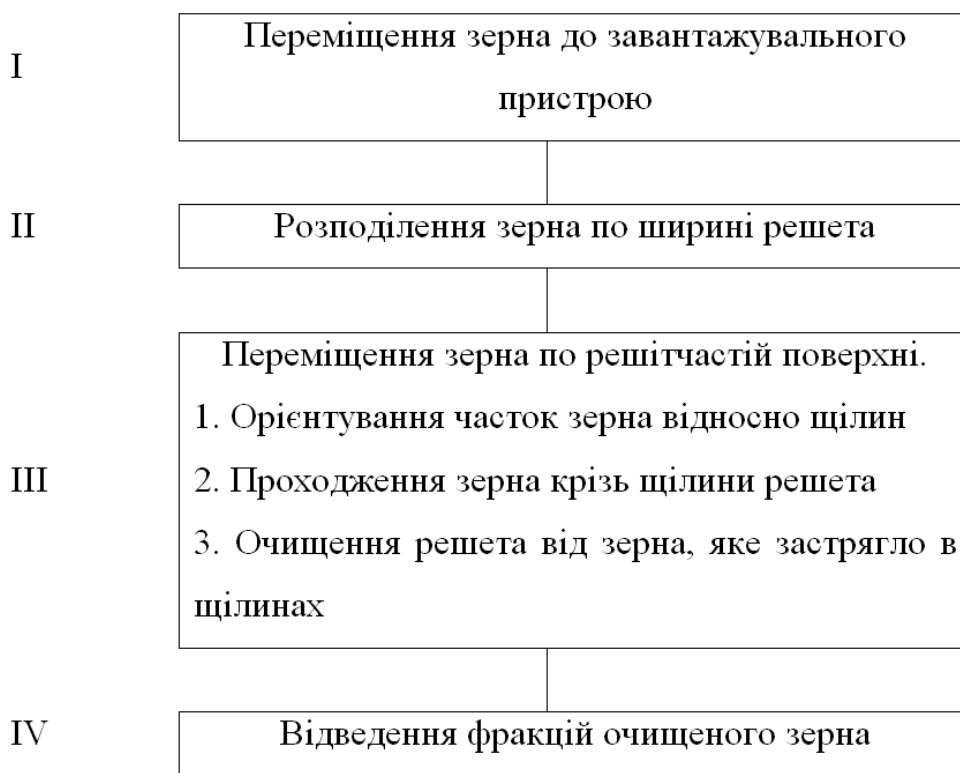


Рисунок 3.6 – Витрати енергії на роботу вузлів і механізмів зерноочисної машини

Під час аналізу третього етапу процесу роботи зерноочисної машини стає очевидним, що завдання 1 і 2 можна вирішити майже повністю за допомогою як традиційних, так і вже згаданих раніше рішень. Проте, залишається невирішеною проблема очищення решіт від зерен, які застрягають в щілинах. Для вирішення цієї проблеми встановлюються додаткові пристрої, що призводить до збільшення витрат енергії та матеріалів машини.

Аналіз показує, що одним із шляхів розв'язання проблеми самоочищення решіт є використання решіт з нескінченими щілинами, ширина яких зростає у напрямку руху оброблюваного матеріалу. Проте, складність виготовлення та недостатня продуктивність у розділенні матеріалів не дозволяють широко застосовувати їх у виробництві.

На нашу думку, більш перспективною є конструкція решета, яке розроблено на кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету (рис. 3.7). Це решето складається з декількох каскадів, що складаються з повздовжніх прутків різного діаметру $d1$, $d2$, $d3$, зігнутих у кінцевій частині і скріплених між собою осями з калібруючими шайбами. Ця конструкція має декілька переваг.

Перш за все, на кожному наступному каскаді діаметр стержнів зменшується, що призводить до збільшення ширини щілин a , b , c . Це робить решето більш ефективним у сортуванні матеріалів за розміром.

По-друге, така конструкція дозволяє досягти більшої точності і калібрування щілин. Завдяки послідовному зменшенню діаметру стержнів, ширини щілин можуть бути легко налаштовані відповідно до потреб виробництва. Крім того, ця конструкція є міцною і довговічною, оскільки стержні скріплені між собою осями, що забезпечує стійкість і надійність у роботі навіть при великих навантаженнях.

У зв'язку з цим, ми вважаємо, що запропонована конструкція решета є більш перспективною і може знайти широке застосування в сільському господарстві та інших галузях, де необхідно ефективно сортувати матеріали за їхнім розміром.

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Матеріал, що поділяється, спочатку направляється на перший каскад решета, де його частинки із розмірами меншими за розміри щілин пройшовши крізь них (фракція I), подальш рухаються до наступних каскадів, де вони відокремлюються відповідно до розмірів щілин (фракції II, III). Частинки, які не були відокремлені на решеті, відводяться з нього (фракція IV).

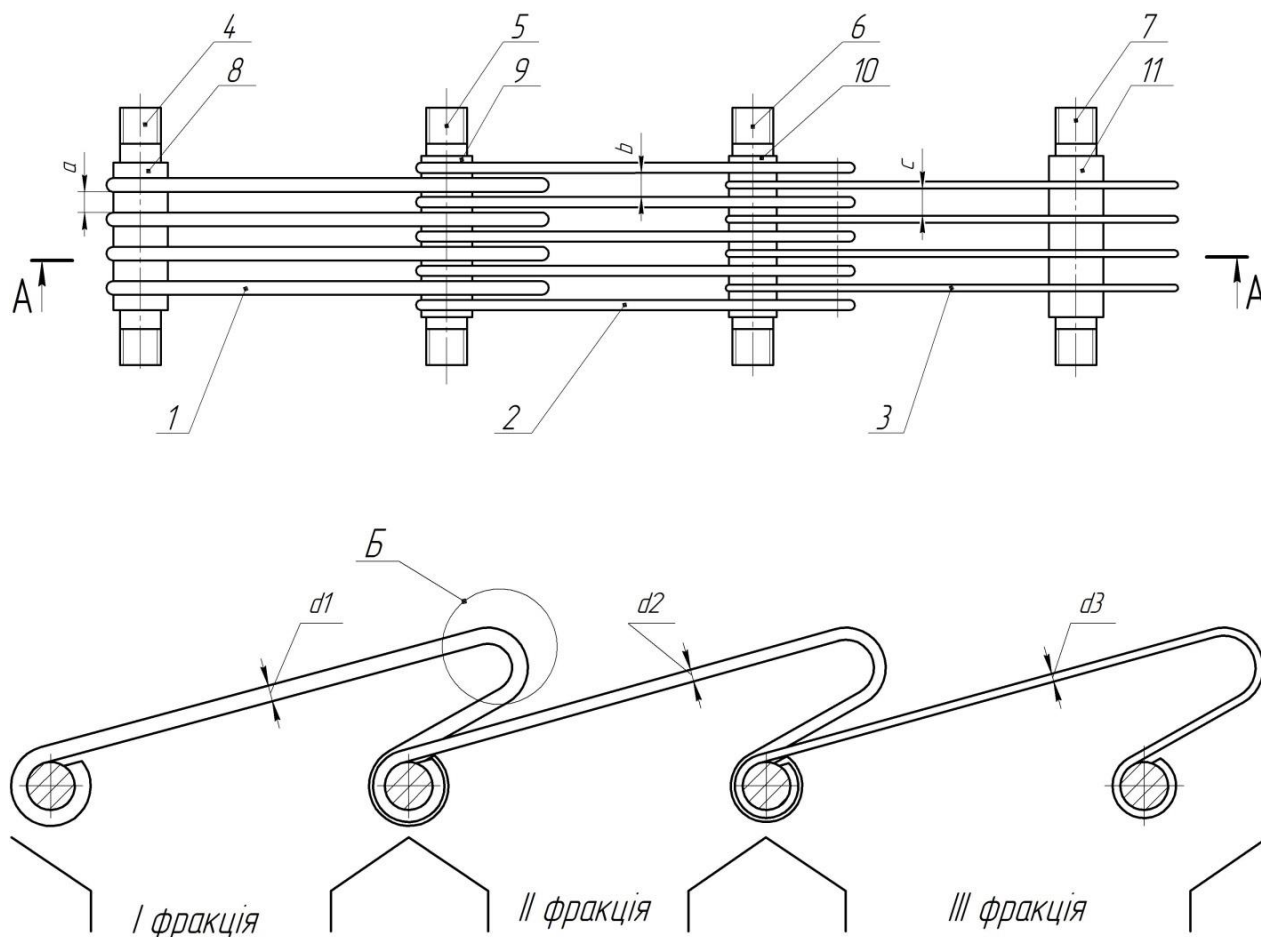


Рисунок 3.7 – Решето: 1, 2, 3 – повздовжні прутки; 4, 5, 6, 7 – осі; 8, 9, 10, 11 – калібруючі шайби

Під дією ваги оброблюваного матеріалу, прямокутні прутки, що складають решето, згинаються хаотично в місці згину. Це призводить до розширення щілин в напрямку руху матеріалу і природного самоочищення решета.

Запропоноване решето дозволяє розділяти оброблювані матеріали на декілька фракцій і забезпечує автоматичне очищення щілин. Однак конструкція цього решета значно складніша порівняно з традиційними варіантами, що

вимагає серйозного модифікування зерноочисних машин для його впровадження. Крім того, не завжди вдається досягти необхідної якості розділення, оскільки розширення прутків в кінцевій частині не контролюється повністю.

Використання решіт з повздовжніми щілинами, які розширюються у напрямку руху оброблюваного матеріалу в зерноочисних машинах, відкриває можливість для автоматичного очищення решета та уникнення застрягання часток, розміри яких подібні до розмірів щілин решета. Це дозволяє уникнути потреби встановлення та експлуатації очисних пристроїв, які вимагають значних енергетичних витрат для їх роботи. Такий підхід не лише спрощує процес обробки матеріалу, але й забезпечує енергоефективність у порівнянні з традиційними методами очищення. Розвиток та вдосконалення цієї технології має перспективи для подальшого вдосконалення зерноочисних систем.

Запропоноване решето виглядає як набір повздовжніх стержнів, які утворюють каскади зі щілинами, що розширюються у напрямку руху матеріалу, рис. 3.8. Його особливість полягає в тому, що щілини розширюються за рахунок зміщення стержнів, зігнутих в кінці, а розмір розширення щілин обмежується, не перевищуючи встановленого значення для конкретної культури.

Решето має кілька каскадів, які складаються з повздовжніх стержнів 1, 2, зігнутих у кінцевій частині *Б*, та з'єднаних осями 1, 2, 3 та калібруючими шайбами 4. Завдяки тому, що кінців стержнів відігнуті, вони можуть рухатися відносно один до одного, що дозволяє змінювати ширину щілини. Розширення щілин обмежується величиною *L*, яка контролюється відповідними осями.

Робота решета полягає в такому: зерно, що потрапляє на решето, проходить через щілини, які відповідають його розміру. Потім воно переходить на наступні каскади, де частинки відокремлюються відповідно до ширини щілини. Ті, які не відокремлюються, виходять з решета. Під впливом ваги оброблюваного матеріалу повздовжні стержні, з яких складається решето, випадково згинаються у місцях згину *Б*, що призводить до розширення щілин в напрямку руху матеріалу і автоматичного очищення решета.

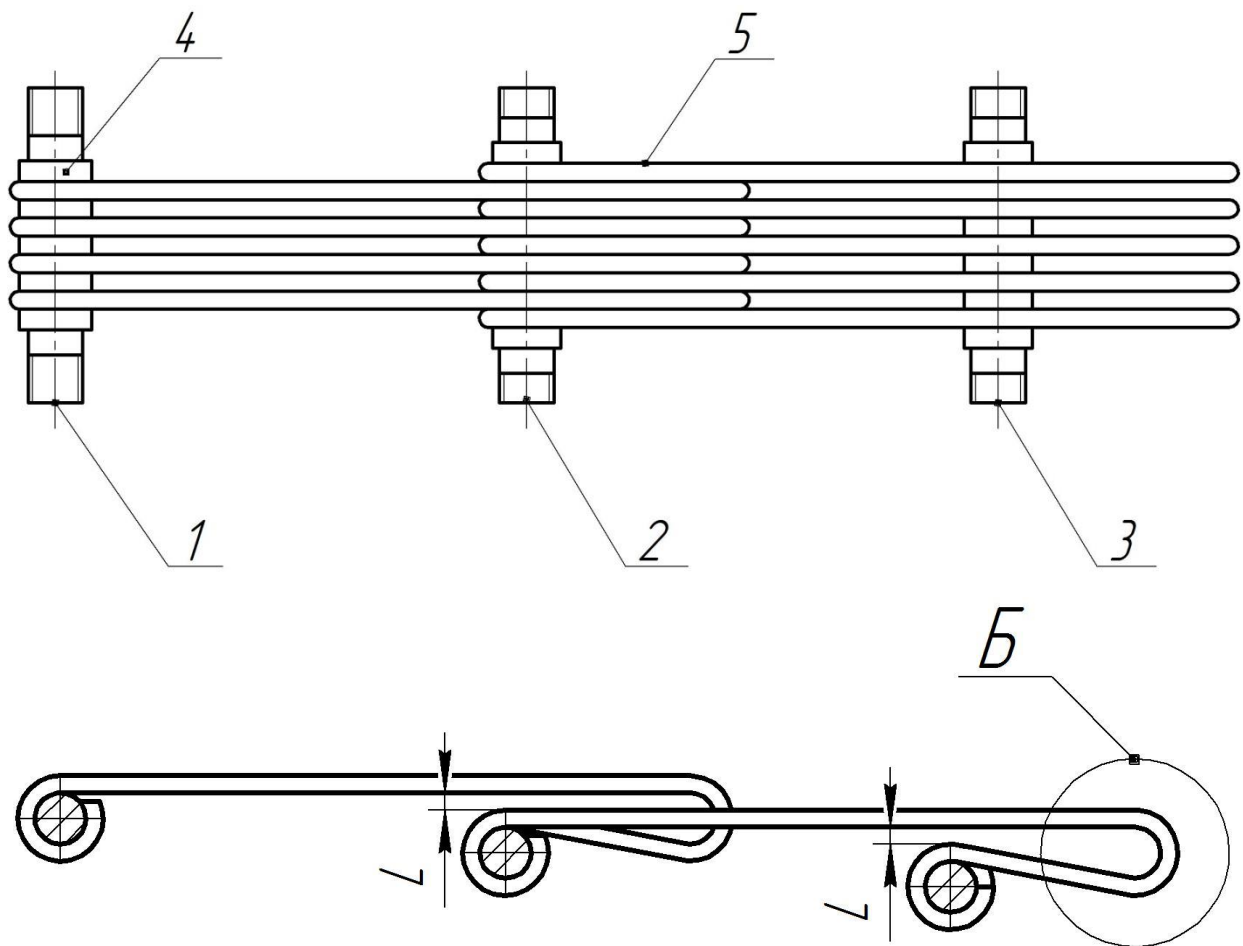


Рисунок 3.8 – Запропоноване решето: 1, 2, 3 – осі; 4 – калібруючі шайби; 5 – стержні

Нова конструкція решета пропонує низку переваг над існуючими аналогами:

- зменшується складність конструкції та потреба в металі, що використовується у зерноочисних машинах та подібних пристроях;
- зберігається можливість використання цього типу решіт в традиційних зерноочисних машинах без суттєвих модифікацій їх структури;
- покращується ефективність сортування та розділення оброблюваних матеріалів, що призводить до підвищення якості продукції.

3.2. Теоретичне обґрунтування сепарації на запропонованому решеті.

Для теоретичного обґрунтування процесу сепарації на запропонованій плоскій решітці з прутками розглянемо різні варіанти розташування зерен відносно прутків решітки під час просіювання, (рис. 3.9).

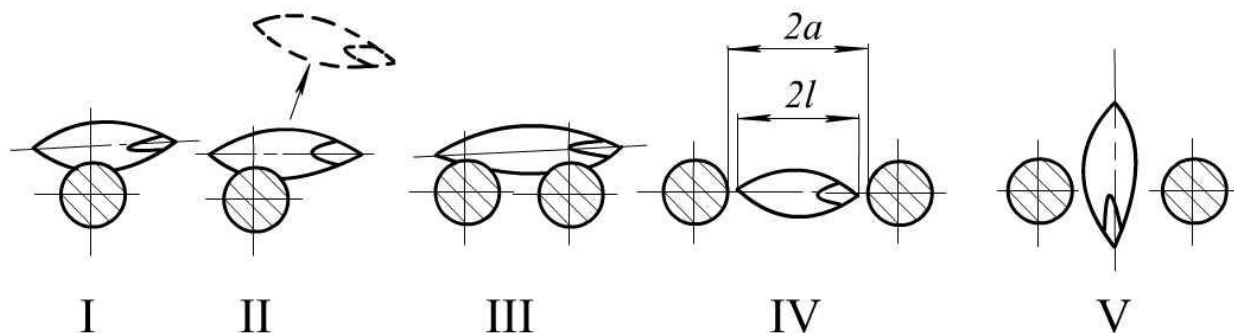


Рисунок 3.9 – Варіанти положення зернини відносно перетинок решета під час проходження крізь щілини: a – відстань між рядом розташованими прутками, l – довжина зерна, просіюється

Коли центр тяжіння зерна перебуває над прутком проходження через щілину, спостерігається випадок I, де не відбувається процес просіювання. У випадку II, коли зерно зіткнеться з прутком, воно відлетить від нього. У випадку III, коли відстань між прутками менша за довжину зерна, також неможливе просіювання.

Самий сприятливий для просіювання випадок IV, де зерно менше за відстань між прутками, і особливо випадок V, коли вісь центра зерна вертикальна щодо прутків.

Для побудови математичної моделі процесу сепарації на запропонованому решеті використовуються елементи теорії ймовірності. Розглянемо рух часток зерна по ділянці решета, складеного з двох прутків, з параметрами: S , b_0 , b_k , α , T – відповідно довжина решета, початкова й кінцева ширина щілини, кут нахилу прутків у поперечному перерізі, крок розміщення прутків (рис. 3.10). Припустимо, що частки зерна мають форму кулі і рухаються по поверхні решета без відривання зі сталою швидкістю.

Припустимо, що частки переміщуються пошарово, і між собою вони не переміщуються, але коли частки з нижнього шару проходять через щілини, вони займають місце часток з верхніх шарів.

Давайте розглянемо частину решета, що складається з однієї щілини, і зерно рухається по цій решітці висотою один шар.

$$H = \frac{q_b}{V_3}, \quad (3.1)$$

де q_b – питоме навантаження на ширину решета;

γ – об’ємна маса зернового матеріалу;

V_3 – швидкість руху зернового матеріалу.

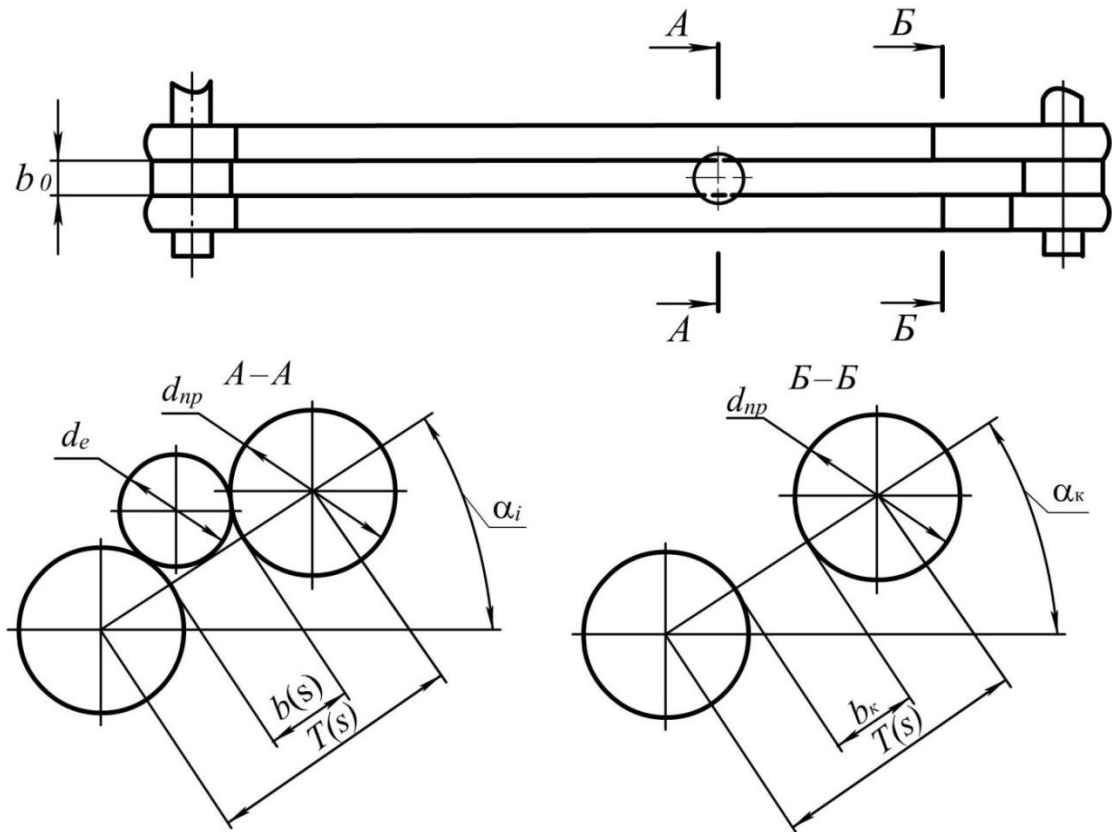


Рисунок 3.10 – Решета складене з двох прутків

Припустимо, що зернова маса складається з однакових за діаметром d_e зерен. Припустимо також, що кожне зерно має однакову ймовірність знаходитися у будь-якій точці ділянки решета шириною $T(s)$.

Враховуючи ці припущення та схему (рис. 3.9), ймовірність знаходження зерна відносно прутків решета можна розглядати як складний випадок, що складається з трьох простих, які залежать один від одного.

У випадку I – центр мас зернової частки знаходитиметься над площиною щілини решета.

У випадку II – зернова частка має можливість пройти крізь щілину.

У випадку III – щілина вільна від зернових часток, які не пройшли через щілину.

На ймовірність виникнення першого випадку впливають геометричні розміри щілини решета, який можна визначити за наступною формулою

$$P_1^i = \frac{b(s)_i}{T(s)_i}, \quad (3.2)$$

де $b(s)_i$ – ширина щілини для i -того шару зернового матеріалу, що залежить від довжини решета S (рис. 3.11), тобто

$$b(s)_i = b_0 + \frac{2(b_k - b_0)S_i}{V_3};$$

$T(s)$ – відстань між сусідніми прутками, $T(s) = b(s) + d_{np}$.

На ймовірність появи другого випадку впливає співвідношення діаметра зернової частки d_e і ширини щілини між прутками $b(s)_i$.

$$P_2^i = \frac{b(s)_i - \frac{2}{\pi} d_e}{b(s)_i}. \quad (3.3)$$

Ймовірність виникнення третього випадку станеться тоді, коли щілина решета буде вільною для проходження зернових часток i -того наступного шару ($i > 1$). Ймовірність його появи можна визначити множенням ймовірностей проходження крізь решето зернових часток усіх нижніх шарів

$$P_3^i = \prod_{a=1}^{i-1} P_2^a. \quad (3.4)$$

Тоді імовірність проходження зернових часток, що мають діаметр d_e , з i -того шару зернової суміші визначиться як добуток всіх ймовірностей

$$P^i = P_1^i P_2^i P_3^i.$$

Враховуючи попередні зауваження, та після множення для i -того елементарного зернового шару, при ($i > 1$), будемо мати

$$P^i = \frac{1}{T} (b(s)_i - \frac{2d_e}{\pi}) \prod_{a=1}^{i-1} (\frac{b(s)_a - \frac{2d_e}{\pi}}{b(s)_a}). \quad (3.5)$$

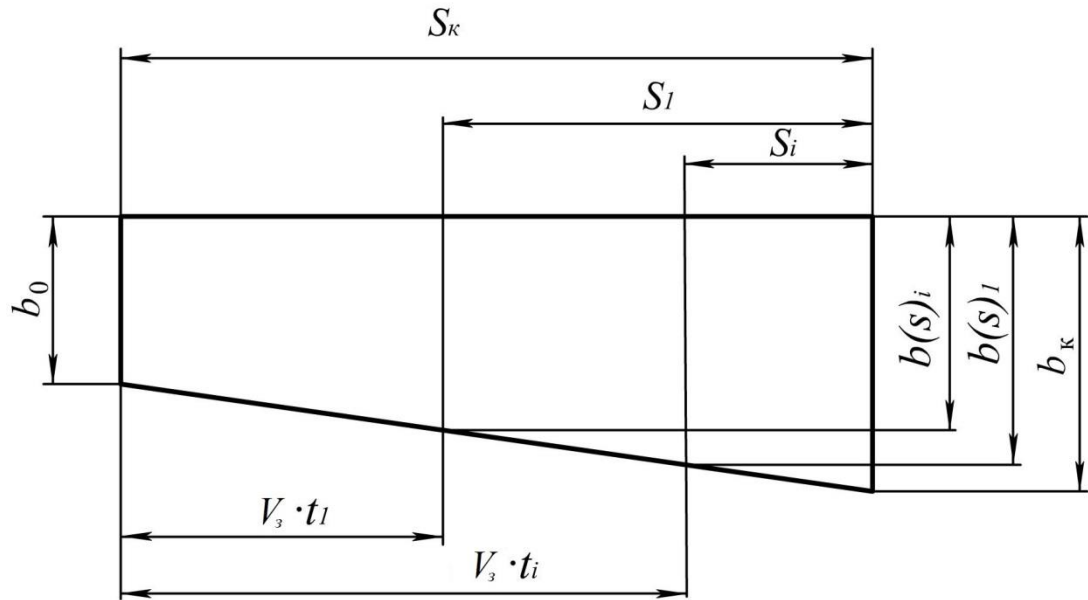


Рисунок 3.11 – Схема до розрахунку ширини щілини створеної прутками

Із рівняння (3.5) слідує, що імовірність проходження крізь решето зернових часток із i -того зернового шару прийшло до визначення ширини клиноподібної щілини для кожного із шарів.

Частки зерна вважаються такими, які пройшли через щілини решета, коли їх центр знаходиться нижче, ніж центр площини прутків решета. Коли умови для виділення часток із першого елементарного шару вже сформувалися, завершення процесу виділення через щілину відбувається через певний період часу t . Щоб визначити цей час t , припускається, що частки, які готові до виділення, проходять через щілину решета під дією сили тяжіння.

Звідки отримаємо

$$t = \sqrt{\frac{2d_e}{g \sin(\Theta + \Theta_0)}}.$$

Так само визначимо час t_i для i -того елементарного зернового шару

$$t_i = \sqrt{\frac{2id_e}{g \sin(\Theta + \Theta_0)}}. \quad (3.6)$$

Як наслідок, із першого елементарного зернового шару завершиться виділення тільки тих зернових часток, для яких усі умови виділення на довжині щілини решета склалися $S_1 \leq (S_\kappa - V_3 \cdot t_1)$, то для першого елементарного зернового шару $b(s)_1$

$$b(s)_1 = b_0 + \frac{2(b_\kappa - b_0)V_3 t_1}{\pi},$$

а для зернових часток i - того елементарного зернового шару

$$b(s)_i = b_0 + \frac{2(b_\kappa - b_0)V_3 t_i}{\pi}. \quad (3.7)$$

Після перетворення рівняння (3.7) з урахуванням (3.6) маємо

$$b(s)_i = b_0 + \frac{2(b_\kappa - b_0) \sqrt{\frac{2id_e}{g \sin(\Theta + \Theta_0)}}}{\pi}. \quad (3.8)$$

Дані вирази застосовні до суміші з одним компонентом, що складається з частинок однакового діаметру d_e . Однак, в умовах реальності, розміри частинок зазвичай відрізняються, тож для урахування розмірної варіативності зерен можна використати коефіцієнт корекції.

Ступінь розділення зернового матеріалу

$$\varepsilon = 1 - e^{-\mu S}, \quad (3.9)$$

де μ – коефіцієнт сепарації, (коефіцієнт сепарації отримуємо діленням ймовірності просіювання зерна на відстань, яку проходить зернова частка до виходу із решета).

$$\mu = \frac{P^i}{V_3 \cdot t_i}. \quad (3.10)$$

Із (3.9) визначаємо довжину решета

$$S = \frac{1}{\mu} \ln\left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right). \quad (3.11)$$

При умовах зазначених припущень, вказані рівняння у сукупності можуть виступати в ролі приблизної математичної моделі для опису процесу відокремлення зернових часток на решетах із прутками, де щілини розширюються в напрямку руху оброблюваного матеріалу.

3.3. Аналіз отриманої математичної моделі сепарації.

Залежності, що демонструють як швидкість переміщення частинок впливає на ефективність відокремлення різних фракцій через решето (рис. 3.12), були визначені за даними параметрами: $q_g = 6,4 \text{ т/м} \cdot \text{год}$, $\gamma = 700 \text{ кг/м}^3$, $b_0 = 5,0 \text{ мм}$, $b_k = 6,0 \text{ мм}$. В аналізі враховувались тільки фракції з розмірами часток $d_e = 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 \text{ мм}$, при цьому кожна фракція становила 20% від загальної маси.

Зі зміною швидкості руху часток спостерігається різниця в ефективності їх відокремлення в залежності від розміру (рис. 3.13). Зі збільшенням швидкості, насамперед, ефективність відокремлення зростає, але після досягнення певного піку знижується. Швидше переміщення також сприяє витягуванню зернового шару, що зменшує його висоту і сприяє кращому відокремленню, оскільки зменшується час потрібний для проходження часток до виходу через клиноподібну щілину з верхніх шарів

Підвищення швидкості руху скорочує час, який частки проводять на решеті, що вимагає збільшення його довжини для забезпечення ефективного відокремлення. Зниження ефективності відокремлення більших часток може бути пояснено зменшенням імовірності їх проходження через щілини решета, особливо коли вони не встигають вчасно потрапити до виходу, залишаючись в нижніх шарах.

Отже, можна зробити висновок, що для зернової суміші з великою кількістю дрібних домішок сепарацію потрібно проводити на високих швидкостях. Водночас, при збільшенні частки крупних домішок, швидкість процесу варто знижувати для оптимізації процесу виділення.

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

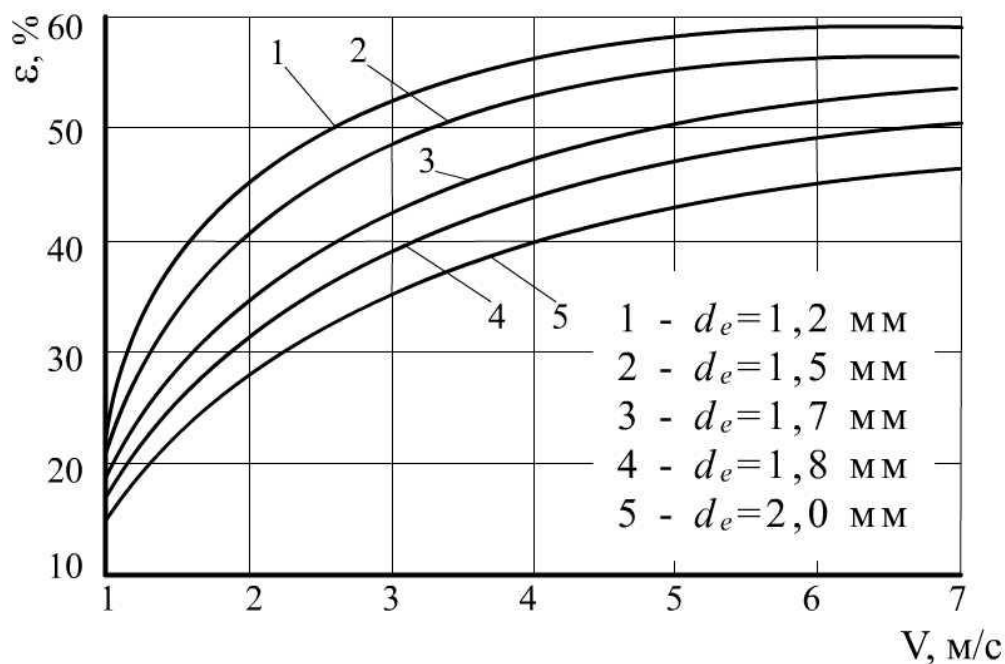


Рисунок 3.12 – Повнота виділення різних компонентів при різній швидкості:
 $f = 0,35$; $b_0 = 5,0$ мм; $b_k = 6,5$ мм; $d_{np} = 4,0$ мм; 1 - $d_e = 4,0$ мм; 2 - $d_e = 4,5$ мм; 3 - $d_e = 5,0$ мм; 4 - $d_e = 5,5$ мм; 5 - $d_e = 6,0$ мм.

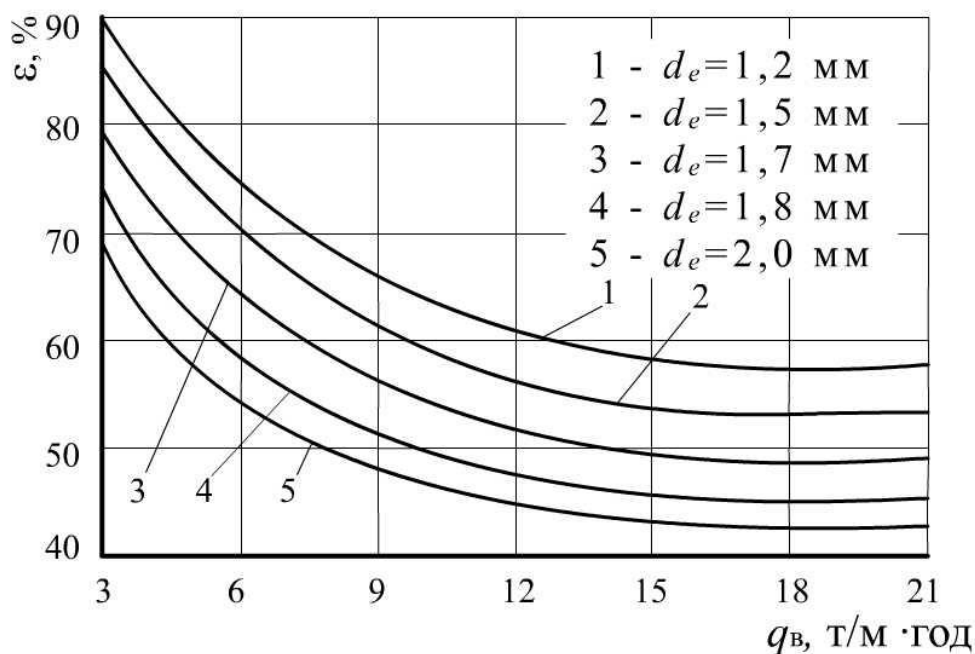


Рисунок 3.13 – Повнота виділення компонентів зернової суміші при підвищенні
 питомого навантаження: $V_0 = 4$ м/с; $d_{np} = 6,0$ мм; $f = 0,35$; $b_0 = 5,0$ мм;
 $b_k = 6,5$ мм; 1 - $d_e = 4,0$ мм; 2 - $d_e = 4,5$ мм; 3 - $d_e = 5,0$ мм; 4 - $d_e = 5,5$ мм; 5 - $d_e = 6,0$ мм

Експериментальні дослідження моделі самоочищувального пруткового решета показали його ефективність при різноманітних робочих навантаженнях. Завдяки застосуванню цього решета було розроблено технологічний процес для зерноочисної машини, що дозволило збільшити її продуктивність на 18-20% у порівнянні з аналогічними машинами.

3.4. Висновки по розділу.

1. Покращення зерноочисних машин у останні роки не призводить до зменшення енергетичних витрат на процес сепарації, а навпаки, спостерігається тенденція до їх підвищення. Це стосується переважно вдосконалення допоміжних вузлів машини, оскільки принципові особливості роботи основних робочих органів залишаються практично незмінними.
2. Використання решіт з повздовжніми щілинами, які розширюються в напрямку руху матеріалу, створює умови для самоочищення решета, не дозволяючи часткам матеріалу, розмір яких близький до розміру щілин, застрягати в них.
3. Рівняння (3.5, 3.8, 3.11) враховують допущення і можуть служити наближеною математичною моделлю процесу сепарації зерна на решетах з щілинами, що розширюються в напрямку руху оброблюваного матеріалу.
4. Збільшення швидкості руху зерна по решету призводить до розтягування шару зерна і підвищення повноти виділення, але скорочує час перебування часток на решеті, що може зменшити ефективність розділення. Оптимальна швидкість руху зернової суміші по решеті знаходиться в діапазоні від 3 до 7 м/с.
5. Збільшення діаметра прутків на решеті зменшує ймовірність просіювання, тому мінімальні значення діаметру необхідно вибирати з урахуванням жорсткості решета.
6. Застосування запропонованих решіт дозволяє зменшити матеріалоємність зерноочисних машин на 10-12% порівняно з існуючими моделями, при цьому підвищується якість розділення зернових матеріалів на фракції на 14-16%.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Небезпечні і шкідливі фактори, які можуть виникнути під час експлуатації зерноочисної машини.

Експлуатація зерноочисних машин супроводжується рядом потенційно небезпечних і шкідливих факторів, які можуть мати негативний вплив на здоров'я працівників та навколишнє середовище. До таких факторів належать:

Пил. Зерно під час обробки виділяє значну кількість пилу. Це не тільки погіршує умови праці, але й може спричинити респіраторні захворювання, такі як бронхіт, астма, пневмоконіоз. Крім того, висока концентрація пилу в повітрі створює ризик виникнення вибухонебезпечної атмосфери.

Шум. Робота зерноочисних машин часто супроводжується підвищеним рівнем шуму, що може призвести до зниження слуху, головних болів, підвищеної стомлюваності та зниження концентрації уваги у працівників.

Вібрація. Деякі типи зерноочисних машин можуть генерувати вібрації, які, при тривалій взаємодії, можуть негативно впливати на судинну систему, суглоби та м'язи працівників.

Механічні ризики. Ці ризики включають можливість травмування через обертові деталі, рухомі частини машин, а також ризик падіння зерна з висоти. Такі інциденти можуть спричинити забої, переломи, ампутації та інші травми.

Ергономічні ризики. Робота з машинами часто вимагає тривалого стояння, повторюваних рухів або роботи в незручних позах, що може призвести до професійних захворювань мускулоскелетної системи.

Електрична безпека. Експлуатація зерноочисних машин включає в себе використання електроенергії, що створює ризик ураження електричним струмом або виникнення пожеж через коротке замикання.

Термічні ризики. У деяких процесах, пов'язаних із зерноочисними машинами, може бути використання високих температур, наприклад, при сушінні зерна. Це створює ризик опіків та перегріву обладнання, що може призвести до пожежі.

Хімічні ризики. Під час обробки зерна можуть використовуватися хімічні речовини для захисту від шкідників або хвороб. Вдихання або контакт з цими хімікатами може бути шкідливим для здоров'я.

Біологічні ризики. Працівники, які займаються обробкою зерна, можуть бути вразливі до біологічних ризиків, таких як пліснява, бактерії та інші мікроорганізми, що розвиваються в умовах високої вологості або при зберіганні зерна.

4.2. Заходи по створенню нормальних та нешкідливих санітарно-гігієнічних умов праці при виконанні робіт.

Під час виконання робіт на зерноочисній машині важливо дотримуватися визначених заходів, щоб створити нормальні та безпечні санітарно-гігієнічні умови праці. Це дозволить не лише забезпечити здоров'я та безпеку працівників, але й підвищити продуктивність праці. Для чого необхідно дотримуватися таких рекомендацій.

Необхідно забезпечити ефективну витяжну вентиляцію на робочих місцях, де відбувається виділення пилу. Встановити системи пилоподавлення для зниження рівня пилу у повітрі. Це може бути вологе прибирання, використання пилозахоплювачів або водяних завіс. Забезпечити працівників особистими засобами захисту респіраторами для захисту від вдихання пилу. Забезпечення належної вентиляції та охолодження, а також використання термостійкого обладнання є ключовими заходами безпеки.

Для запобігання контакту з шкідливими речовинами необхідно використовувати спеціальний захисний одяг. Для захисту очей від пилу та інших частинок необхідно використовувати захисні окуляри.

Необхідно проводити регулярний технічний огляд та обслуговування зерноочисних машин, щоб мінімізувати ризик аварій та знизити рівень шуму та викиду пилу. Для захисту від шуму необхідно використовувати звукоізоляційні матеріали, особисті засоби захисту (наприклад, антишумові навушники).

Для запобігання дії вібрації використовувати спеціальні антивібраційні платформи та килимки.

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Для захисту від механічних ризиків необхідно встановити огорожень та захисні кожухи на рухомі частини зерноочисної машини.

Виконання робіт на зерноочисній машині може бути пов'язане з певними ризиками відносно електробезпеки та безпеки праці. Важливо забезпечити правильну експлуатацію електрообладнання, регулярно перевіряти стан електропроводки та використовувати засоби захисту від перевантажень та коротких замикань.

Перед початком робіт слід уважно прочитати інструкції виробника щодо безпеки, а також всі внутрішні процедури та правила безпеки, які стосуються роботи на зерноочисній машині.

Забезпечити використання відповідного особистого захисту, такого як захисні окуляри, відповідний одяг і взуття, що відповідає умовам роботи з електрообладнанням.

Перед початком робіт слід перевірити стан електрообладнання та ізоляції на наявність пошкоджень, тріщин або ознак старіння. Всі пошкоджені частини слід замінити або виправити перед використанням.

Перед проведенням будь-яких ремонтних робіт або обслуговування зерноочисної машини слід відключити її від джерела живлення. Це запобігає можливості ураження електричним струмом під час робіт.

Зерноочисна машина повинна бути правильно заземлена, щоб уникнути накопичення статичної електрики, що може виникнути внаслідок роботи машини.

Забезпечити навчання персоналу щодо правильної техніки роботи з зерноочисною машиною та процедур безпеки, включаючи використання електрообладнання.

На зерноочисній машині повинні бути встановлені засоби аварійного вимкнення, такі кнопки як "Зупинка" або "Стоп", щоб працівники могли швидко вимкнути машину у разі необхідності.

Регулярно проводити навчання працівників щодо правил охорони праці, користування захисним обладнанням та методів запобігання нещасним випадкам.

Організовувати регулярні медичні огляди для працівників, щоб своєчасно виявляти можливі профзахворювання або негативні зміни в стані здоров'я, пов'язані з роботою.

Обладнати робочі місця аптечками першої допомоги та періодично перевіряти знання працівниками основ надання першої допомоги.

Регулярно проводити оцінку ризиків на робочому місці для ідентифікації потенційних небезпек та розробки заходів щодо їх усунення або мінімізації.

Важливо забезпечити адекватне зберігання, маркування та використання хімічних речовин, а також використовувати засоби індивідуального захисту при їх застосуванні.

4.3. Заходи з пожежної профілактики.

При роботі на зерноочисних машинах важливо дотримуватися заходів пожежної безпеки, адже процес очищення зерна може створювати пожежонебезпечні ситуації через високу пожежну небезпеку зернового пилу.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність зерноочисних машин, систем пожежогасіння та детекторів диму.

Регулярно очищувати зерноочисну машину від залишків зерна та пилу, оскільки вони можуть легко спалахнути.

Усі працівники, які працюють з зерноочисними машинами, повинні пройти інструктаж з пожежної безпеки та вміти користуватися вогнегасниками. Необхідно забезпечити ефективну вентиляцію в приміщенні, де працюють машини, для видалення зернового пилу.

На зерноочисному обладнанні встановити системи іскрозахисту для запобігання виникнення іскор, які можуть спричинити пожежу. Приміщення, в яких виконуються зерноочисні роботи, необхідно обладнати автоматичними системами пожежогасіння, наприклад, спринклерними системами.

Необхідно розробити та відпрацювати план евакуації для усіх працівників. Не допускати використання відкритого вогню або куріння в зонах, де працюють зерноочисні машини.

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Регулярно виконувати перевірки стану електрообладнання, вентиляційних систем та зерноочисних машин на предмет можливих несправностей.

Усі працівники повинні знати, як діяти у разі пожежі, включаючи використання вогнегасників, сповіщення пожежної служби та евакуацію з будівлі. Вогнегасники необхідно розміщувати в легкодоступних місцях поряд з зерноочисними машинами, час на знімання з кріплення не повинен перевищувати 8 с.

Для перевірок та обслуговувань обладнання необхідно завести журнали обліку проведених заходів. На робочому місці мати актуальний план дій при пожежі, доступний для ознайомлення всіма працівниками.

4.4. Інструкція з охорони праці при виконанні робіт на зерноочисній машині.

Переконайтеся, що машина знаходиться у відповідному технічному стані. Огляньте робоче місце на предмет перешкод та потенційних небезпек. Забезпечте вільний доступ до екстреної зупинки машини (зупинний вимикач або екстрене вимикання).

При виконанні робіт на зерноочисній машині завжди використовуйте захисне екіпірування: каску, захисні окуляри, відповідний одяг і взуття.

Ніколи не носіть вільного одягу, довге волосся чи прикраси, які можуть зачепитися за рухомі частини машини.

Завжди дотримуйтеся інструкцій виробника щодо експлуатації зерноочисної машини.

Ніколи не вмикайте машину, якщо не переконалися, що всі захисні ковпачки і відкидні дверцята закриті належним чином.

Уникайте роботи на зерноочисній машині в одиночку; завжди має бути щонайменше один працівник поруч, готовий надати допомогу в разі необхідності.

Під час роботи з електроживленням переконайтеся, що машина відключена від джерела електроживлення перед виконанням будь-яких ремонтних або робіт

по обслуговуванню. Уникайте контакту вологими руками з електричними частинами машини.

Ніколи не вдихайте пилу, що утворюється під час очищення зерна. Використовуйте захисну маску або респіратор для запобігання вдиханню пилу.

Якщо ви помітили будь-які ознаки неправильної роботи машини або потенційної небезпеки, негайно зупиніть роботу і повідомте свого керівника або відповідні служби безпеки. Навчіться використовувати екстрене вимикання машини та інші пристрої безпеки для негайного припинення роботи машини у випадку аварії чи небезпеки.

4.5. Висновки по розділу.

Експлуатація зерноочисних машин супроводжується рядом потенційно небезпечних і шкідливих факторів, які можуть мати негативний вплив на здоров'я працівників та навколишнє середовище. В розділі виконаний аналіз небезпечних і шкідливих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації зерноочисної машини. Розроблені рекомендовані заходи зменшення шкідливих факторів на працюючих й розроблені інструкція з охорони праці при виконанні робіт.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У процесі вдосконалення зерноочисної машини МОЗП-25 були внесені модифікації до вузлів решетної частини, завантажувального транспортера та механізму очищення решет.

Після проведених досліджень в конструкцію машини були внесені наступні зміни:

Змінено конструкцію решета, що забезпечує його автоматичне самоочищення. Це призвело до зменшення маси машини на 54 кг (не потрібний механізм очищення), спрощення приводу і зменшення необхідної потужності двигуна для його роботи на 2,2 кВт.

Покращено конструкцію приводу завантажувального транспортера, що виключає його можливе забивання.

Ці зміни дозволили скоротити час обслуговування на 16 хвилин та час, необхідний для ліквідації поломок і деформацій, на 10 хвилин за робочу зміну.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники машин, що порівнюються

№ п/п	Найменування показників	Одиниці вимірювання	Машина	
			базова	удосконалена
1	2	3	4	5
1	Агрегативання		Самохідна	
2	Кількість машин в агрегаті	шт.	1	1
3	Маса машини	кг	1915	1861
4	Маса покупних виробів	кг	870	876
5	Оптова ціна машини	грн.	26000	
6	Собівартість машини	грн.	19500	
6	Собівартість машини	грн.	19500	
7	Вартість покупних виробів у собівартості машини	грн.	10140	10197
8	Продуктивність машини за 1 годину основного часу	т/год.	25	
9	Коефіцієнт використання: – робочого часу – експлуатаційного часу		0,83 0,76	

1	2	3	4	5
10	Кількість обслуговуючого персоналу	люд.	1	1
11	Кількість найменувань оригінальних деталей, які розроблені в процесі модернізації	шт.		14
12	Кількість найменувань деталей в машині: – всього в тому числі: – оригінальних – стандартних	шт. шт. шт.	619 232 92	548 212 94
13	Кількість деталей в машині	шт.	1500	1483
14	Середньорічна програма випуску машин	шт.		600
15	Встановлена потужність електродвигунів	кВт	9,5	7,3

Вдосконалена зерноочисна машина показує підвищений техніко-економічний показник завдяки зниженню її ваги, що спричинило зменшення витрат на матеріали, а також завдяки підвищенню продуктивності за одиницю часу. Крім того, знизився час, необхідний для обслуговування, ремонту та усунення несправностей. Покращення у техніко-економічному аспекті також підкріплене загальним показником технічної ефективності, який перевищує одиницю.

Аналіз економічної вигоди від впровадження удосконаленої зерноочисної машини виявив, що вона перевершує базовий варіант за техніко-економічними параметрами, основними серед яких є зниження ваги та, відповідно, зменшення матеріалоємності та вартості. Результати розрахунків підтверджують, що модернізована зерноочисна машина володіє кращими техніко-економічними характеристиками, що дозволяє очікувати отримання економічної користі як для виробників, так і для споживачів при її запровадженні у виробничий процес.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Головним робочим органом зерноочисної машини є решето, тому саме від його ефективності буде залежати вся його робота. Обраний напрям вдосконалення решета зерноочисної машини є перспективним, так як при впровадженні запропонованих вдосконалень можна отримати значний економічний ефект.

1. Використання решіт з повздовжніми щілинами, які розширюються в напрямку руху матеріалу, створює умови для самоочищення решета, не дозволяючи часткам матеріалу, розмір яких близький до розміру щілин, застрягати в них.
2. Рівняння (3.5, 3.8, 3.11) враховують допущення і можуть служити наближеною математичною моделлю процесу сепарації зерна на решетах з щілинами, що розширюються в напрямку руху оброблюваного матеріалу.
3. Збільшення швидкості руху зерна по решету призводить до розтягування шару зерна і підвищення повноти виділення, але скорочує час перебування часток на решеті, що може зменшити ефективність розділення. Оптимальна швидкість руху зернової суміші по решеті знаходиться в діапазоні від 3 до 7 м/с.
4. Збільшення діаметра прутків на решеті зменшує ймовірність просіювання, тому мінімальні значення діаметру необхідно вибирати з урахуванням жорсткості решета.

Експлуатація зерноочисних машин супроводжується рядом потенційно небезпечних і шкідливих факторів, які можуть мати негативний вплив на здоров'я працівників та навколишнє середовище. В розділі виконаний аналіз небезпечних і шкідливих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації зерноочисної машини. Розроблені рекомендовані заходи зменшення шкідливих факторів на працюючих й розроблені інструкція з охорони праці при виконанні робіт.

Аналіз економічної вигоди від впровадження удосконаленої зерноочисної машини виявив, що вона перевершує базовий варіант за техніко-економічними параметрами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. FAO надала нову оцінку виробництва зернових в світі в 2023 році. Головний сайт для агрономів. SuperAgronom.com. URL: <https://superagronom.com> (дата звернення: 23.03.2024).
2. World Food Situation . Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en> (Last accessed: 20.03.2024).
3. Аграрії зібрали рекордний урожай зерна – МінАП Аналітичний портал «Слово і діло»: веб-сайт. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/09/03/novyna/-suspilstvo/ahrariyi-zibraly-rekordnyj-urozhaj-zerna-minap> (дата звернення 12.01.2023).
4. Василенко И.Ф. Теория соломотряса / Сборник трудов по земледельческой механике. Т VI., Л-М.: Сельхозиздат, 1961. С. 69-92.
5. Васильковський М.І., Лузан П.Г., Васильковський О.М. Аналіз процесу відцентрової сепарації зерна на решетах. Розробка і технологія виробництва сільськогосподарських машин. Київ: ІСДО, 1994. С.18-20.
6. Виробництво зерна в Україні у 2023/24 МР очікується на рівні попереднього сезону. АПК-Інформ. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/> (дата звернення: 23.03.2024).
7. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. 6-е вид., перероб. і допов. Київ: Урожай, 1992. 448 с.
8. Гречкосій В.Д. Комплексна механізація виробництва зерна. Київ: Урожай, 1991. 213 с.
9. Зберігання зернових культур. Компанія Trotec Ukraine. URL: <https://trotec.com.ua/uk/blog/zberigannya-zernovyh-kultur/> (дата звернення: 23.03.2024).
10. Зернові сепаратори – види, типи, переваги використання. Вентопрот. URL: <https://ventoprom.com/zernovi-separatori-vidi-tipi-perevagi-vikoristannya/> (дата звернення: 23.03.2024).
11. Інноваційне обладнання для оптичного сортування: Компанія «Orient Way». URL: <https://orientway.com.ua/> (дата звернення: 23.03.2024).

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

техн. інтернет конф., 2-10 ноября 2011 г. Дослідницьке: Мелітополь, 2011. С. 61–65. URL: www.tsaa.org.ua.

26. Сало В.М., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В. Наукові основи сепарації зерна на решетах з клиноподібною формою отворів: Монографія. Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2013. 148 с.

27. Сало В.М., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В. Наукові основи сепарації зерна на решетах з клиноподібною формою отворів: монографія. - Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2013. 148 с.

28. Світовий урожай зерна у 2023/24 МР стане найбільшим в історії. AgroPortal. URL: <https://agroportal.ua/news/mir/svitoviy-urozhay-zerna-u-2023-24-mr-stane-naybilshim-v-istoriji> (дата звернення: 23.03.2024).

29. Тіщенко Л., Харченко С., Василенко О. Сепарація гороху та нуту. The Ukrainian Farmer: веб-сайт. URL: <https://agrotimes.ua/article/separaciya-gorohu-ta-nutu/> (дата звернення: 29.11.2022).

30. Україна зібрала історичний максимум зерна: що стоїть за рекордом? Радіо свобода: веб-сайт. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrayina-vrozhay-zerno-tsiny-fermery-kytay/31497112.html> (дата звернення 12.01.2023).

31. Урожайність зернових б'є рекорди: Мінагрополітики підвищило прогноз збору урожаю. Інформаціне агенство УНІАН. URL: <https://www.unian.ua/economics/agro/uro-zhaynist-zernovih-u-2023-roci-syagnula-rekordu-12478539.html> (дата зверне-ння: 23.03.2024).

32. Шмат С.І, Лузан П.Г. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Глевах: ННЦ «ІМЕСГ». 2010. Вип. 94. С. 126–133.

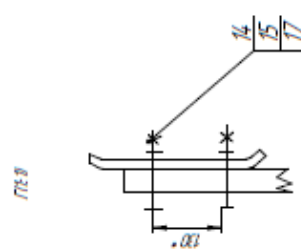
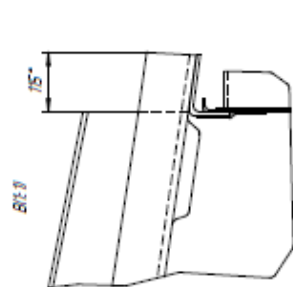
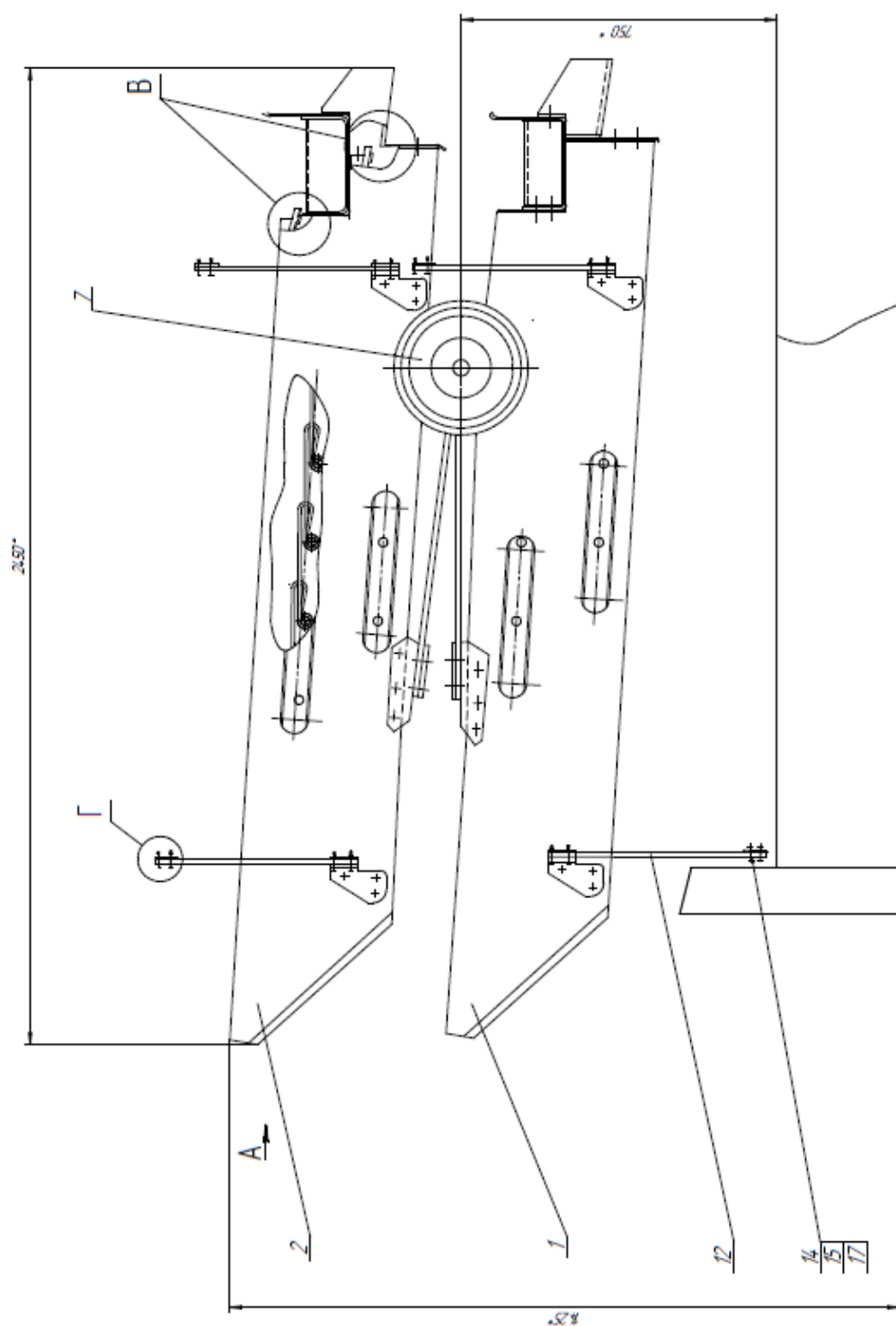
Додатки

					ДР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

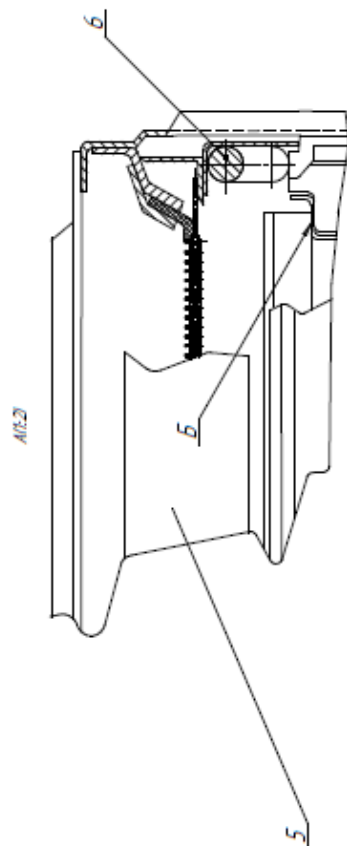
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17	МЗА 00.404	Кронштейн	2	
		18	МЗА 00.404	Кронштейн	2	
		19	МЗА 00.606	Пружина	1	
		20	МЗА 00.108	Шків	1	
		19	МЗА 00.109	Шків	1	
				Стандартні вироби		
				Болти ДСТУ 7796:2018		
		25		М12-6gx30.66.019	4	
		26		М10-6gx30.66.019	22	
		27		М10-6gx20.66.019	3	
		28		М8-6gx20.66.019	16	
		29		М6-6gx15.66.019	18	
				Гайки ДСТУ 5927:2018		
		30		М12-7H.019	5	
		31		М10-7H.019	25	
		32		М8-7H.019	16	
		33		М6-7H.019	6	
				Шайби ДСТУ 6402:2018		
		34		12 65Г.019	5	
		35		10 65Г.019	25	
		36		8 65Г.019	16	
		37		6 65Г.019	18	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	МЗА 00.000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Копировал						Лист
Формат А4						2

[illegible][illegible]

[illegible]

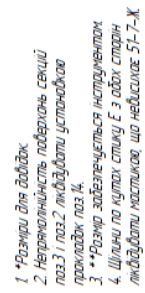


1. Підприємство не має повноважень на виконання цих робіт.
2. Класифікація підприємств за розміром.
3. Розміри для підприємств.

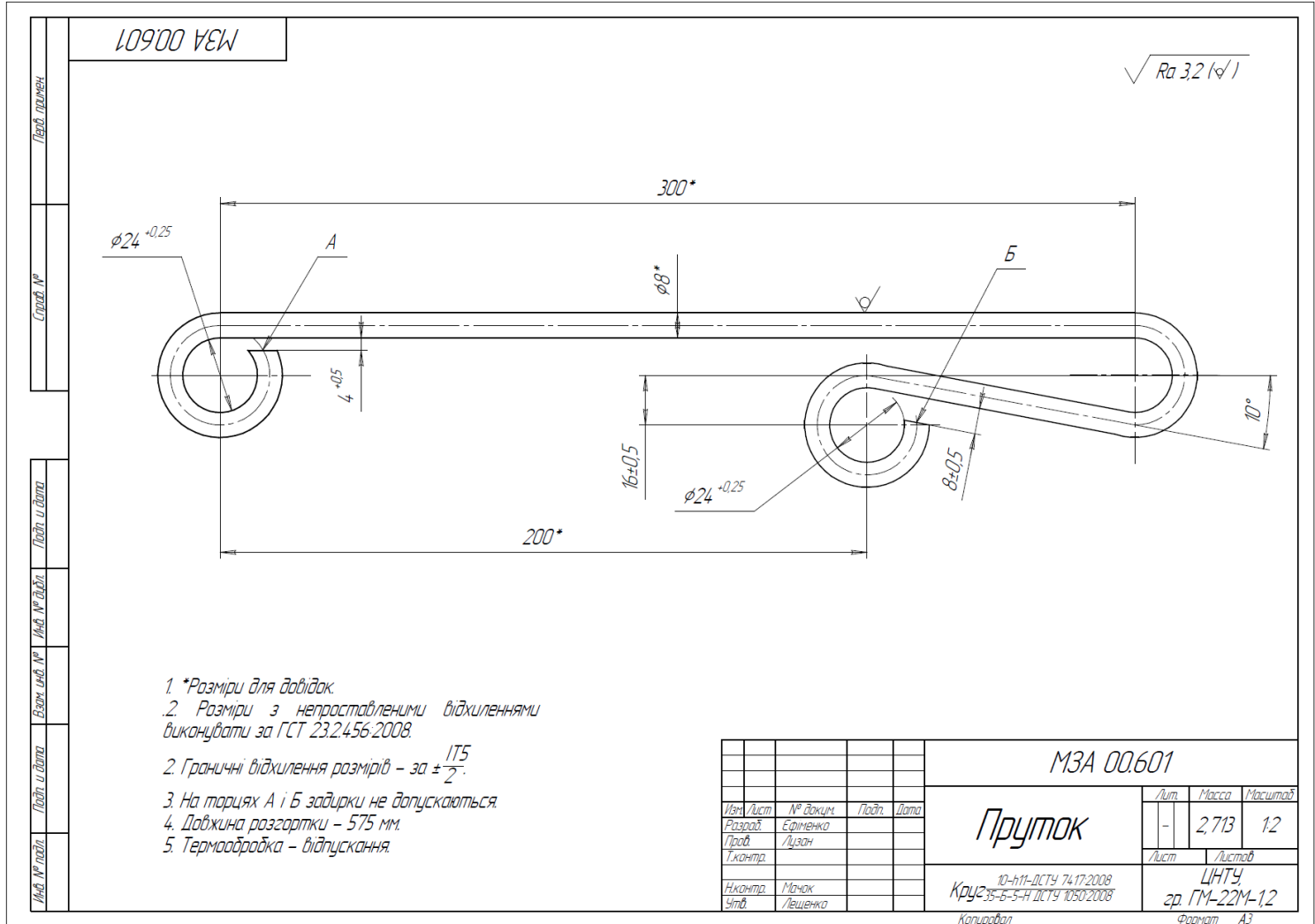
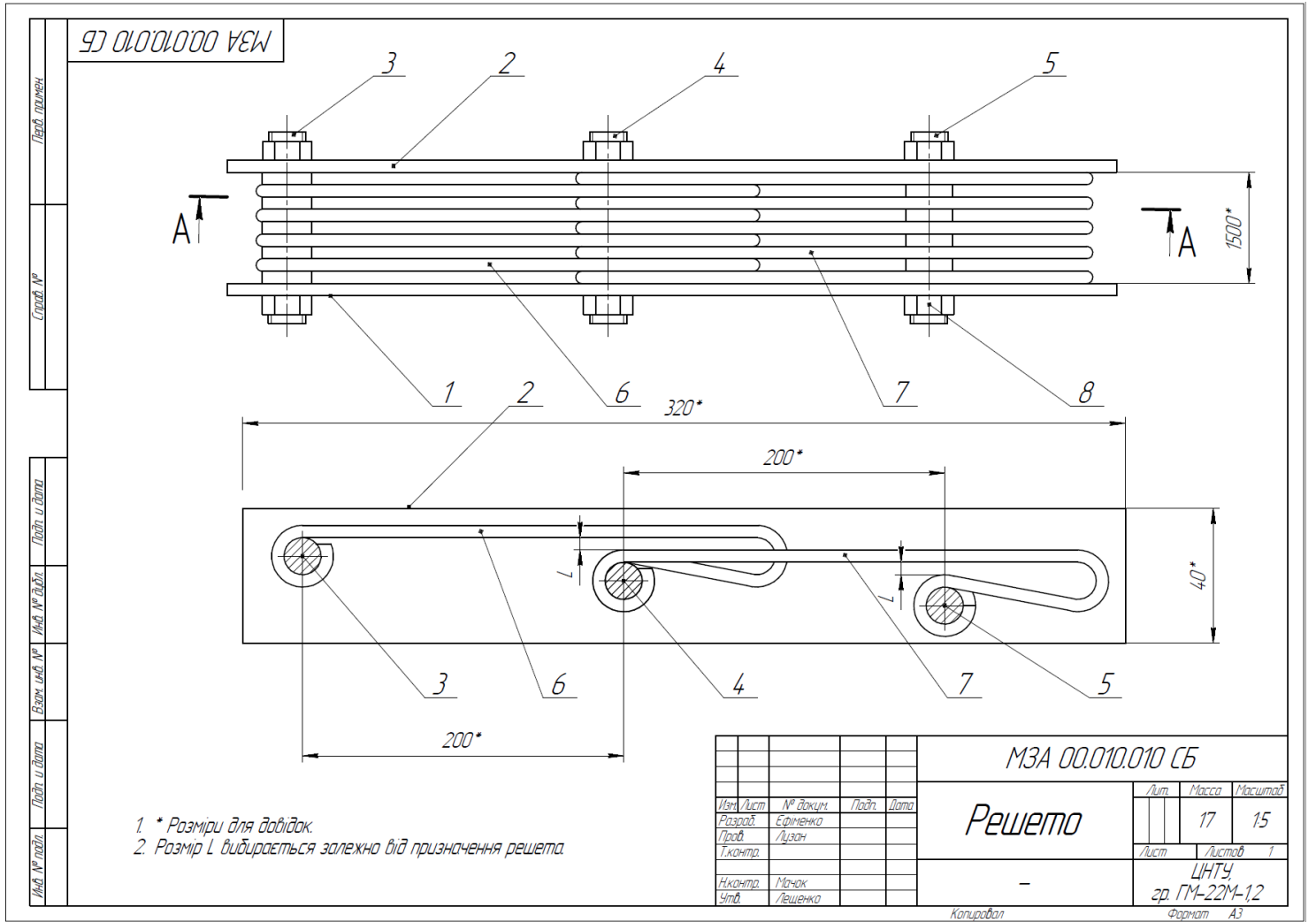
[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			M3A 00.030	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A1		1	M3A 00.010	Башмак верхній	1	
A1		2	M3A 00.010.020	Транспортер похилий	1	
A1		3	M3A 00.010.030	Башмак нижній		
A1		4	M3A 00.010.040	Транспортер поперечний	1	
A1		5	M3A 00.010.050	Транспортер поперечний	1	
A2		6	M3A 00.010.060	Механізм складання	2	
A2		7	M3A 00.010.070	Механізм запасовки	2	
				<u>Деталі</u>		
A2		11	M3A 00.601	Вал	1	
A3		12	M3A 00.402	Кронштейн	1	
A4		14	M3A 00.604	Хомут	1	
A4		18	M3A 00.618	Тяга	1	
A4		19	M3A 00.619	Скоба	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болти ДСТУ 7798:2008		
		23		M8×16.58.019	9	
				M3A 00.030		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Транспортер завантажувальний	
Розробив	Єфіменко					
Перевір.	Лузан					
Н. контр.	Мачок					
Затверд.	Лещенко					
					Літера	Аркуш
					1	2
					ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1,2	

[illegible]

[illegible]

[illegible]



					MZA 00.003				
Изн./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		<i>Повзун</i>	Лист	Масса	Максимум	
Разработчик	Ефименко					-	0,087	11	
Проектант	Луцан					Лист	Листов		
Аконтент	Манок				Полиамид 6ПА-210/310 ГСТ 6.06. С9-83	ЦНТЧ гр. ПМ-22M-12			
Уста.	Лещенко				Копировала	Фотомат АЗ			