

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
магістр

на тему: «Розробка конструкції сепаратора зернового матеріалу з
циліндричними решетами»

КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
*«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
ступеня вищої освіти *магістр*
групи 133ГМмд_22
МАЛЬЧЕНКО Дмитро

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОСТЕНКО Олена

Рецензент: к.т.н., доцент
ЛЯШЕНКО Сергій

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Актуальність теми. Однією з пріоритетних завдань роботи агропромислового комплексу є забезпечення споживачів якісним зерном. Рішення даного завдання прямо залежить від того, наскільки ефективні й досконалі ті технічні засоби, які використовуються в процесі післязбиральної обробки зерна. Післязбиральна обробка зерна є найбільш ресурсномістким процесом у всьому технологічному ланцюгу виробництва зерна, на здійснення якої припадає 30-50% витрати палива, 15-25% - металу, до 10% - трудовитрат і 85-90% електроенергії від загальних витрат на виробництво зерна. Тому застосування машин, що мають необхідну ефективність очищення, високу продуктивність і низькі питомі енерговитрати є актуальним завданням для сільгоспвиробників.

Питанням підвищення ефективності роботи сепараторів зернового матеріалу займалися багато дослідників, наприклад, такі як Н.Є. Авдєєв, А.В. Алешкін, В.І. Аніскін, В.Н. Афанасьєв, В.І. Беляєв, С.Д. Блох, Н.Б. Бок, П.М. Василенко, В.Д. Галкін, Е.С. Гончаров, С.М. Григор'єв, Ю.В. Гриньків, Ю.Н. Грушин, А.В. Димитриєв, В.М. Дрінча, Ю.І. Ермольєв, Н.М. Іванов, М.В.Кіреєв, В.С. Коваль та ін.

Не дивлячись на високу ступінь дослідженості теми роботи циліндричних решіт, слід зазначити, що в працях перерахованих авторів не зачіпається розгляд питання робочого процесу циліндричних решіт, розташованих одне в одному.

Мета роботи – підвищення ефективності функціонування сепаратора зернового матеріалу.

У зв'язку з поставленою метою, визначено такі **завдання** досліджень:

- розробити конструктивно-технологічну схему сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами;
- визначити оптимальні конструктивні параметри і режими роботи сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами;

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- оцінити економічну ефективність роботи сепаратора зерна з циліндричними решетами.

Об'єкт розробки – технологічний процес очищення зерна на циліндричних решетах.

Предмет розробки – конструктивно-режимні параметри сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами

Методи досліджень – методи математичної статистики і теорії планування експерименту.

Наукова новизна дослідження. Розроблений сепаратор зернового матеріалу, застосування якого дозволяє підвищити ефективність очищення зернового матеріалу від домішок з рахунок більш ефективного використання площі робочої поверхні циліндричних решіт.

Новизна теоретичного дослідження полягає у визначенні області оптимальних частот обертання внутрішнього та зовнішнього циліндричних решіт, що забезпечують вільне проходження частинок крізь отвори внутрішнього та зовнішнього циліндричних решіт. Визначено раціональне поєднання параметрів і режимів роботи сепаратора для різних величин подачі оброблюваного матеріалу, що впливають на величину повноти виділення дрібних домішок і споживання енергії.

На захист виносяться такі питання:

- конструктивно-технологічна схема сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами;

- обґрунтування області оптимальних режимів сумісної роботи внутрішнього та зовнішнього циліндричних решіт сепаратора зернового матеріалу;

- економічний ефект від застосування сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами.

Публікації:

1. Костенко О.М., Дрожжана О.У., Гулаг О.С. Решітні сепаратори з циліндричним решетом: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції *Нові технології і обладнання харчових та переробних виробництв* (Полтава, 19-20 квітня 2023 року) Полтава: ПДАУ, 2023. С. 118-124
2. Костенко О.М., Дрожжана О.У., Гулаг О.С. Типи решіт зерноочисних машин: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції *Інноваційні аспекти систем безпеки праці, цивільного захисту та захисту інтелектуальної власності* (Полтава, 23-24 березня 2023 року) Полтава: ПДАУ, 2023. С. 209-112.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Зерноочисні машини

При очищенні зерна використовуються найбільш характерні відмінності компонентів зернового вороху з метою їх поділу. Поділ може відбуватися за такими властивостями: швидкості витання, кольором, шорсткості, щільності, довжині, ширині, товщині. Особливо широке поширення отримав поділ по аеродинамічних (швидкості витання) і геометричних (довжині, ширині, товщині) властивостях через їх високу ефективність. Як правило, обидва ці способи поділу застосовуються одночасно при проведенні попередньої, первинної та вторинної очистки. При цьому при проведенні попереднього очищення поділ тільки по ширині або товщині може бути достатнім. Поділ по ширині і товщині проводиться на решітних сепараторах. Основним робочим органом таких машин є решета. При цьому відомо, що решітне очищення має важливу перевагу в порівнянні з іншими видами очищення. Зокрема, при досить високій продуктивності вона є найменш енергоємною. Наприклад, потужність, яка витрачається на привід вентилятора, в балансі споживання енергії повітряно-решітними зерноочисними машинами (ЗОМ) становить 65...85%, а на привід решіт - 15...35% [2, 3, 7, 15].

На основі сказаного вище можна зробити висновок про те, що решітне очищення є важливим елементом в післязбиральній обробці зерна через її досить високу ефективність і малу енергоємність, що підвищує економічну ефективність проведення післязбиральної обробки.

1.2 Решітні сепаратори з циліндричним решетом

В основі більшості решітних машин лежить грохот. Це повітряно-решітні машини ОВС-25, СМ-4, МС-4,5, МПР-50, М310С, ЗВС-20А, СВУ-5А, німецькі машини К-218/1 К-523/1, К -524, К-526, К528, К-547 та ін. Всі вони досить

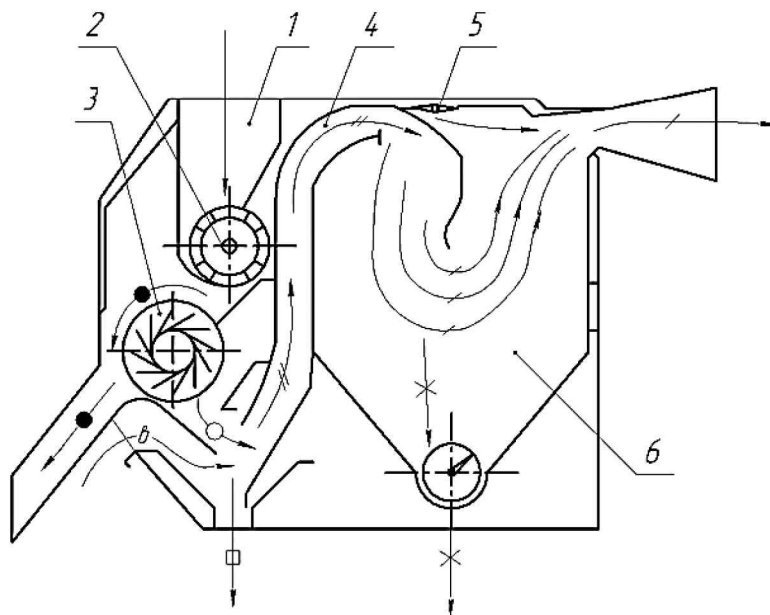
					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

добре очищають зернову суміш, але мають ряд недоліків, пов'язаних з конструктивними особливостями грохоту. Це їх висока гучність і низька надійність. Перераховані недоліки є наслідком того, що робота грохоту заснована на коливаннях решіт, які передаються іншим частинам машини. Сепаратори з циліндричними решетами в порівнянні з ними мають наступні переваги: простота конструкції, безвібраційний рух, більш висока надійність. В даний час існує ряд машин, в основі яких лежить циліндричне решето [18].

Відомими є скальператори фірми Carter Day (рис. 1.1) робочий процес яких має таку структуру. Вихідний матеріал з бункера 1 за допомогою живильного валика 2 і регульовального клапана надходить рівномірно на зовнішню поверхню циліндричного решета 3, при цьому кут нахилу площини введення матеріалу виконаний з можливістю регулювання. У зоні завантаження виникає відносний рух між ворохом і зовнішньої робочою поверхнею решета, що забезпечує інтенсивне просіювання основного зерна і дрібних домішок. Подальше просіювання зерна і дрібних домішок з вороху, що знаходиться на робочій поверхні, відбувається на дузі просіювання решета при його обертанні до скидання великих домішок. Виділене на циліндричному решеті 3 основне зерно надходить у пневмосепаруючих канал 4, швидкість повітряного потоку в якому регулюється за допомогою дросельної заслінки 5.

З матеріалу, що надійшов в пневмосепаруючих канал 4 повітряним потоком виділяються і несуться в осадочну камеру 6 легкі домішки, які виводяться з неї за допомогою вивантажувального шнека 7, а основне зерно подається на скатну дошку і по ній надходить в приймач очищеного зерна. З матеріалу, що надійшов в пневмосепаруючий канал 4 повітряним потоком виділяються і несуться в осадочну камеру 6 легкі домішки, які виводяться з неї за допомогою вивантажувального шнека 7, а основне зерно подається на скатну дошку і по ній надходить в приймач очищеного зерна.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



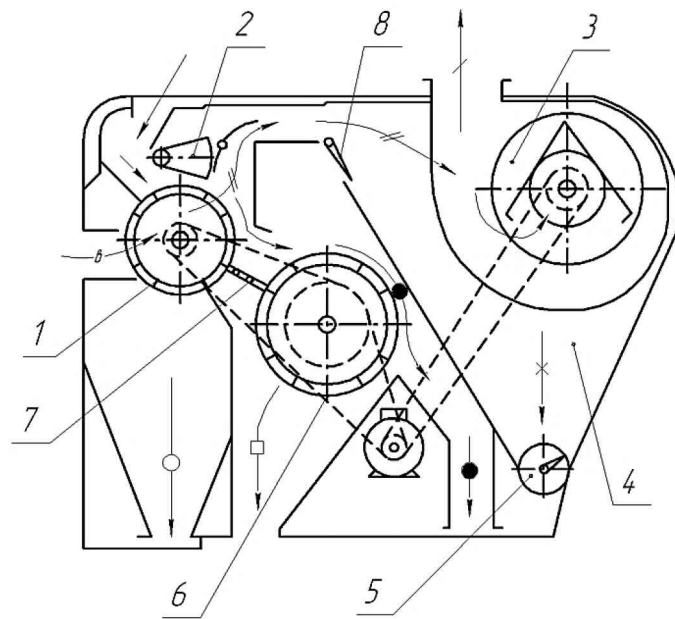
—> - очищувальний матеріал; —6> - повітряний потік без домішок;
 —/—> - повітряний потік з пилом; —//—> - повітряний протік з легкими домішками;
 —*—> - легкі домішки; —□—> - очищене зерно; —●—> - крупні домішки;
 —○—> - зерно, очищене від крупних домішок

1 – бункер; 2 – живильний валик; 3 – циліндричне решето;
 4 – пневмосепаруючий канал; 5 – дросельна заслінка; 6 – осадочна камера

Рисунок 1.1 – Машина попередньої очистки фірми Carter Day

Для очищення робочої поверхні циліндричного решета в зоні сходження великих домішок встановлена щітка (бітер). У внутрішній порожнині циліндричного решета закріплені спеціальні лопатки для інтенсифікації просіювання проходових фракцій через внутрішню робочу поверхню решета, тобто для запобігання накопичення матеріалу всередині циліндра [11,22]. До основного недоліку даної машини можна віднести неможливість виділення за допомогою неї фракції дрібних домішок, що надходить зернового к вороха.

Для первинного очищення рису-зерна безпосередньо після комбайна німецька фірма «Шуле» випускає скальператорну машину «Гранопур», яка має два решета (рис. 1.2). Ця машина може бути встановлена як перед зерносушарками, так і перед сепаруючими машинами для видалення із зернової



—> - очищувальний матеріал; — σ > - повітряний потік без домішок;
 —+> - повітряний потік з пилом; —//> - повітряний протік з легкими
 домішками; —*> - легкі домішки; —□> - очищене зерно; —●> - крупні
 домішки; —○> - дрібні домішки

1,6 – циліндричні решета; 2,8 – регульована заслінка; 3 – вентилятор середнього тиску; 5 - осадочна камера; 7 - щітка

Рисунок 1.2 – Схема скальператора «Гранопур»

маси дрібних, великих і легких домішок, що відрізняються від рису-зерна розмірами і щільністю. Машина складається з двох обертових циліндричних решіт 1 і 6. Зерно розподіляється по ширині верхнього решета товстим шаром. Дрібні домішки (пісок, насіння дикорослих рослин, підсів і т.ін.), занурюючись в шарі зерна, проходять крізь отвори першого решета 1, а зерно з великими домішками (солото, листя, мінеральна домішка і т.ін.) розподіляється тонким шаром за допомогою регульованої заслінки 2 по всій ширині другого решета 6. При відповідному куті повороту заслінки 2 виділяються легкі домішки, які, осідаючи в осадочній камері 4, виводяться з неї шнеком 5. Інтенсивність повітряного потоку в машині регулюється заслінкою 8. Для застряглих часток в машині передбачена регульована щітка 7, яка очищає решето. Розміри отворів у

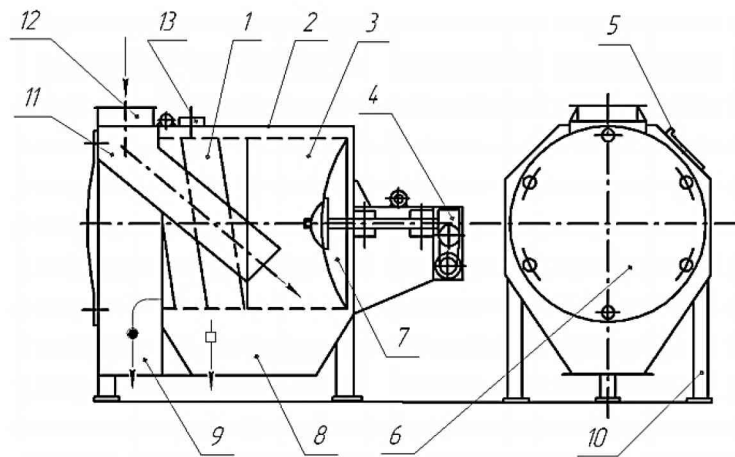
другого решета 6 більше, ніж у першого, що дозволяє зерну в основному проходити крізь неї в початковій зоні, в той час як великі домішки органічного і мінерального походження йдуть сходом з неї.

Друге решето також очищається подібною щіткою 7, яка одночасно запобігає викид зерна у відходи. Легкі домішки виносяться повітряним потоком, створюваним вентилятором 3 середнього тиску в осадочну камеру 4, де осідають і виводяться шнеком 5.

До недоліків даної машини можна віднести її великі габарити внаслідок того, що обертаються циліндричні решета з зовнішньої робочою поверхнею рознесені в просторі і неможливо об'єднати їх в більш компакту схему. Крім того мала тривалість контакту оброблюваного матеріалу з барабаном призводить до низької повноти виділення дрібних домішок.

Решітний сепаратор з внутрішньою подачею А1-БЗО (рис. 1.3) призначений для виділення грубих і великих сторонніх і соломистих домішок з метою запобігання від засмічення приймально-розподільних пристроїв подальшого зерноочисного обладнання [11,20]. Сепаратор встановлюється в зерноочисних відділеннях елеваторів і на хлібоприймальних підприємствах. Принцип роботи сепаратора залежить від послідовного очищення зерна від грубих сторонніх домішок, соломи і стебел. Вихідна зернова суміш надходить рівномірно через приймальний патрубок 12 по лотку 11 всередину приймальної частини решітного циліндра 3. Проходячи через отвори очищене від домішок зерно по випускному патрубку 8, утвореному нижніми похилими стінками корпусу, виводиться з сепаратора і подається на наступну переробку. Відібрані домішки, поступово переходячи до відкритої частини решітного циліндра, звільняються від застряглих в них зерен і скидаються шнеком 1 в випускний патрубок для відходів 9. Решето з горизонтальною віссю обертання закріплено консольно на приводному валу і є основним робочим органом сепаратора. Воно складається з сферичного днища, приймальної частини циліндричного решета з розмірами отворів 14 мм і сходової - з розмірами отворів 10мм.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



→ - очищувальний матеріал; →□ - очищене зерно;
 →● - крупні домішки

1 – лопать винтоподібна; 2 – корпус; 3 – циліндра ситовий; 4 – мотор-редуктори з частотним перетворювачем; 5 - перехідник аспіраційний; 6 - стінка корпусу; 7 - днище сферичне; 8 - патрубок випускний для зерна; 9 - патрубок випускний для великих домішок; 10 - стійка; 11 - лоток; 12 - патрубок приймальний; 13 - патрубок аспіраційний

Рисунок 1.3 – Решітний сепаратор А1-БЗО

На внутрішній поверхні сходової частини решітного циліндра приварена з листової сталі гвинтоподібна лопать в 2,5 обороту і служить для прискорення виведення з сепаратора домішок. Привід сепаратора здійснюється мотор-редуктором марки ЗМП-31,5. Регулювання частоти обертання барабана сепаратора здійснюється за допомогою частотного перетворювача. Недолік даної машини полягає в тому, що вона здатна виділяти з зернового вороху лише великі домішки і тому годиться лише для грубого очищення.

Висновки. На основі проведеного огляду літературних джерел можна зробити висновок, що в основі більшості решітних машин для очищення зерна лежить грохот з плоскими решетам, які мають ряд недоліків. Ці недоліки пов'язані з конструктивними особливостями грохоту. До них відносяться висока гучність таких машин і низька надійність внаслідок того, що робота грохота заснована на коливаннях решіт, які неминуче супроводжуються динамічними навантаженнями, переданими іншим частинам машини. Крім того необхідно рівномірно розподілити зерно при подачі на плоскі решета [99].

					KPM.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Решітні сепаратори з циліндричними решетами мають порівняно з ними наступні переваги: простота конструкції, відсутність динамічних навантажень при роботі і як наслідок цього більш висока надійність [99]. Обмеженість застосування на практиці циліндричних решіт для очищення зерна обумовлюється їх невисокою пропускною здатністю, так як для робочого процесу використовується приблизно 1/4 - 1/6 частина поверхні решета. Спроби підвищити продуктивність таких решіт шляхом збільшення частоти обертання або підвищення подачі зернового матеріалу призводять до утворення кільцевого шару і порушення роботи решета. При установці всередині циліндра нерухомої скатної дошки створюється можливість деякого збільшення частоти обертання циліндра без порушення робочого процесу. За дослідними даними пропускна здатність такого решета трохи вище, ніж звичайного, але його робочий процес виявляється нестабільним, що також обмежує застосування на практиці.

Проведений аналіз конструкцій існуючих зерноочисних машин дозволяє зробити наступні висновки.

1. У більшості зерноочисних машин, що мають решітну очистку у вигляді циліндричних обертових решіт, застосовуються решета з горизонтальною віссю обертання.

2. При необхідності поділу оброблюваного матеріалу на кількість фракцій більше двох, необхідні додаткові решета, які в більшості випадків встановлюються послідовно по ходу руху матеріалу, що істотно збільшує габарити машини.

3. Застосування зовнішнього та внутрішнього циліндричних решіт, що мають спільну вісь обертання, дозволяє зменшити габарити машини, але виключає можливість настройки одночасно обох решіт на оптимальні кінематичні режими.

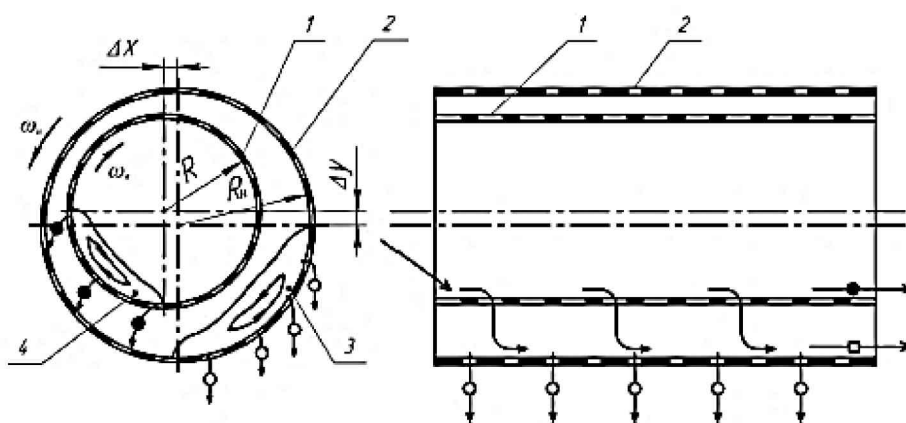
Підвищення ефективності роботи зерноочисних машин можна досягти шляхом удосконалення технологічного процесу і параметрів їх робочих органів.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1 Обґрунтування схеми решітного сепаратора

На підставі проведеного і аналізу наявних зерноочисних машин, очисних машин було запропоновано схему сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами яка представлена на рисунку 2.1 (Додаток А). Використання пропонованої схеми дасть змогу поліпшити ефективність очищення зернового матеріалу від домішок за рахунок більш ефективного використання площі робочої поверхні циліндричного решета.



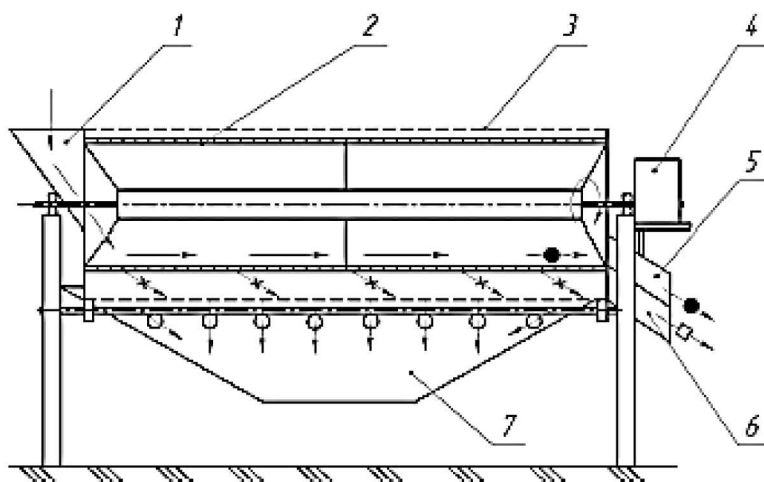
- 1 - внутрішнє циліндричне решето; 2 - зовнішнє циліндричне решето;
3,4 - рухомий зерновий шар

Рисунок 2.1 - Схема сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами

Завдяки зміщенню осей зовнішнього і внутрішнього циліндрів, досягається зменшення габаритів зовнішнього решета. Зокрема, завдяки зміщенню осей відсутність контакту внутрішнього решета з рухомим шаром зовнішнього решета досягається за меншого діаметра зовнішнього решета, ніж за співвісного розміщення решіт. Крім того, завдяки обертанню решіт у протилежні боки, область, на яку потрапляє матеріал, що пройшов крізь отвори

внутрішнього циліндричного решета, виявляється вільною від циркулюючого на зовнішньому циліндричному решеті зернового шару 3. У результаті цього відбувається збільшення площі сепарації, і як наслідок - збільшення пропускної здатності сепаратора.

На основі запропонованої схеми було розроблено сепаратор зернового матеріалу, схема цього сепаратора представлена на рисунку 2.2. Пропонований сепаратор зернового матеріалу працює наступним чином. Матеріал, що очищується, надходить на внутрішню поверхню внутрішнього циліндричного решета 2, де в результаті його обертання утворює рухомий шар очищувального матеріалу.



—> - очищувальний матеріал; —> - дрібні домішки;
 —> - очищене зерно; —> - великі домішки

1 - завантажувальна горловина; 2 - внутрішнє циліндричне решето; 3 - зовнішнє циліндричне решето; 4 - редуктор приводу решіт; 5 - лоток виведення великих домішок; 6 - лоток виведення очищеного зерна; 7 - лоток виведення дрібних домішок

Рисунок 2.2 – Схема дослідного зразка сепаратора зернового матеріалу

У процесі обертання внутрішнього решета очищувальний матеріал переміщується в осьовому напрямку. При цьому частинки, що мають розмір менший, ніж розмір отворів внутрішнього решета (а саме зерно і дрібні

домішки) проходять крізь ці отвори і потрапляють на внутрішню поверхню зовнішнього решета 3. Великі домішки, не здатні пройти крізь отвори внутрішнього циліндричного решета, йдуть сходом з його поверхні і виводяться назовні по лотку 5. Зерновий матеріал, що потрапив на внутрішню поверхню зовнішнього циліндра 3, переміщується в осьовому напрямку і сходять із решета. На зовнішньому решеті, що має розмір отворів менший, ніж у внутрішнього решета, відбувається відокремлення дрібних домішок відбувається відділення дрібних домішок, які проходять крізь його отвори і виходять назовні по лотку 7. Очищене зерно йде сходом з поверхні зовнішнього решета і виводиться назовні по лотку 6. У разі необхідності виділення фуражної фракції зовнішнє решето 3 ділиться на дві секції: перша для виділення дрібних домішок, а друга - фуражних відходів.

Визначимо розміри циліндричних решіт.

Основними розмірами ротаційного сепаратора є радіус $R_{ц}$ та довжина $L_{ц}$ циліндра. Кількість і типорозмір решіток вибираємо з умови

$$F_p \cdot Z_p \geq F, \quad (2.1)$$

де F_p - площа одного решета вибраного типорозміру, m^2 ;

Z_p – сумарне число решіт машини;

F – розрахункова площа решіт, m^2 .

Розрахункова площа решіт визначається за виразом :

$$F = \frac{Q}{q_F}, \quad (2.2)$$

де Q – пропускна здатність машин, т/год.;

q_F – питоме навантаження на одиницю площі решета, т/(год· m^2).

Розрахунки проведемо для пропускної здатності $Q = 15$ т/год. Обираємо величину q_F для планованої культури пшениці, що проходить попереднє очищення на обраній пропускній здатності. Відповідно величина q_F при цьому становитиме 5,8...7,2 т/(год· m^2). Приймаємо середнє значення $q_F = 6,5$ т/(год· m^2).

Під час розрахунку ротаційних рішень цю величину знижують у 3...5 разів (прийmemo середнє – у 4 рази). Але оскільки ми плануємо, що пропускна

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здатність нашого сепаратора зросте, знижуємо q_F в 1,3 рази і приймаємо $q_F = 5,0 \text{ т}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$. Відповідно, розрахункова площа буде дорівнювати:

$$F = \frac{15}{5,0} = 3,0 \text{ м}^2 .$$

Обираємо для нашого сепаратора плоскопробивні решітки з прямокутними отворами 3-го типорозміру для яких $F_p = 782 \text{ м}^2$. Для внутрішнього циліндра вибираємо $Z_p = 4$, для зовнішнього $Z_p = 6$. Перевіряємо умову (2.1) для обох циліндрів. Для внутрішнього циліндра

$$0,72 \cdot 4 = 3,128 \text{ м}^2 > F = 3,0 \text{ м}^2$$

умова виконується. Для зовнішнього циліндра

$$0,72 \cdot 6 = 4,692 \text{ м}^2 > F = 3,0 \text{ м}^2$$

умова виконується.

Радіус циліндра визначається за формулою:

$$R_{\text{ц}} = \frac{z'(L_p + \Delta L)}{2\pi}, \quad (2.3)$$

де z' - число решет в одному кільці циліндра по його периметру;

L_p - довжина одного решета, $L_p = 0,79 \text{ м}$;

ΔL - ширина опорної перемички між решетами, $\Delta L = 0,08 \text{ м}$.

Для внутрішнього циліндра $z' = 2$, відповідно

$$R_{\text{ц}} = \frac{2(0,79 + 0,08)}{2 \cdot 3,14} = 0,54 \text{ м}.$$

Для зовнішнього циліндра $z' = 3$, відповідно

$$R_{\text{ц}} = \frac{3(0,79 + 0,08)}{2 \cdot 3,14} = 0,38 \text{ м}.$$

Довжина обох решіт буде однаковою і визначається за формулою:

$$L = B_p z'' + \Delta L(z'' + 1), \quad (2.4)$$

де B_p - ширина одного решета, $B_p = 0,99 \text{ мм}$;

z'' - число кілець решіт по довжині циліндра, $z'' = 2$.

Тоді

$$L = 0,99 \cdot 2 + 0,08 \cdot (2 + 1) = 2,004 \text{ м}.$$

Отже, радіус внутрішнього циліндра 0,54 м, зовнішнього – 0,38 м.

Довжина одного решета 2 м.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Відповідно до завдань, поставлених в роботі, розроблена програма експериментальних досліджень:

- визначити характер розподілу зерен очищувального матеріалу по довжині;
- дослідити вплив пропускної здатності, параметрів і режимів роботи внутрішнього циліндричного решета на розподіл проходу крізь решето по довжині циліндра, втрати повноцінного зерна у відходи і споживання енергії на привід внутрішнього циліндра;
- дослідити зону випадання і характер руху насіння, що пройшли крізь отвори внутрішнього циліндричного решета;
- дослідити характер взаємодії зернового матеріалу, що пройшов крізь отвори внутрішнього решета, при контакті з зовнішнім решетом;
- дослідити вплив пропускної здатності, параметрів і режимів роботи зовнішнього решета на повноту виділення дрібних домішок.

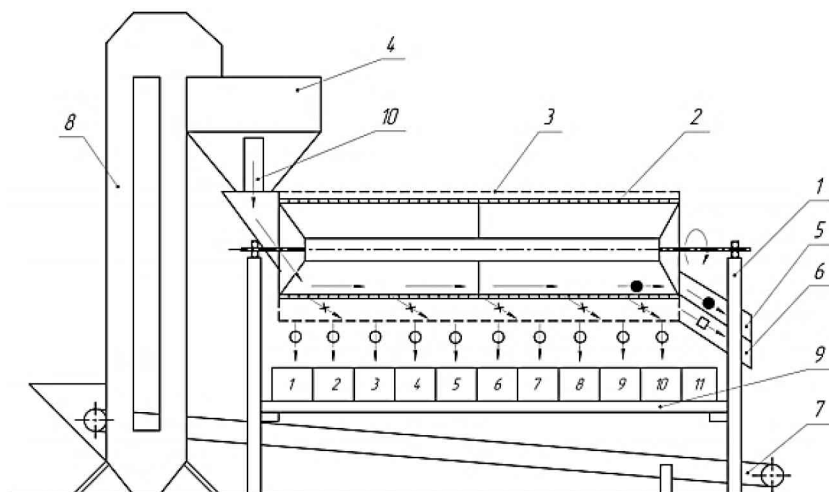
3.2 Експериментальна установка, прилади та обладнання

Для проведення досліджень був виготовлений стенд для випробування експериментальної установки. Загальний вид сепаратора зернового матеріалу в складі стенду представлений **на рисунку А.1.**

Схема стенду представлена на рисунку 3.1.

Стенд для досліджень включає в себе сепаратор зернового матеріалу 1, який має два обертових циліндричних решета, внутрішнє 2 і зовнішнє 3, бункер-накопичувач 4, лоток для виведення великих домішок 5,

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



—> - очищувальний матеріал; —*> - проходова фракція внутрішнього циліндра (зерновий матеріал, очищений від крупних домішок); —○> - дрібні домішки; —□> - очищене зерно; —●> - крупні домішки

1 - рама; 2 - внутрішнє решето; 3 - зовнішнє решето; 4 - бункер-накопичувач; 5,6 - лотки; 7 - стрічковий транспортер; 8 - норія; 9 - пробовідбірник; 10 - регулювальна заслінка

Рисунок 3.1 – Технологічна схема стенда для досліджень

лоток для виведення очищеного зерна 6, стрічковий транспортер 7, норію 8 і пробовідбірник 9.

Розміри обертових решіт були обрані, виходячи з розмірів існуючих пробивних решіт, і складають відповідно: внутрішнє - діаметр 503 мм, довжина 1980 мм, розмір отворів 3,8 мм; зовнішнє - діаметр 755 мм, довжина 1980 мм, розмір отворів 1,7 мм.

Робочий процес стенду для випробування експериментальної установки відбувається наступним чином. Зернова суміш з бункера-накопичувача надходить на внутрішню поверхню внутрішнього решета 2, де відбувається її поділ на дві фракції – сходову, що представляє собою великі домішки, які не пройшли крізь отвори решета, і проходову, що представляє собою зерновий матеріал, очищений від великих домішок.

Фракція великих домішок потрапляє по лотку 5 на стрічковий транспортер, а проходова - на внутрішню поверхню зовнішнього решета, де в

свою чергу відбувається її поділ на фракцію дрібних домішок, які пройшли крізь отвори внутрішнього решета, і фракцію очищеного зерна, що йде сходом. Всі фракції в результаті потрапляють на стрічковий транспортер.

При цьому в процесі переміщення транспортером і норією компоненти зернової суміші перемішуються і повертаються в бункер-накопичувач. Потім цикл повторюється. Подача матеріалу регулювалася за допомогою заслінки 10 і набирала значення від 2 т/год. до 20 т/год. У процесі дослідження визначався характер розподілу зернового матеріалу по довжині циліндричного решета, для чого використовували пробовідбірник 9 (рис. 3.1), що складається з десяти ящиків, рівномірно розподілених по довжині решета. Одинадцятий ящик був встановлений для взяття проб фракції, що йде сходом з решета. Всі ящики закріплювалися на загальній рухомій рамці.

В ході експериментальних досліджень робочого процесу машини були використані відповідні прилади та обладнання (рис. А.2, табл. А.1).

32.3 Методика визначення характеру розподілу зерен очищувального матеріалу по товщині

Для проведення дослідів використовували приготовлену зернову суміш, що складається з зерна пшениці вологістю 14% і домішок, отриманих при попередньому його очищенні на пункті післязбиральної обробки. Фракційний склад суміші у відсотках представлений в таблиці 2.1. Вологість матеріалу при дослідженнях перебувала в межах 12,7...14,2%.

Для розбору проб зернового матеріалу за розмірами використовувався розсів лабораторний УСМ-61 і набір лабораторних сит. Для цього бралася навішування масою 200 ± 5 г, і проводився її розсів [4]. При цьому ширина отворів сит варіювалася від 1,0 мм до 4,0 мм з кроком в 0,5 мм. Таким чином, проба розбиралася на 8 фракцій.

Взяття проб для дослідження характеру розподілу зерен очищувального матеріалу по товщині відбувалося наступним чином. Запускалися по черзі

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Фракційний склад суміші

№ класу	Межі класу	Середній розмір насіння, мм	Частота
1	4,0...4,5	4,0	0,1150
2	4,0...3,5	3,5	0,0196
3	3,5...3,0	3,0	0,0791
4	3,0...2,5	2,5	0,5564
5	2,5...2,0	2,0	0,1623
6	2,0...1,5	1,5	0,0497
7	1,5...1,0	1,0	0,0089
8	1,0...0,5	0,5	0,0090

сепаратор, стрічковий транспортер і норія. Далі відкривалася заслінка в бункері-накопичувачі і встановлювалася необхідна пропускна здатність, починався робочий процес установки. Коли робочий процес переходив в стійкий стан, під решето, що обертається, заводилася рамка пробовідбірника з ящиками, і проводилося взяття проб. Час взяття проб обмежувався максимальним наповненням одного з ящиків. Далі з кожного ящика бралася навішування масою 200 ± 5 г і відбувалася її обробка на решітному класифікаторі.

В ході досліджень змінювалися такі фактори як частота n_b обертання циліндричного решета і кут α_b нахилу осі решета до горизонту. Частота обертання змінювалася за допомогою варіатора і приймала значення $n_b = 40 \dots 53$ хв⁻¹. Кут нахилу змінювався через 1,5 градуса від 0° до 4,5°. Подача матеріалу набирала значення від 2 т/год. до 20 т/год.

Після розсіву проб, взятих з ящиків пробовідбірника, визначали значення відносної маси матеріалу на кожному ситі. Для кожного з десяти ділянок решета визначали математичне очікування товщини прохідової фракції матеріалу M за формулою [5]:

$$M = \frac{\sum_1^i m_i l_i}{m_i}, \quad (3.1)$$

де m_i - маса суміші в i -му класі, кг;

l_i - середній розмір насіння в i -му класі, м.

Дослідження впливу пропускної здатності, параметрів і режимів роботи внутрішнього циліндричного решета на розподіл проходу крізь решето по довжині циліндра, втрати повноцінного зерна у відходи і енергоспоживання на привід внутрішнього циліндра проводили на стенді, технологічна схема якого представлена на рисунку 3.1.

Експерименти проводилися наступним чином:

1. Встановлювали необхідний кут нахилу осі обертання решета до горизонту, запускали стенд, за допомогою перетворювача частоти встановлювали необхідну частоту обертання решета, за допомогою вимірювального комплексу фіксували споживання енергії на привід внутрішнього решета при роботі вхолосту.

2. За допомогою заслінки 10 встановлювали необхідну пропускну здатність. Коли робочий процес переходив в стійкий стан, фіксували споживання енергії на привід внутрішнього решета в режимі очищення зерна (робочий хід).

3. Під решето, що обертається, заводилася рамка пробовідбірника з ящиками, проводилося взяття проб. Час взяття проб обмежувався максимальним наповненням одного з ящиків.

4. Визначалася маса матеріалу в кожному з одинадцяти ящиків.

5. Зерновий матеріал, що потрапляв за час досліду в останній (одинадцятий) ящик разом з великими домішками, просіювався на решітному класифікаторі, потім відбувалося відділення повноцінного зерна від домішок, і визначалася маса повноцінного зерна у відходах.

В ході досліджень змінювалися такі фактори як частота обертання n циліндричного решета, подача матеріалу Q і кут α_B нахилу осі решета до горизонту. Частота обертання змінювалася за допомогою перетворювача частоти і приймала значення $n_B = 30.. 60 \text{ хв}^{-1}$. Кут нахилу змінювався від 0° до $4,5^\circ$, подача матеріалу набирала значення від 2 т/год. до 20 т/год.

Споживання енергії на виконання технологічного процесу очищення зерна від великих домішок визначали за формулою:

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = E_{p.x} - E_{x.x}, \quad (3.2)$$

де $E_{p.x}$ - споживання енергії на привід внутрішнього решета при очищенні зерна, Вт;

$E_{x.x}$ - споживання енергії на привід внутрішнього решета на холостому ході, Вт.

Значення відносної маси зерна, що проходить крізь решето на i -тій ділянці, визначали за формулою:

$$q_j = \frac{m_j}{\sum m_j}, \quad (3.3)$$

де m_j - маса проби в j -му ящику

$\sum m_j$ - сумарна маса проб в ящиках.

Відсоток втрат повноцінного зерна у відходи Π визначали за формулою:

$$\Pi = \frac{m_3}{\sum m_i} 100\%, \quad (3.4)$$

де m_3 - маса повноцінного зерна в ящику відходів, кг;

$\sum m_i$ – сумарна маса проб в ящиках, кг.

3.4 Методика дослідження впливу параметрів і режимів роботи зовнішнього решета на повноту виділення дрібних домішок і споживання енергії на привід зовнішнього решета

Взяття проб для дослідження впливу параметрів і режимів роботи зовнішнього решета на повноту виділення дрібних домішок і споживання енергії на привід зовнішнього решета відбувалося наступним чином. Запускалися по черзі сепаратор, стрічковий транспортер і норія. Далі відкривалася заслінка в бункері-накопичувачі і встановлювалася необхідна пропускна здатність, починався робочий процес установки. Коли робочий процес переходив в стійкий стан, вироблялося взяття п'яти проб обробленого матеріалу, що йде сходом з зовнішнього решета і одночасно п'яти проб вихідного матеріалу, що подається в сепаратор. Одночасно фіксувалося споживання енергії за допомогою ватметра вимірювального комплексу К-540

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на кожній з трьох фаз. Далі з кожної проби матеріалу бралася навішування масою 410 ± 10 г і відбувалася її обробка на розсіві з ситом, що має прямокутні отвори, розмір яких складав 1,7 мм.

В ході досліджень змінювалися такі фактори як частота n_3 обертання зовнішнього циліндричного решета і кут α_3 нахилу осі зовнішнього решета до горизонту. Частота обертання змінювалася за допомогою перетворювача частоти і приймала значення $n_B = 32 \dots 64$ хв⁻¹. Кут нахилу змінювався через 1,5 градуси від 1,5° до 4,5°. Досліди проводилися при подачі матеріалу $Q = 8 \dots 20$ т/год.

Після взяття проб на розсіві визначалося значення величини засмічення вихідного зернового матеріалу, що надходить на очистку в сепаратор, за формулою [5]:

$$Z_B = \frac{m_B^*}{m_B} 100\%, \quad (3.5)$$

де m_B^* - маса фракції, що пройшла крізь отвори сита (маса дрібних домішок), г;

m_B - загальна маса навішування вихідного зернового матеріалу, м.

Засміченість матеріалу, який пройшов обробку в сепараторі, визначалася за формулою:

$$Z_o = \frac{m_o^*}{m_o} 100\%, \quad (3.6)$$

де m_o^* - маса фракції, що пройшла крізь отвори сита (маса дрібних домішок), г;

m_o - загальна маса навішування обробленого зернового матеріалу, м.

Далі розраховувалася повнота виділення K сепаратором дрібних домішок за виразом:

$$K = \frac{Z_B - Z_o}{Z_B}. \quad (3.7)$$

В ході проведення експерименту фіксувалося споживання енергії на привід зовнішнього решета і потім визначалося значення споживання енергії на виконання технологічного процесу очищення зерна від дрібних домішок за формулою (3.2).

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1 Результати дослідження характеру розподілу матеріалу по довжині внутрішнього циліндричного решета

На першому етапі досліджень за допомогою однофакторних експериментів були вивчені закономірності впливу на характер розподілу зерен очищувального матеріалу по товщині таких параметрів сепаратора як кут нахилу осі обертання циліндричного решета до горизонту α_0 , частота його обертання n_B і подача матеріалу Q [10]. Характер впливу оцінювався за змінами математичного очікування товщини зернівок, що пройшли крізь отвори решета, для різних ділянок циліндра. Дослідження проводили при постійній ширині отворів решіт $b_1 = b_2 = 3,8$ мм.

Згідно з методикою, викладеною в розділі 3.3, для кожного з десяти ділянок по довжині решета визначали математичне очікування M товщини очищеного від великих домішок матеріалу. Характер впливу кута нахилу осі обертання циліндра α_0 на математичне очікування M (рис. 4.1) вивчали при постійній подачі матеріалу $Q = 10$ т/год. і частоті обертання $n_B = 60$ хв⁻¹. Як видно з графіка, представленого на рисунку 4.1, для великих кутів нахилу осі решета характерно більш низьке розташування кривих зміни математичного очікування. Загальне зниження величини математичного очікування при збільшенні кута нахилу свідчить про те, що крупні фракції оброблюваного матеріалу починають проходити крізь решето на таких режимах роботи пізніше. Можна зробити висновок, що збільшення кута сприяє виділенню більш дрібної фракції. Дане явище можна пояснити наступним чином. При збільшенні кута нахилу виникає осьова сила, що впливає на шар зерна, що знаходиться в циліндрі, і сприяє більш швидкому його переміщенню уздовж осі від місця подачі матеріалу до виходу. В результаті скорочується тривалість контакту оброблюваного матеріалу з поверхнею решета, що погіршує умови проходження більш крупних зернівок крізь його отвори. Крупні зернівки

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

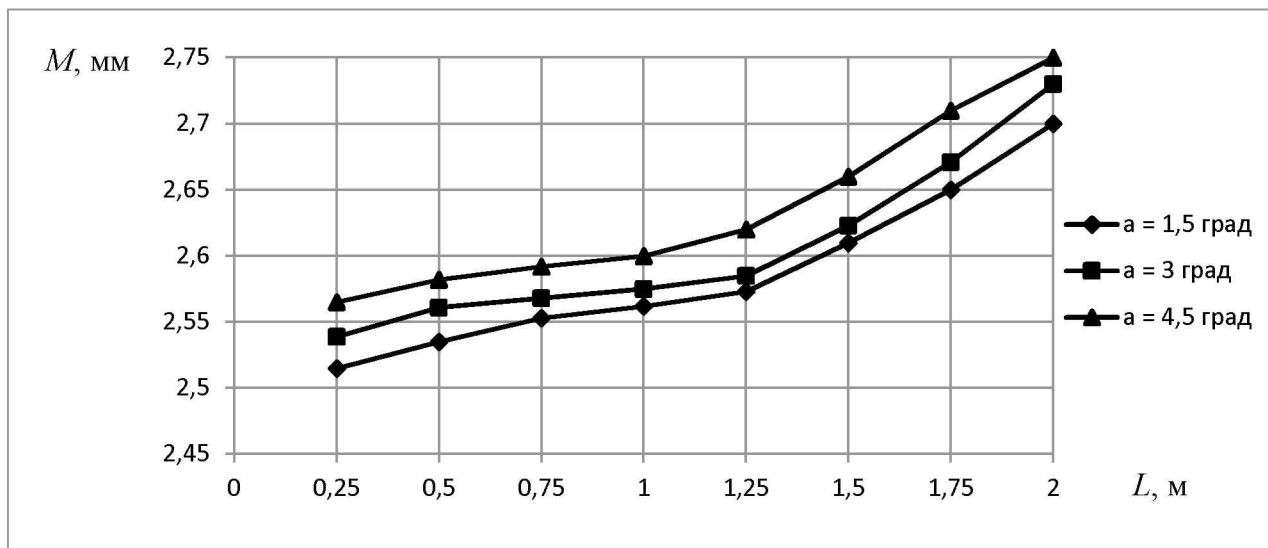


Рисунок 4.1 – Вплив кута нахилу осі обертання циліндру α_b на характер розподілу зерен очищувального матеріалу по довжині решета

починають в цьому випадку сходити з решета, що відбивається на величині математичного очікування і призводить до зниження його абсолютного значення.

Дослідження впливу частоти обертання n_b на характер розподілу зерен очищувального матеріалу по довжині решета проводились при постійному значенні кута нахилу осі обертання решета $\alpha_b=4,5^\circ$ і подачі матеріалу $Q = 10$ т/год. Результати дослідження представлені у вигляді графіків на рисунку 4.2. Як видно з графіків, при зниженні частоти обертання математичне очікування збільшується. З цього можна зробити висновок, що при меншій частоті обертання створюються більш сприятливі умови для проходження крупних зернівок. При більш високій частоті обертання ймовірність проходження таких зернівок зменшується, але при $L > 1,0$ м (тобто в другій половині циліндра) частота обертання починає менше впливати на величину математичного очікування внаслідок того, що основна частина дрібних домішок вже відокремилася і пройшла крізь отвори решета, а в подальшому відбувається прохід залишкової крупної фракції. В цьому випадку різниця у впливі частоти обертання на величину M знижується, і криві починають зближуватися.

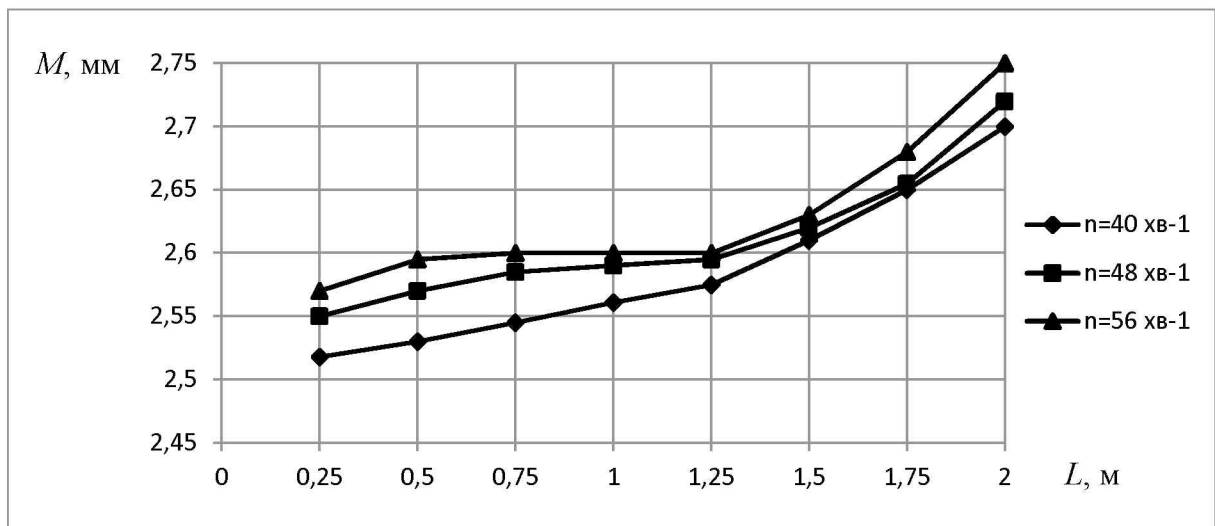


Рисунок 4.2 – Вплив частоти обертання n_b на характер розподілу зерен очищувального матеріалу по товщині

На рисунку 4.3 представлені графіки впливу подачі матеріалу Q на характер розподілу зерен очищувального матеріалу по довжині решета. З графіків видно, що збільшення подачі матеріалу Q призводить до загального зниження величини математичного очікування M та криві його зміни починають опускатися. Відбувається це тому, що при збільшенні подачі матеріалу Q при одній і тій же частоті обертання циліндра оброблюваного матеріалу в циліндрі знаходиться більше і за одну і ту ж кількість оборотів матеріал меншу кількість разів контактує з поверхнею решета. В результаті зменшується ймовірність проходження крупних зернівок крізь отвори решета, що відбивається на величині математичного очікування M і призводить до зниження його абсолютного значення.

Порівняльний аналіз наведених вище рисунків дозволяє зробити висновки, що подання матеріалу Q і кут нахилу осі обертання циліндра α_b більше впливають на характер зміни математичного очікування, ніж частота обертання. Однак, як видно з графіків, абсолютне значення величини математичного очікування у всіх випадках змінюється несуттєво (мінімум $M = 2,51$ мм, максимум $M = 2,80$ мм) і за допомогою зміни таких

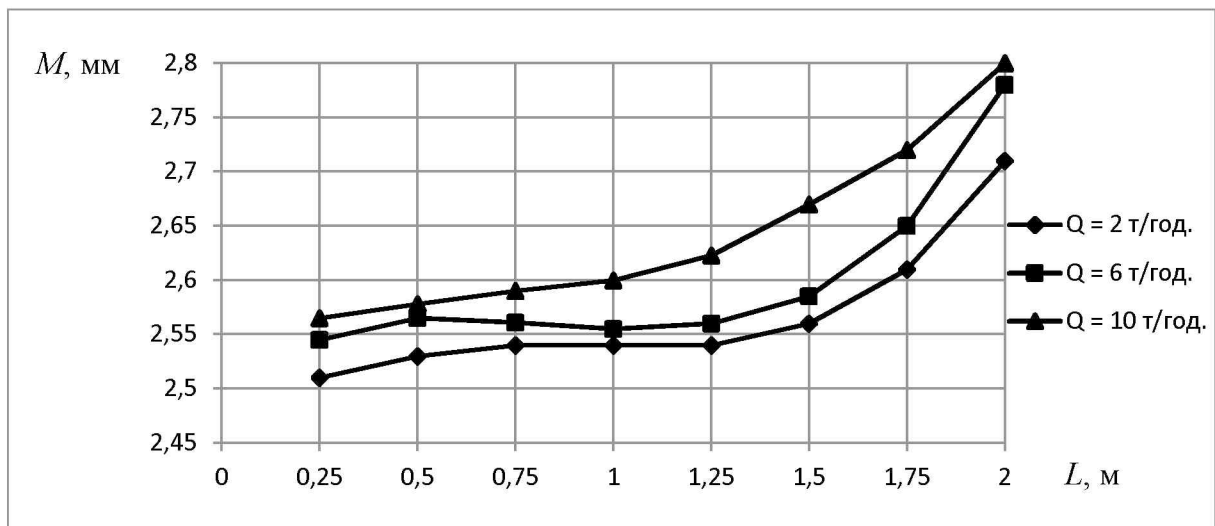


Рисунок 4.3 – Вплив подачі матеріалу Q на характер розподілу зерен очищувального матеріалу по довжині решета

параметрів як подача матеріалу Q , частота обертання циліндра n_b і кут його нахилу α_b не можна досягти суттєвої зміни величини математичного очікування по довжині решета.

Для поліпшення умов проходження дрібної фракції зернового матеріалу доцільно щоб основна її частина потрапляла на початок решета. В цьому випадку дрібна фракція більш тривалий час піддається сепарації, завдяки чому підвищується повнота виділення домішок. Тому з метою вивчення виділення на внутрішньому решеті спочатку більш дрібної фракції, на нього були встановлені послідовно решета з розміром отворів $b_1 = 2,6$ мм і $b_2 = 3,8$ мм і проведена серія однофакторних експериментів по дослідженню розподілу зерна по довжині решета згідно з методикою, викладеної в розділі 3.3. Вибір розміру отворів b_1 здійснювався на основі існуючої універсальної двох'ярусної чотирьохрешітної технологічної схеми розташування решіт, що працює в режимі вторинного очищення. Згідно неї розмір отворів решета $B1$ повинен дорівнювати величині математичного очікування розміру оброблюваного матеріалу. Досліди проводилися при постійному значенні кута нахилу $\alpha_b = 1,5^\circ$. В ході експерименту змінювалися частота обертання циліндра n_b і подача

матеріалу Q . Частота обертання приймала значення $n_b = 40 \dots 60 \text{ хв}^{-1}$, подача матеріалу Q варіювалася в межах $Q = 2 \dots 8 \text{ т/год}$.

В результаті обробки отриманих даних були побудовані графіки впливу частоти обертання n_b на характер розподілу зерен очищувального матеріалу по товщині для різних подач матеріалу Q (рис. Б.1) як видно з графіків **рисунка Б.1** установка решіт з різним розміром отворів призводить до більш значного зсуву математичного очікування (мінімум $M = 1,93 \text{ мм}$, максимум $M = 2,73 \text{ мм}$), ніж зміна частоти обертання циліндра і пропускної здатності в попередніх експериментах.

Аналіз графіків показує, що збільшення подачі матеріалу Q призводить до зниження величини математичного очікування, яке відбувається за рахунок погіршення умов проходження зернівок в результаті зменшення числа їх контактів з поверхнею решета. Але величина цього зниження не суттєва в порівнянні із загальною різницею, що отримується в результаті установки різних решіт. Зміна частоти обертання n_b також не робить суттєвого впливу на величину математичного очікування. У всіх випадках криві знаходяться близько одна до одної, і їх взаємне розташування змінюється не значно. Крім того, на всіх графіках видно скачок величини математичного очікування, який обумовлюється тим, що оброблюваний матеріал переходить з решета, що має менший розмір отворів, на решето з великим розміром отворів. В результаті на другому решеті починає виділятися крупна фракція, що призводить до підвищення величини математичного очікування.

З вищесказаного можна зробити наступні висновки. У всіх дослідах зміна параметрів роботи циліндра, таких як частота обертання n_b , подача матеріалу Q , кут нахилу його осі обертання α_b суттєво не впливає на математичне очікування товщини насіння по довжині решета. За допомогою установки на циліндр решіт, що мають різні розміри отворів, можна досягти більш значної зміни величини математичного очікування, ніж за рахунок зміни параметрів роботи, що дозволяє використовувати цей спосіб для поліпшення умов виділення дрібної фракції на зовнішньому решеті.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Результати досліджень впливу подачі матеріалу, параметрів і режимів роботи внутрішнього циліндричного решета на розподіл проходу крізь решето по довжині циліндра

На розподіл проходу оброблюваного матеріалу впливають наступні фактори: подача матеріалу Q , частота обертання циліндра n_B , кут нахилу осі обертання α_B .

За допомогою однофакторних експериментів були виявлені основні закономірності впливу перерахованих вище факторів на розподіл проходу крізь решето по довжині циліндра. Досліди проводилися за методикою, описаною в розділі 2.3, при постійній ширині отворів решета $b = 3,8$ мм.

Залежності розподілу проходу оброблюваного матеріалу від подачі матеріалу Q при $\alpha_B = 1,5^\circ$ і $n_B = 50$ хв⁻¹ представлені на рисунку 4.4.

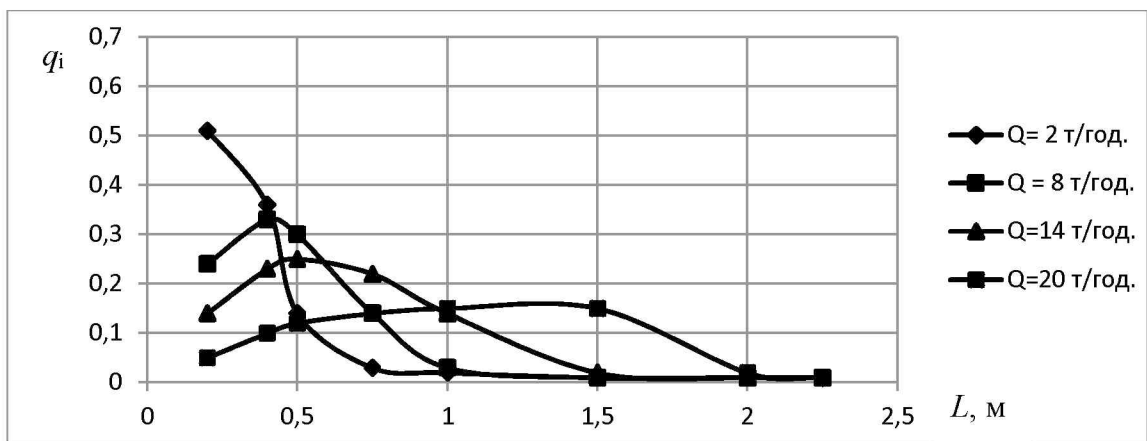


Рисунок 4.4 – Залежність розподілу проходу оброблюваного матеріалу від подачі матеріалу Q

Як видно з рисунку 4.4 подача матеріалу Q має суттєвий вплив на розподіл проходу. При збільшенні Q криві стають більш пологими. Крім того, максимальне значення q_i , яке є на всіх кривих, зміщується вправо. Дане явище пояснюється наступним. При збільшенні Q весь матеріал не встигає проходити крізь отвори решета на початку циліндра. Розподіляючись, він займає велику площу, і границя зернового шару віддаляється від місця подачі матеріалу, наближаючись до виходу циліндра. Разом з цим максимальне значення q_i

зменшується і зміщується вправо, а крива розподілу стає більш пологою. Як видно з графіка, при $Q = 20$ т/год. крива розподілу виходить за межу $L = 1,98$ що відповідає межі циліндра, і частина оброблюваного матеріалу в цьому випадку починає сходити з поверхні решета разом з крупними домішками, потрапляючи у відходи, що підтверджується наступними дослідженням.

Залежності розподілу проходу оброблюваного матеріалу від частоти обертання n_B при $\alpha_0 = 1,5^\circ$ і $Q = 8$ т/год. представлені на рисунку 3.5

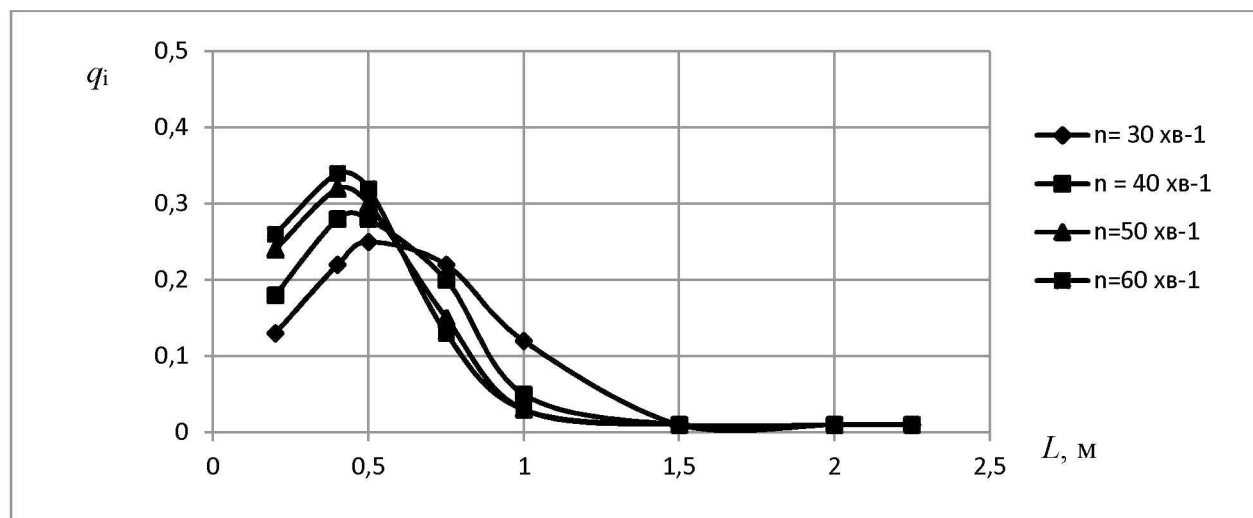


Рисунок 4.5 – Залежності розподілу проходу оброблюваного матеріалу від частоти обертання n_B

Як видно з рисунку 4.5, частота обертання на даних режимах роботи помітно впливає на характер розподілу проходу по довжині решета. При зниженні частоти обертання криві починають опускатися і стають більш пологими. Максимальне значення q_i при цьому зменшується і зміщується вправо. Дане явище можна пояснити наступним чином.

При зниженні частоти обертання погіршуються умови проходження зернівок крізь отвори внаслідок того, що зменшується кількість контактів оброблюваного матеріалу з поверхнею решета. Матеріал в цьому випадку починає накопичуватися всередині циліндра і, розподіляючись по його поверхні, займає при цьому велику площу.

Залежності розподілу проходу оброблюваного матеріалу від кута нахилу α_0 при $n_B = 50 \text{ хв}^{-1}$ і $Q = 8 \text{ т/год}$. представлені на рисунку 4.6.

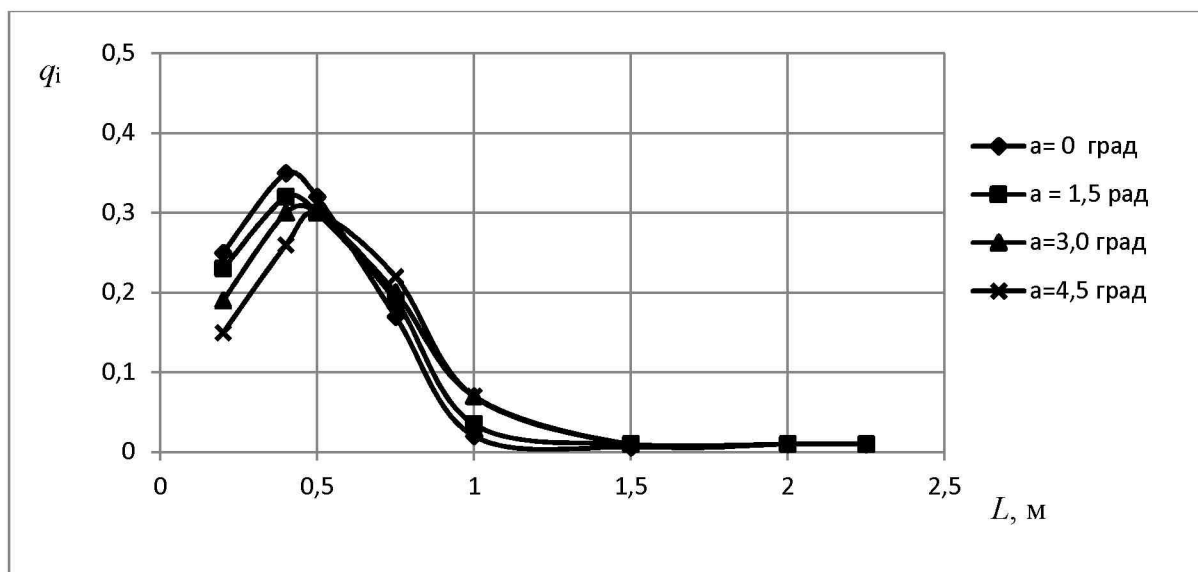


Рисунок 4.6 - Залежності розподілу проходу оброблюваного матеріалу від кута нахилу α_0

Як видно з рисунка 4.6, зміна кута нахилу осі обертання циліндра змінює характер кривих. Збільшення кута нахилу призводить до зниження максимального значення q_i , при цьому його зміщення в будь-яку сторону відсутнє, а криві стають більш пологими. Дане явище можна пояснити наступним. При збільшенні кута нахилу виникає осьова сила, впливає на що знаходиться всередині циліндра матеріал і сприяє його подовжньому переміщенню, що провокує тим самим його перерозподіл, в результаті чого зерновий шар починає займати більшу площа на внутрішній поверхні циліндра.

З точки зору виконання умови перебування межі зернового шару всередині циліндра і відсутності сходу повноцінного зерна у відходи найбільший інтерес представляють режими роботи при максимальній подачі матеріалу Q , а саме, як впливає з рисунка 3.4, при подачі матеріалу $Q = 20 \text{ т/год}$. З метою визначення характеру розподілу проходу на цьому режимі були проведені дослідження, результати яких представлені в вигляді графіків на [рисунку Б](#).

З **рисунок Б.2** очевидно, що циліндричне решето повністю втрачає працездатність при даній подачі матеріалу Q при частоті обертання $n_B = 30 \text{ хв}^{-1}$. Про це свідчать криві розподілу. Як видно з графіка, максимальне значення q_i при цьому режимі роботи для усіх кутків знаходиться при $L > 1,98 \text{ м}$, тобто за межами циліндра. Дане явище пояснюється наступним чином. При частоті обертання $n_B = 30 \text{ хв}^{-1}$ крізь отвори решета здатна проходити незначна частина матеріалу. При $Q = 20 \text{ т/год.}$ матеріал починає рясно скупчуватися в початку циліндра, в результаті чого товщина рухомого шару зростає настільки, що його маса починає з такою силою притискати зернівки нижніх шарів до поверхні решета, що уповільнює їх відносний рух. Ця обставина в свою чергу додатково зменшує ймовірність проходження частинок крізь отвори, і значна частина оброблюваного матеріалу йде сходом з решета, потрапляючи у відходи. Збільшення кута нахилу осі α_0 призводить до зменшення кількості матеріалу, який йде сходом з решета, що можна простежити за кривими розподілу. Відбувається це внаслідок того, що при нахилі осі величина нормальної складової сили тяжіння зернового шару знижується, внаслідок чого шари матеріалу, що лежать вище, оказують менший тиск на нижні і швидкість відносного руху зростає, що покращує умови проходження зернівок крізь отвори решета. Крім того, виникає осьова сила, яка сприяє руху зернівок щодо поверхні решета, також підвищуючи ймовірність їх проходження крізь отвори.

Збільшення частоти обертання n_B призводить до зміщення максимального значення q_i вліво, що зменшує кількість матеріалу, який йде сходом з циліндра. Характер впливу кута нахилу α_B на положення кривих зберігається для частот обертання $n_B = 30 \dots 50 \text{ хв}^{-1}$. При частоті обертання $n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$ кут не робить істотного впливу на характер розподілу, що підтверджується близьким один до одного розташуванням кривих. Дане явище пояснюється тим, що при частоті обертання $n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$ оброблений матеріал швидше проходить крізь отвори решета і не накопичується всередині циліндра. При цьому товщина рухомого шару знижується настільки, що не оказує негативного впливу на величину швидкості відносного руху зернівок по решету.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою дослідження впливу подачі матеріалу Q і частоти обертання n на характер розподілу проходу оброблюваного матеріалу крізь решета, що мають різний розмір отворів, були проведені досліди, результати яких представлені у вигляді графіків на **рисунку Б.3**.

Як видно з **рисунку Б.3** на всіх графіках максимальне значення q_i знаходиться при $L > 1,0$ м (тобто в другій половині циліндра). Крім того, тільки на графіку для $Q = 2$ т/год. на всіх кривих є два екстремуми, які свідчать про те, що весь матеріал, який потрапив в циліндр, проходить крізь отвори решіт за винятком великих домішок і, відповідно, відбувається повне розділення матеріалу на фракції. При збільшенні подачі матеріалу Q при $L < 1,0$ м екстремум зникає, а значення q_i в цій галузі зменшуються, що говорить про зниження виділення дрібної фракції і зниження ефекту поділу за рахунок використання даної схеми установки решіт. Крім того, як видно з **рисунку Б.3**, при $Q = 8$ т/год. рухливий шар оброблюваного матеріалу виходить за межі циліндра, що неприпустимо, так як це призводить до високих втрат повноцінного зерна у відходи. Описані вище явища пояснюються наступним чином. При роботі циліндра відбувається інтенсивне забивання отворів решіт $B1$ частинками, що мають розмір приблизно рівний розміру отворів. Особливість роботи решета $B1$ полягає в тому, що як тільки воно починає проходити під зерновим шаром, відразу починається його забивання частинками оброблюваного матеріалу. В результаті цього пропускна здатність істотно падає і продовжує знижуватися, поки матеріал торкається поверхні решета. Як показують експерименти, система очищення решіт в цьому випадку не здатна вирішити проблему, так як очищена від застряглих зерен поверхня знову забивається, як тільки шар торкається її. У свою чергу це призводить до скупчення матеріалу в початковій частині циліндра, що знижує швидкість руху зернівок щодо поверхні решета і зменшує ймовірність їх проходження крізь отвори, особливо при подачі матеріалу $Q = 8$ т/год.

Таким чином, можна сказати, що застосування даної схеми розташування решіт недоцільно в силу описаних вище особливостей.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Результати дослідження впливу параметрів і режимів роботи внутрішнього циліндричного решета на втрати повноцінного зерна у відходи і споживання енергії на привід внутрішнього циліндра

Дослідження проводили при постійній ширині отворів решіт $b_1 = b_2 = 3,8$ мм. В ході досліджень змінювалися такі чинники як частота обертання циліндричного решета n_B , подача матеріалу Q і кут нахилу осі решета до горизонту α_B . Частота обертання змінювалася за допомогою перетворювача частоти і приймала значення $n_B = 30 \dots 60$ хв⁻¹. Кут нахилу α_B змінювався від 0° до 4,5°, подача матеріалу Q в дослідах набирала значення від 2 т/год. до 20 т/год. В результаті обробки отриманих даних були побудовані криві зміни втрат повноцінного зерна у відходи Π в залежності від частоти обертання решета при різних кутах нахилу його осі α_B і різної подачі матеріалу Q (рис.4.7).

Для більш чіткого сприйняття отриманої інформації, на представлених вище графіках значення Π обмежені величиною $\Pi = 1,0\%$. Як видно з рисунку 3.7, при кутах нахилу менш $\alpha_B = 1,5^\circ$ зменшення частоти обертання нижче $n_B = 50$ хв⁻¹ викликає різке збільшення втрат зерна Π .

Це обумовлюється тим, що при таких кутах нахилу межа зернового шару, що знаходиться всередині циліндра, залишається чіткою і втрати виникають лише коли дана межа виходить за межі решета, що викликає різке виникнення втрат повноцінного зерна у відходи, що виражається на графіках у вигляді стрибка величини Π . Значення величини втрат при цьому складають $\Pi = 8 \dots 32\%$ для різних частот обертання. При збільшенні кута нахилу осі обертання α_B межа зернового шару стає нечіткою за рахунок зернівок, що котяться уздовж осі решета. Наявність цих зернин обумовлюється виникненням осьової сили, за рахунок якої частина зернівок виявляється відірваною від шару і не залученою в його рух. Такі зернівки рухаються уздовж осі обертання решета, здійснюючи хаотичні рухи, відскакуючи від краєвих отворів, в результаті чого вони не здатні проходити крізь решето і потрапляють у відходи. Кількість таких зернівок, що котяться, зростає в міру

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

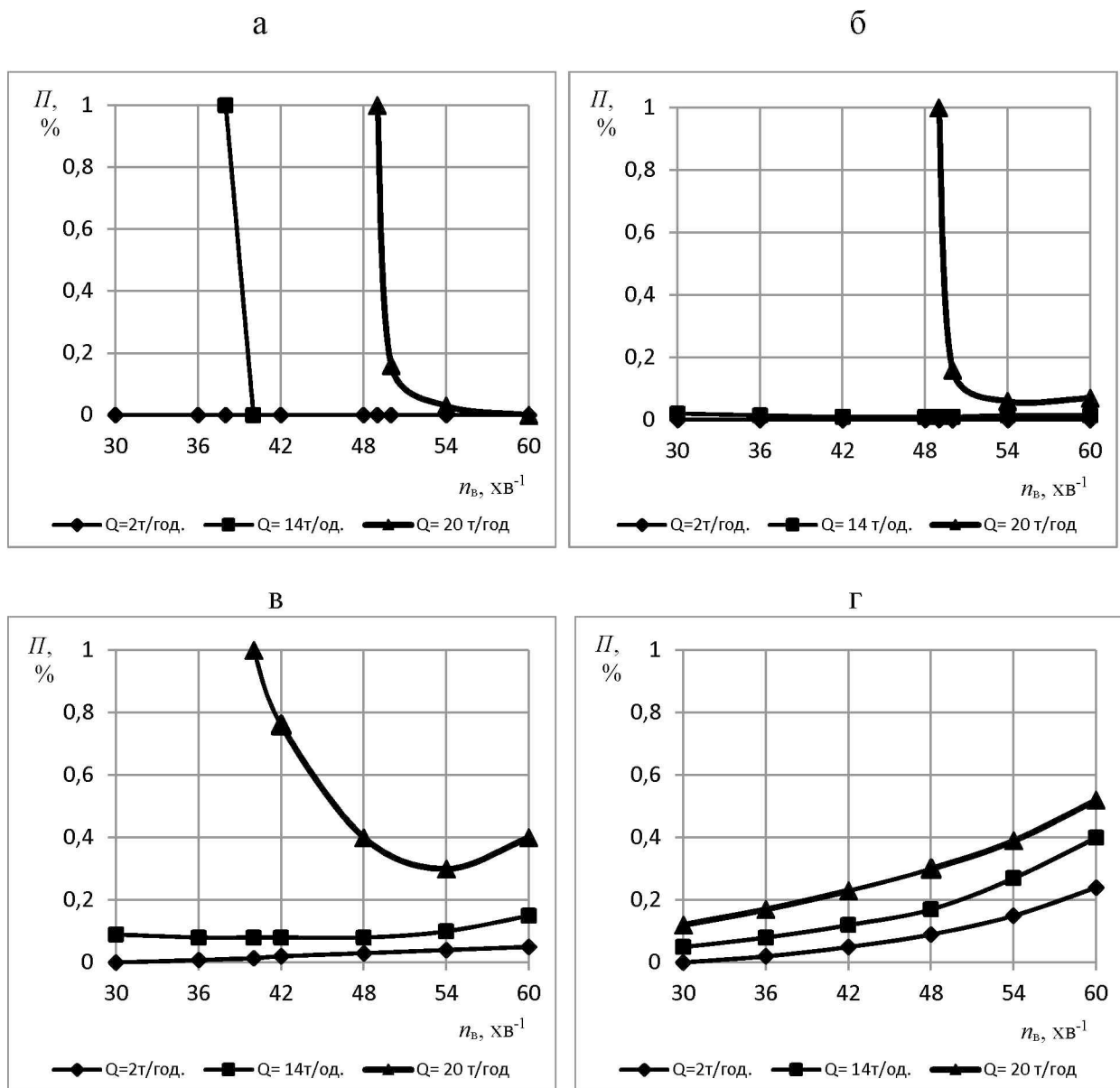
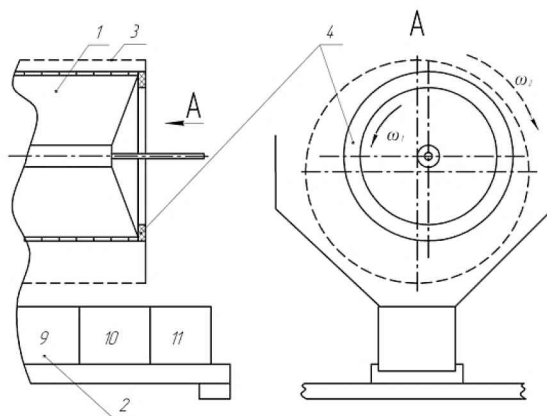


Рисунок 4.7 - Зміна втрат повноцінного зерна у відходи Π в залежності від частоти обертання решета n_0 для різних величин подачі матеріалу Q при різних кутах нахилу осі обертання решета: а – $\alpha_0 = 0^\circ$; б – $\alpha_0 = 1,5^\circ$; в – $\alpha_0 = 3,0^\circ$; г – $\alpha_0 = 4,5^\circ$

збільшення кута нахилу осі обертання α_0 і, як наслідок, криві починають зростати плавніше, а величина втрат повноцінного зерна у відходи Π при тих же частотах обертання приймає великі значення. Збільшення подачі матеріалу Q викликає пропорційне збільшення кількості зернівок, що котяться, і криві починають зростати плавно. Про те, що рухливий шар досяг межі решета, свідчить різке зростання кривої на всіх графіках.

З метою зниження втрат, викликаних попаданням зернівок, що котяться, у відходи, на циліндр в місці сходу матеріалу було встановлено обмежувальне кільце (рис. 4.8) і проведені експерименти з вивчення його впливу на кількість втрат повноцінного зерна у відходи. У процесі досліджень висота кільця приймала значення $h = 10 \dots 40$ мм. Як показали проведені експерименти, установка кільця не приносить позитивного результату в силу наступних обставин. Установка кільця призводить до скупчення матеріалу перед ним. Накопичившийся матеріал являє в цьому випадку суміш, основу якої складають великі домішки. Цей матеріал утворює рухливий шар і при виході крупної фракції відбувається винос зернівок разом з крупними домішками.



1 – внутрішнє решето; 2 - пробовідбірник; 3 - зовнішнє решето;
4 - обмежувальне кільце

Рисунок 4.8 - Схема установки обмежувального кільця

З метою більш повного опису характеру впливу таких чинників як частота обертання решета n_0 , кут нахилу осі обертання циліндра $\alpha_{\text{в}}$, подача матеріалу Q на показники роботи сепаратора, отримані результати представлені у вигляді ізоліній втрат повноцінного зерна у відходи Π та ізоліній енергоспоживання на виконання технологічного процесу очищення зерна від великих домішок E в координатах «частота обертання - кут нахилу» для різних подач матеріалу (рис. 4.9).

відсотка втрат $\Pi = 0,05$ (відповідно до технологічних вимог на виконання попереднього очищення) з одного боку, і ізоляцією з мінімальним енергоспоживанням з іншого боку. Ця зона показана на графіках штрихуванням. Таким чином, можна сказати, що для подачі матеріалу $Q = 8$ т/год. оптимальні робочі параметри складають: частота обертання $n_b = 38 \dots 45$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_0 = 1,5 \dots 4,0^\circ$. Для подачі матеріалу $Q = 14$ т/ год.: частота обертання $n_0 = 40 \dots 50$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_0 = 0 \dots 2,0^\circ$, для $Q = 20$ т/год.: частота обертання $n_0 = 58 \dots 60$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_0 = 0 \dots 1,0^\circ$.

Однак, як показали практичні дослідження, зафіксувати робочі параметри внутрішнього циліндра в зазначених точках проблематично, через те що зміна параметрів пропонованого матеріалу (вологість, подача) можуть змістити робочу точку в ту чи іншу сторону. Враховуючи що оптимальні точки, визначені вище, знаходяться досить близько до межі максимально допустимих втрат, необхідно забезпечити певний запас з метою зменшення впливу нерівномірностей параметрів оброблюваного матеріалу. У зв'язку з цим приймаємо компромісне рішення і наступні робочі параметри для всіх подач матеріалу Q : частота обертання $n_0 = 50 \dots 60$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_3 = 0 \dots 2,0^\circ$. Частота обертання $n_0 = 50 \dots 60$ хв⁻¹ і кут нахилу $\alpha_0 = 0 \dots 2^\circ$ для $Q = 8$ т/год. і $Q = 14$ т/год. були обрані виходячи з таких міркувань. При збільшенні частоти обертання внутрішнього циліндра від $n_0 = 30$ хв⁻¹ до $n_0 = 60$ хв⁻¹ споживання енергії на виконання технологічного процесу збільшується незначно, але при цьому робоча точка максимально віддаляється від ізоляції, що відповідає величині втрат $\Pi = 0,05\%$. Крім того, при такій частоті обертання при будь-якій величині подачі оброблюваного матеріалу в діапазоні від $Q = 8$ до $Q = 20$ т/год. межа зернового шару не виходить за межі внутрішнього циліндра, що важливо, з огляду на можливу нерівномірність подачі матеріалу Q на пунктах післязбиральної обробки зерна.

4.4 Результати дослідження зони випадання і характеру руху насіння, що пройшли крізь отвори внутрішнього циліндричного решета

Дослідження проводили при постійній ширині отворів решіт $b_1=b_2=3,8\text{мм}$ внутрішнього циліндра. В ході досліджень за допомогою перетворювача частоти змінювалася частота обертання циліндричного решета, яка приймала значення $n_B=30\dots60\text{ хв}^{-1}$. Кут нахилу осі обертання α_B не змінювався і становив від $\alpha_B = 0^\circ$, подача матеріалу в дослідах набирала значення $Q = 8\text{т/год}$. В результаті проведених досліджень були отримані дані, на основі яких побудовані графіки, що відображають залежність значень абсолютних швидкостей виходу зернівок з отвору V_A і кута β від кута $\alpha_{\text{вих}}$ при різній частоті обертання циліндра. Ці залежності представлені на рисунках 4.10 і 4.11. Прямі лінії на цих рисунках є результат лінійної апроксимації.

Як видно з графіків рисунка 4.10, частота обертання циліндра безпосередньо впливає на швидкість виходу зернівок з отворів решета і при збільшенні частоти обертання циліндра спостерігається збільшення значення швидкостей V_A . Із зростанням частоти обертання циліндра збільшується швидкість руху зернівок в рухомому шарі, який безпосередньо контактує з поверхнею решета, при цьому зростає абсолютна швидкість зернівок, які пройшли крізь його отвори. Зі збільшенням частоти обертання прямі лінійної апроксимації починають зміщуватися вгору. При цьому відстань від точок, отриманих в результаті дослідів, до прямих лінійної апроксимації залишається на всіх графіках приблизно однаковою, що підтверджується значенням величини коефіцієнта достовірності апроксимації R^2 , також представленого на графіках. З цього можна зробити висновок, що на значення величини швидкості впливає деякий постійно діючий фактор. Таким фактором є кут подачі матеріалу на поверхню решета α_0 , відлічуваний від нижнього кінця вертикальної осі в сторону, протилежну обертанню циліндра. Так як матеріал подавався всередину циліндра по похилій дошці, то відповідно кут α_0 приймав значення $\alpha_0 = -11^\circ \dots 41^\circ$ і в ході експерименту залишався незмінним.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

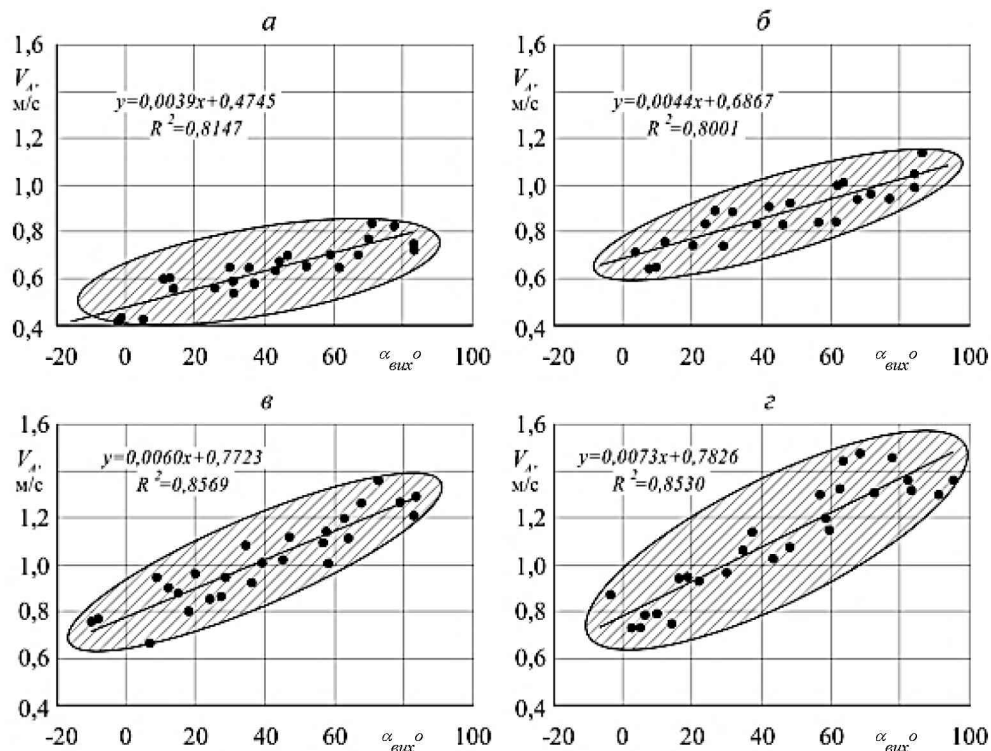


Рисунок 4.10 – Залежності значень абсолютних швидкостей виходу зернівок з отвору V_A від кута $\alpha_{\text{вих}}$: а - $n_{\text{об}}=30 \text{ хв}^{-1}$; б - $n_{\text{об}}=40 \text{ хв}^{-1}$; в - $n_{\text{об}}=0 \text{ хв}^{-1}$; г - $n_{\text{об}}=60 \text{ хв}^{-1}$

Дане явище пояснюється наступним чином. Зернівки, що потрапили на внутрішню поверхню циліндра при менших кутах α_0 , будуть завжди мати меншу швидкість виходу, так як час контакту з поверхнею решета, необхідний для розгону, у них буде меншим і відповідно вони не зможуть набрати швидкість вище певної величини.

Знаючи, що лінійна швидкість виходу зернівок з внутрішнього циліндра $V_{\text{вих}} = \Omega_{\text{в}} \cdot R_{\text{в}}$, були побудовані графіки залежності $V_{\text{вих}}$ від кута $\alpha_{\text{вих}}$ при різній частоті обертання циліндра (рис.Б.4, Б.5, табл. Б.1). На отримані графіки були накладені дані графіка 4.10 залежності значень абсолютних швидкостей виходу зернівок з отвору решета (рис. 4.11).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

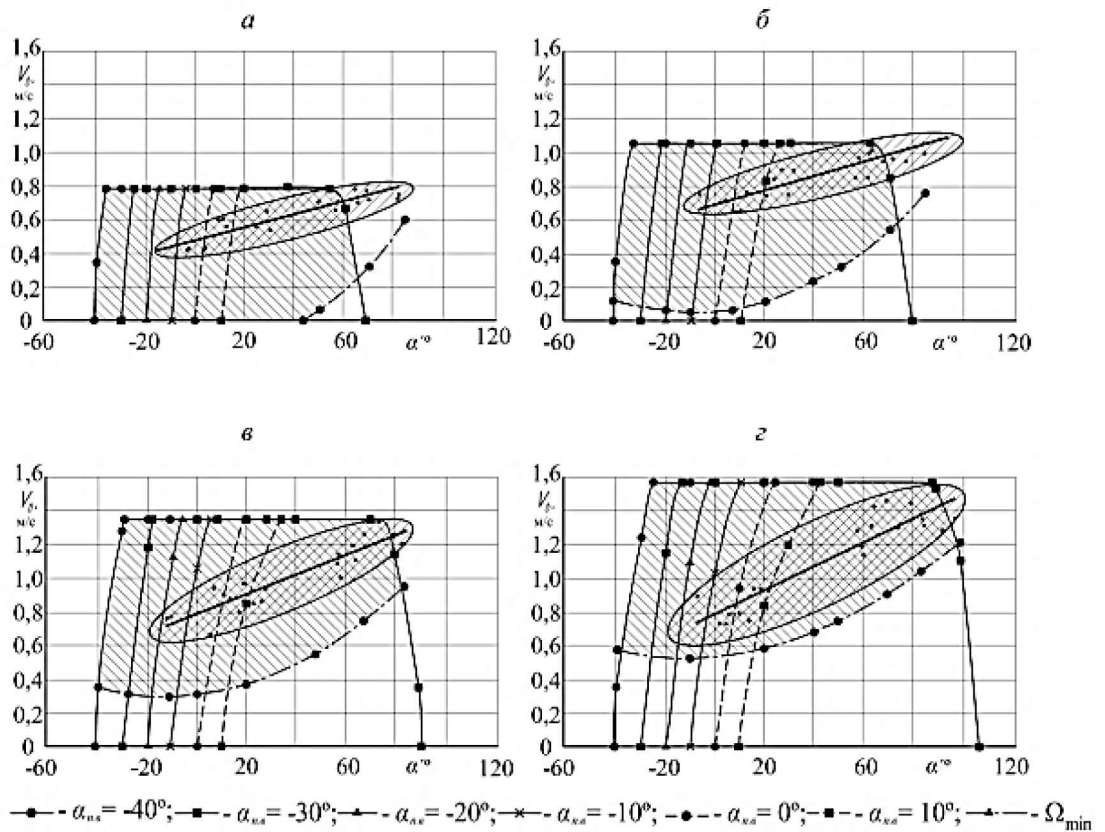


Рисунок 4.11 – Графіки зміни швидкостей зернівок на виході з решета:
 а - $n_B = 30 \text{ хв}^{-1}$; б - $n_B = 40 \text{ хв}^{-1}$; в - $n_B = 50 \text{ хв}^{-1}$; г - $n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$

Бачимо, що більшість точок, отриманих в результаті практичних досліджень, знаходиться в заштрихованій області графіків, тобто в області теоретично можливих швидкостей зернівок. Але є ряд точок, які виходять за межі заштрихованих областей. Дане явище пояснюється наступним чином. Практичні дослідження проводилися при однаковій подачі $Q = 8 \text{ т/год}$. При такій подачі всередині циліндра утворюється рухливий зерновий шар, який, розподіляючись по поверхні циліндра, збільшує зону випадання зернівок. Крім того, рухливий зерновий шар усереднює швидкість зернівок. Тому при частоті обертання $n_B = 30 \text{ хв}^{-1}$ поле швидкостей виявляється зміщеним вправо. При більш високих частотах обертання циліндра n_B пропускна здатність решета зростає, і вплив зернового шару зменшується (рис. 4.11), так як очищувальний матеріал накопичується менше і відповідно займає меншу площу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

З усього вищесказаного можна зробити висновок, що отримані дослідження можуть бути використані при визначенні параметрів зернівок, які пройшли крізь отвори циліндричного решета.

4.5 Дослідження впливу подачі матеріалу і частоти обертання зовнішнього циліндричного решета на повноту виділення дрібних домішок і споживання енергії на привід зовнішнього циліндра

Характер впливу частоти обертання n_3 зовнішнього циліндра на величину коефіцієнта K виділення дрібних домішок зовнішнім решетом досліджувався при куті нахилу осі обертання зовнішнього циліндричного решета $\alpha_3 = 1^\circ$. Досліди були проведені при різній подачі оброблюваного матеріалу $Q = 8 \dots 20$ т/год. Після обробки результатів дослідів були отримані залежності величини коефіцієнта K від частоти обертання n_3 для різних величин подачі оброблюваного матеріалу Q . При $Q=8$ т/год. зміна величини K підпорядковується залежності:

$$K = -0,0015n_3^3 + 0,1956n_3^2 - 7,7054n_3 + 140,64 \quad (4.1)$$

і величина достовірності апроксимації становить при цьому $R^2 = 0,98$, при $Q = 14$ т/год.

$$K = -0,0015n_3^3 + 0,1868n_3^2 - 6,1507n_3 + 79,748 \quad (34.2)$$

при величині достовірності апроксимації $R^2 = 0,99$, при $Q = 20$ т/год.

$$K = -0,0015n_3^3 + 0,3517n_3^2 - 12,442n_3 + 134,47 \quad (4.3)$$

при величині $R^2 = 0,98$.

Графічна інтерпретація отриманих залежностей представлена на рисунку 4.12а. Аналіз отриманих результатів показує, що зі збільшенням подачі Q оброблюваного матеріалу, повнота виділення дрібних домішок зменшується. Про це свідчить більш низьке положення на графіку кривих залежності величини коефіцієнта повноти виділення K , відповідних більш високій подачі матеріалу Q . Це відбувається тому, що при великих величинах подачі Q

знову ж призводить до того, що одні й ті ж частинки меншу кількість разів контактують з поверхнею решета і умови проходження дрібних домішок крізь отвори решета погіршуються. Зі збільшенням частоти обертання n_3 збільшується швидкість руху зернового шару, через що матеріал менше накопичується всередині циліндра і повнота виділення збільшується. Але при збільшенні частоти обертання n_3 понад 56 хв^{-1} повнота виділення починає знижуватися, так як оброблений матеріал починає сходити з поверхні внутрішнього решета занадто швидко. В результаті цього час контакту частинок зернового шару з поверхнею решета скорочується, що негативно впливає на умови проходження дрібних домішок крізь отвори решета і призводить до зниження величини коефіцієнта K повноти виділення дрібних домішок.

В результаті проведених досліджень впливу частоти обертання n_3 зовнішнього циліндра на величину енергоспоживання E на виконання технологічного процесу очищення зерна від дрібних домішок були отримані дані, після обробки яких визначені залежності величини енергоспоживання E від частоти обертання n_3 . При $Q = 8 \text{ т/год.}$ зміна величини E підпорядковується залежності:

$$E = 0,3348n_3^2 - 30,643n_3 + 1088,6 \quad (4.4)$$

і величина достовірності апроксимації становить при цьому $R^2 = 0,95$, при $Q = 14 \text{ т/год.}$

$$E = 0,318n_3^2 - 25,473n_3 + 1061,1 \quad (4.5)$$

при величині достовірності апроксимації $R^2 = 0,98$, при $Q = 20 \text{ т/год.}$

$$E = 0,3013n_3^2 - 19,554n_3 + 1090,7 \quad (4.6)$$

при величині $R^2 = 0,98$.

Графічна інтерпретація отриманих залежностей представлена на рисунку 4.15б.

Аналізуючи отримані результати дослідів, видно, що з збільшенням подачі Q оброблюваного матеріалу збільшується споживання енергії на виконання технологічного процесу очищення. Про збільшення

енергоспоживання свідчить те, що криві зміни величини енергоспоживання E зі збільшенням Q на графіку займають більш високе положення. Пов'язано це з тим, що при великих подачах всередині циліндра накопичується більша кількість оброблюваного матеріалу, і енергії на його обертання потрібно більше. Крім цього при подачах $Q = 8$ і $Q = 14$ т/год. спостерігається наступне явище. Зі збільшенням частоти обертання n_3 зовнішнього циліндра спочатку спостерігається деяке зниження величини енергоспоживання E до мінімального екстремуму. Подальше збільшення частоти обертання n_3 призводить до збільшення величини E . При подачі $Q = 20$ т/год. таке явище не спостерігається. Відбувається це тому, що при подачі Q менше 20 т/год. на низьких частотах обертання зерновий шар малорухомий і сходиться з решета повільніше, тому накопичується, що призводить до збільшення споживання енергії на його перемішування. Зі збільшенням частоти обертання n_3 зовнішнього циліндра шар стає більш рухливим, що збільшує швидкість руху решета в поздовжньому напрямку і, відповідно призводить до зниження витрат енергії на перемішування і обертання зернового шару. При подальшому збільшенні частоти обертання n_3 кількість оброблюваного матеріалу, що знаходиться всередині циліндра, змінюється незначно, а витрати енергії на обертання і перемішування шару превалюють над зниженням енергоспоживання за рахунок зменшення об'єму матеріалу, що знаходиться в циліндрі, тому споживання енергії E на виконання технологічного процесу очищення зерна від дрібних домішок збільшується. При подачі $Q = 20$ т/год. об'єм матеріалу, що знаходиться в циліндрі, зі зміною частоти n_3 змінюється незначно, тому її збільшення n_3 призводить тільки до зростання енергоспоживання E .

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6 Дослідження подачі матеріалу і кута нахилу зовнішнього циліндричного решета на повноту виділення дрібних домішок і споживання енергії на привід зовнішнього циліндра

Характер впливу кута нахилу α_3 зовнішнього циліндра на величину коефіцієнта K повноти виділення дрібних домішок зовнішнім решетом досліджувався при постійній частоті обертання зовнішнього циліндричного решета $n_3 = 48 \text{ хв}^{-1}$. Досліди були проведені при різній подачі оброблюваного матеріалу $Q = 8 \dots 20 \text{ т/год}$. Після обробки результатів дослідів були отримані залежності величини коефіцієнта K від кута нахилу α_3 для різних величин подачі оброблюваного матеріалу Q . При $Q = 8 \text{ т/год}$ зміна величини K підпорядковується наступній залежності:

$$K = -5,9673\alpha_3^2 + 41,057\alpha_3 + 8,212 \quad (4.7)$$

і величина достовірності апроксимації становить при цьому $R^2 = 0,9856$, при $Q = 14 \text{ т/год}$.

$$K = -8,0239\alpha_3^2 + 51,223\alpha_3 - 16,245 \quad (4.8)$$

при величині достовірності апроксимації $R^2 = 0,98$, при $Q = 20 \text{ т/год}$.

$$K = -5,2422\alpha_3^2 + 33,298\alpha_3 - 2,6613 \quad (4.9)$$

при величині $R^2 = 0,98$.

Графічна інтерпретація отриманих залежностей представлена на рисунку 3.13а.

Аналізуючи результати проведених досліджень, бачимо, що вплив подачі Q оброблюваного матеріалу на повноту виділення дрібних домішок K і величину енергоспоживання E зберігає свій характер. Вплив кута нахилу α_3 зовнішнього циліндра на значення повноти виділення домішок E однаково при всіх подачах оброблюваного матеріалу Q і при збільшенні α_3 від $1,5^\circ$ до $3,0^\circ$ призводить до зростання величини повноти виділення дрібних домішок K на всіх кривих. Дане явище пояснюється тим, що при малих кутах нахилу оброблюваний матеріал, що знаходиться всередині циліндра, сходить з його поверхні повільно, том матеріал накопичується і зерновий шар стає менш рухливим, що погіршує умови проходження частинок крізь отвори решета.

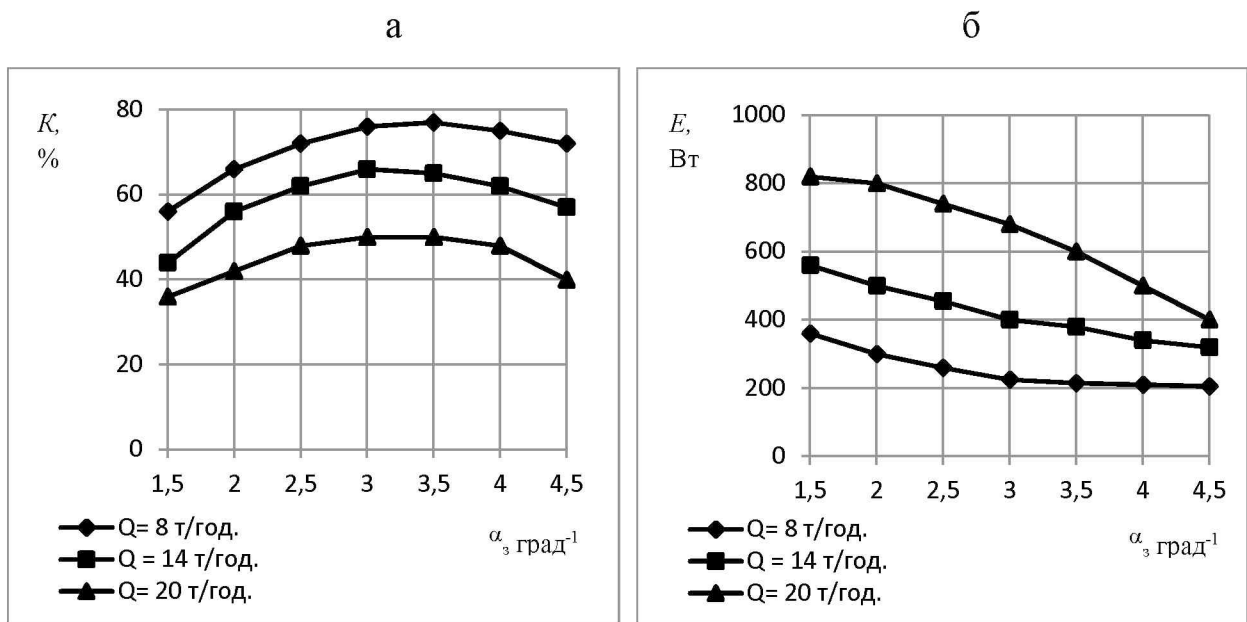


Рисунок 4.13 - Вплив кута нахилу α_3 зовнішнього циліндра на показники його роботи при різній подачі Q оброблюваного матеріалу: а) вплив на величину коефіцієнта K повноти виділення дрібних домішок; б) вплив на величину енергоспоживання E на виконання технологічного процесу очищення зерна від дрібних домішок

При збільшенні кута нахилу α_3 швидкість сходу матеріалу зростає, зерновий шар стає більш рухливим, умови проходження частинок поліпшуються, і повнота виділення дрібних домішок зростає. Але збільшення кута нахилу α_3 понад $3,5^\circ$ призводить до погіршення повноти виділення, про що свідчить зменшення величини коефіцієнта K , що виявляється однаково на всіх кривих, що відповідають різним подачам Q оброблюваного матеріалу. Відбувається це тому, що швидкість сходу матеріалу з поверхні решета внутрішнього циліндра зростає настільки, що час контакту частинок суміші значно зменшується, через що вони не встигають пройти крізь отвори решета і, як наслідок, величина коефіцієнта повноти виділення E знижується.

В результаті проведених досліджень впливу кута нахилу α_3 зовнішнього циліндра на величину енергоспоживання E на виконання технологічного процесу очищення зерна від дрібних домішок були отримані дані, після

обробки яких визначені залежності величини енергоспоживання E від кута нахилу α_3 . При $Q = 8$ т/год. зміна величини E підпорядковується залежності

$$E = 23,333\alpha_3^2 - 195\alpha_3 + 615 \quad (4.10)$$

і величина достовірності апроксимації становить при цьому $R^2 = 0,98$, при $Q = 14$ т/год.

$$E = 16,667\alpha_3^2 - 185\alpha_3 + 810 \quad (4.11)$$

при величині достовірності апроксимації $R^2 = 0,98$, при $Q = 20$ т/год.

$$E = -20\alpha_3^2 - 20\alpha_3 + 915 \quad (4.12)$$

при величині $R^2 = 0,97$.

Графічна інтерпретація отриманих залежностей представлена на рисунку 3.14б.

Аналізуючи отримані результати дослідів, бачимо, що збільшення кута нахилу α_3 зовнішнього циліндра призводить до зменшення значення величини енергоспоживання E при всіх значеннях подачі оброблюваного матеріалу Q . Це пов'язано з тим, що збільшення кута нахилу α_3 сприяє більш швидкому переміщенню оброблюваного матеріалу до виходу з решета. В результаті цього в циліндрі одночасно перебуває менша його кількість, що зменшує витрати енергії на обертання і перемішування зернового шару, а зміна величини енергоспоживання E на виконання технологічного процесу очищення від дрібних домішок носить регресійний характер.

4.7 Дослідження впливу подачі матеріалу і частоти обертання внутрішнього циліндричного решета на повноту виділення дрібних домішок зовнішнім решетом і споживання енергії на привід внутрішнього циліндра

Характер впливу частоти обертання n_b внутрішнього циліндра на величину коефіцієнта K повноти виділення дрібних домішок зовнішнім решетом досліджувався при куті нахилу осі обертання зовнішнього циліндричного решета $\alpha_3=3,0^\circ$ і при постійній частоті його обертання $n_3=56\text{хв}^{-1}$. Досліди проведені при різній подачі оброблюваного матеріалу $Q = 8...20$ т/год. Після обробки результатів дослідів були отримані залежності величини

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнта K від частоти обертання n_b для різних величин подачі оброблюваного матеріалу. При $Q = 8$ т/год. зміна величини K підпорядковується залежності:

$$K = -0,04n_b^2 + 5,53n_b - 108,3 \quad (4.13)$$

і величина достовірності апроксимації становить при цьому $R^2 = 0,97$, при $Q = 14$ т/год.

$$K = -0,31n_b^2 + 4,33n_b - 78 \quad (4.14)$$

при величині достовірності апроксимації $R^2 = 0,98$, при $Q = 20$ т/год.

$$K = -0,31\alpha_3^2 + 4,33\alpha_3 - 96 \quad (4.15)$$

при величині $R^2 = 0,98$.

Графічна інтерпретація отриманих залежностей представлена на рисунку 4.15а.

Аналізуючи отримані дані, бачимо, що збільшення частоти обертання n_b призводить до зростання повноти виділення дрібних домішок зовнішнім циліндричним решетою при всіх значеннях подачі Q оброблюваного матеріалу. Збільшення значення повноти виділення K пояснюється збільшенням площі взаємодії частинок матеріалу, що пройшли крізь отвори внутрішнього решета, з поверхнею зовнішнього решета. Як випливає з графіка рисунку 4.14а, при збільшенні частоти n_b понад 60 хв^{-1} зростання коефіцієнта K повноти виділення дрібних домішок стає менш інтенсивним, не дивлячись на збільшення площі взаємодії.

Відбувається це тому, що зона взаємодії при збільшенні n_b розширюється в бік обертання внутрішнього решета і в підсумку заходить в I квадрант зовнішнього решета, де ефективність виділення дрібних домішок низька, так як складова сили тяжіння частинок, спрямована вниз, починає переважати над силою, що притискає їх до поверхні зовнішнього решета, через що умови проходження частинок крізь отвори решета погіршуються. Зростання величини коефіцієнта K в цьому випадку обумовлюється тим, що збільшується кількість взаємодії в одиницю часу зернового шару з однією і тою ж ділянкою циліндра і тому кількість зернівок, які пройшли крізь отвори внутрішнього решета, збільшується.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

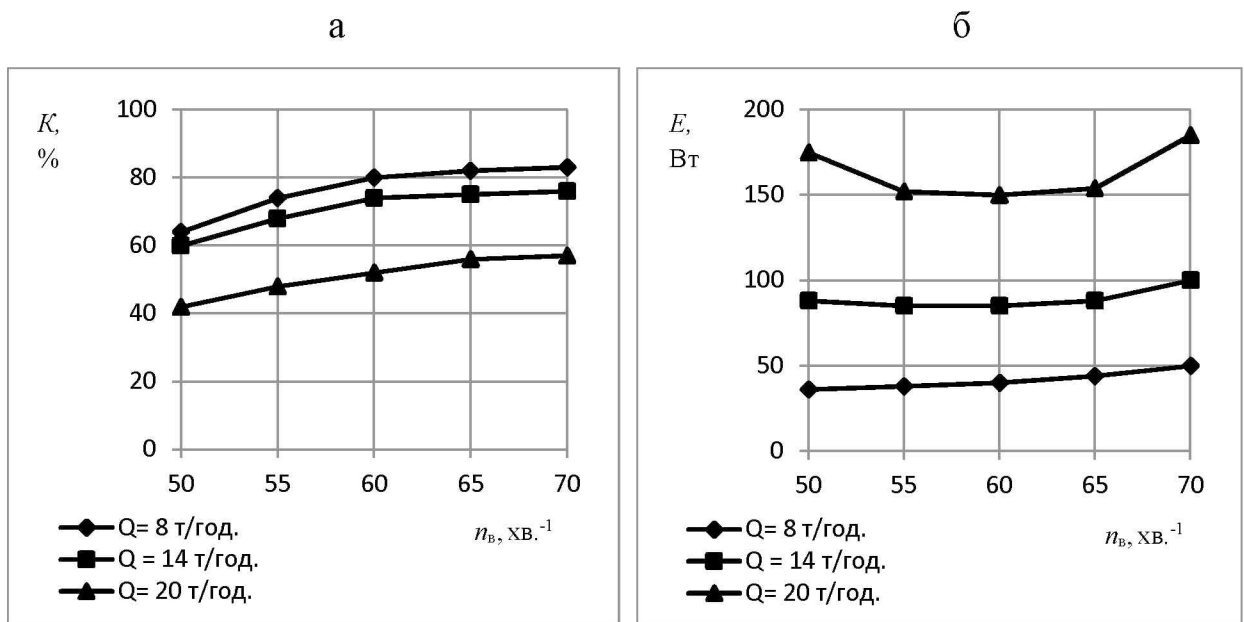


Рисунок 4.14 - Вплив частоти обертання n_b внутрішнього циліндричного решета на показники його роботи при різній подачі Q оброблюваного матеріалу: а) вплив на величину коефіцієнта K повноти виділення дрібних домішок; б) вплив на величину енергоспоживання E на виконання технологічного процесу очищення зерна від крупних домішок

В результаті проведених досліджень впливу частоти обертання n_b внутрішнього циліндра на величину енергоспоживання E на виконання технологічного процесу очищення зерна від великих домішок були отримані дані, після обробки яких визначені залежності величини енергоспоживання E від частоти обертання n_b . При $Q = 8$ т/од. зміна величини E підпорядковується залежності:

$$E = 0,015n_b^2 - 1,05n_b + 51 \quad (4.16)$$

і величина достовірності апроксимації становить при цьому $R^2 = 0,98$, при $Q = 14$ т/год.

$$E = 0,05n_b^2 - 5,8n_b + 255 \quad (4.17)$$

при величині достовірності апроксимації $R^2 = 0,99$, при $Q = 20$ т/год.

$$E = 2831\alpha_3^2 - 33,45\alpha_3 + 1134 \quad (4.18)$$

при величині $R^2 = 0,98$.

Графічна інтерпретація отриманих залежностей представлена на рисунку 4.15б.

Аналізуючи отримані результати дослідів, бачимо, що збільшення подачі Q оброблюваного матеріалу призводить, як і в попередніх експериментах, до збільшення споживання енергії на виконання технологічного процесу очищення, про що свідчить те, що криві зміни величини енергоспоживання E зі збільшенням Q на графіку займають більш високе положення. Крім цього бачимо, що при величині подачі оброблюваного матеріалу понад $Q = 8$ т/год. спостерігається наступне явище. Зі збільшенням частоти обертання n_b внутрішнього циліндра спочатку спостерігається деяке зниження величини енергоспоживання E до мінімального екстремуму. Подальше збільшення частоти обертання n_b призводить до збільшення величини E . При подачі $Q = 8$ т/год. таке явище не спостерігається.

Відбувається це тому, що при подачі Q більш 8 т/год. на низьких частотах обертання зерновий шар стає малорухомий і проходить крізь отвори решета повільніше, тому накопичується, що призводить до збільшення споживання енергії на його перемішування. Зі збільшенням частоти обертання n_b внутрішнього циліндра шар стає більш рухливим, що збільшує швидкість відносного руху зернівок і решета, через що кількість матеріалу, що знаходиться на його поверхні, зменшується і, відповідно знижуються витрати енергії на перемішування і обертання зернового шару. Подальше збільшення частоти обертання n_b призводить до зростання відцентрової сили, що притискує рухливий шар до поверхні решета настільки, що починає утворюватися кільцевої шар і за рахунок цього знижується його рухливість, що призводить до збільшення витрат енергії на обертання, тому споживання енергії E на виконання технологічного процесу очищення зерна від великих домішок збільшується. При подачі $Q = 8$ т/год. об'єм матеріалу, що знаходиться в циліндрі, незначний, тому збільшення n_b призводить тільки до зростання енергоспоживання E .

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після обробки результатів були отримані математичні моделі регресійного аналізу процесу сепарації зернового матеріалу, адекватність яких становить 95% за F -критерієм Фішера [4]:

$$K = 376,85 + 32,425x_2 + 5,80333x_3 - 2,85x_1^2 - 0,25x_1x_2 + 0,015x_1x_3 - 0,0739583x_2^2 + 0,00291667x_2x_3 - 0,0445x_3^2, \quad (4.19)$$

$$E = 3097,5 - 76,625x_1 - 86,0312x_2 - 21,3x_3 - 3,375x_1^2 + 1,0625x_1x_2 + 0,882812x_2^2 + 0,18375x_3^2. \quad (4.20)$$

Після виключення з отриманих математичних моделей (4.19) та (4.20) незначущих коефіцієнтів регресії та перерахунку залишкових коефіцієнтів вони матимуть вид:

$$K = 388,65 + 33,325x_1 + 8,32708x_2 + 6,0x_3 - 2,85x_1^2 - 0,25x_1x_2 - 0,0739583x_2^2 - 0,0445x_3^2, \quad (4.21)$$

$$E = 3140,02 - 96,875x_1 - 86,2188x_2 - 21,6115x_3 + 1,0625x_1x_2 + 0,882812x_2^2 + 0,18375x_3^2. \quad (4.22)$$

Аналіз математичних моделей (4.21) та (4.22) проводили за допомогою накладання двовимірних перерізів поверхонь відгуку (рис.Б.6).

За допомогою отриманих моделей регресії було визначено максимальне значення величини повноти виділення дрібних домішок K і мінімальне значення величини енергоспоживання E . Відповідно до моделі (4.21) максимальне значення величини повноти виділення дрібних домішок $K = 83,1\%$ досягається при таких поєднаннях рівнів факторів: $x_1 = 0,53$ ($\alpha_3 = 3,7^\circ$); $x_2 = 0,55$ ($n_3 = 50,3 \text{ хв}^{-1}$); $x_3 = 0,75$ ($n_b = 67,5 \text{ хв}^{-1}$).

Однак проведені дослідження показали, що перевищення частоти обертання внутрішнього циліндра понад $n_b = 60 \text{ хв}^{-1}$ призводить до погіршення якості його роботи і збільшення втрат повноцінного зерна у відходи ($\Pi = 2,3\%$). У зв'язку з цим було прийнято компромісне рішення і визначено наступне раціональне поєднання значень досліджуваних факторів: $x_1 = 1$ ($\alpha_3 = 4^\circ$); $x_2 = -0,17$ ($n_3 = 50 \text{ хв}^{-1}$); $x_3 = 0$ ($n_b = 60 \text{ хв}^{-1}$). При цьому досягається значення величини коефіцієнта повноти виділення дрібних домішок $K = 80,3\%$, величина енергоспоживання на виконання технологічного процесу $E = 239 \text{ Вт}$.

Перевірка достовірності отриманих даних результатів планування підтверджує достовірність результатів досліджень, а також їх адекватність.

Матриця плану експерименту при подачі $Q = 14$ т/год. і значення критеріїв оптимізації для неї наведені в таблиці Б.3.

Після обробки результатів досліджень для $Q = 14$ т/год. були отримані математичні моделі регресійного аналізу з адекватність 95%:

$$K = -522,424 + 34,3833x_1 + 12,9274x_2 + 6,08375 x_3 - 2,9375x_1^2 - 0,233333x_1x_2 - 0,117101x_2^2 - 0,001875x_2x_3 - 0,044125x_3^2, \quad (4.22)$$

$$E = 1922,675 - 93,825x_1 - 39,6771x_2 - 12,55x_3 + 4,875 x_1^2 - 0,0625x_1x_2 + 0,471354x_2^2 + 0,10625x_3^2. \quad (4.23)$$

Після виключення з отриманих математичних моделей (4.22) та (4.23) незначущих коефіцієнтів регресії та перерахунку залишкових коефіцієнтів вони матимуть вид:

$$K = -516,278 + 33,1833x_1 + 12,8785x_2 + 5,92625 x_3 - 2,9375x_1^2 - 0,233333x_1x_2 - 0,117101x_2^2 - 0,044125x_3^2, \quad (4.24)$$

$$E = 1506,11 - 67,875x_1 - 39,065x_2 + 0,463666x_2^2. \quad (4.25)$$

Аналіз математичних моделей (4.24) та (4.25) проводили за допомогою накладання двовимірних перерізів поверхонь відгуку (рис.Б.7).

За допомогою отриманих моделей регресії було визначено максимальне значення величини повноти виділення дрібних домішок K і мінімальне значення величини енергоспоживання E . Відповідно до моделі (4.24) максимальне значення величини повноти виділення дрібних домішок $K = 73,5\%$ досягається при таких поєднаннях рівнів факторів: $x_1 = 0,6$ ($\alpha_3 = 3,6^\circ$); $x_2 = -0,08$ ($n_3 = 51,1 \text{ хв}^{-1}$); $x_3 = 0,7$ ($n_B = 67,0 \text{ хв}^{-1}$).

В ході дослідження з'ясувалося, що перевищення частоти обертання внутрішнього циліндра понад $n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$ призводить до погіршення якості його роботи і збільшення втрат повноцінного зерна у відходи ($\Pi = 8,1\%$). В зв'язку з цим було прийнято наступне раціональне поєднання значень досліджуваних факторів: $x_1 = 1$ ($\alpha_3 = 4^\circ$); $x_2 = 0$ ($n_3 = 52 \text{ хв}^{-1}$); $x_3 = 0$ ($n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$).

При цьому досягається значення величини коефіцієнта повноти виділення дрібних домішок $K = 70,7\%$, а величина енергоспоживання на виконання технологічного процесу $E = 453$ Вт.

Перевірка достовірності отриманих даних результатів планування підтверджує достовірність результатів досліджень, а також їх адекватність.

Матриця плану експерименту при подачі $Q = 20$ т/год. і значення критеріїв оптимізації для неї наведені в **таблиці Б.4**.

Після обробки результатів досліджень для $Q = 20$ т/год. були отримані математичні моделі регресійного аналізу з адекватністю 95%:

$$K = -511,265 + 22,3083x_1 + 12,6358x_2 + 5,71125x_3 - 1,8125x_1^2 - 0,183333x_1x_2 + 0,005x_1x_3 - 0,113455x_2^2 - 0,000625x_2x_3 - 0,042875x_3^2, \quad (3.26)$$

$$E = 1922,675 - 93,825x_1 - 39,6771x_2 - 12,55x_3 + 4,875x_1^2 - 0,0625x_1x_2 + 0,471354x_2^2 + 0,10625x_3^2. \quad (4.27)$$

Після виключення з отриманих математичних моделей (4.26) та (4.27) незначущих коефіцієнтів регресії та перерахунку залишкових коефіцієнтів вони матимуть вид:

$$K = -514,115 + 22,6083x_1 + 12,6733x_2 + 5,75875x_3 - 1,8125x_1^2 - 0,183333x_1x_2 - 0,113455x_2^2 - 0,042875x_3^2, \quad (4.28)$$

$$E = 748,4 - 187,875x_1 + 12,2813x_2. \quad (4.29)$$

Аналіз математичних моделей (3.28) та (3.29) проводили за допомогою накладання двовимірних перерізів поверхонь відгуку (**рис. Б.8**).

За допомогою отриманих моделей регресії було визначено максимальне значення величини повноти виділення дрібних домішок K і мінімальне значення величини енергоспоживання E . Відповідно до моделі (4.28) максимальне значення величини повноти виділення дрібних домішок $K = 53,0\%$ досягається при таких поєднаннях рівнів факторів: $x_1 = 0,6$ ($\alpha_3 = 3,6^\circ$); $x_2 = 0,08$ ($n_3 = 53,0$ хв⁻¹); $x_3 = 0,7$ ($n_b = 67,2$ хв⁻¹).

Перевищення частоти обертання внутрішнього циліндра понад $n_b = 60$ хв⁻¹ також як і в попередніх дослідах призвело до погіршення якості роботи внутрішнього циліндра та збільшенню втрат повноцінного зерна у відходи

($\Pi = 5,8\%$). В зв'язку з цим було прийнято наступне раціональне поєднання значень досліджуваних факторів: $x_1 = 1$ ($\alpha_3 = 4^\circ$); при $x_2 = 0$ ($n_3 = 53 \text{ хв}^{-1}$); при $x_3 = 0$ ($n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$). При цьому досягається значення величини коефіцієнта повноти виділення дрібних домішок $K = 52,6\%$, а величина енергоспоживання на виконання технологічного процесу $E = 648 \text{ Вт}$.

Перевірка достовірності отриманих даних результатів планування підтверджує достовірність результатів досліджень, а також їх адекватність.

Таким чином, проведені дослідження дозволили визначити оптимальне поєднання параметрів і режимів роботи сепаратора для різних величин подачі Q оброблюваного матеріалу, що впливають на величину повноти виділення дрібних домішок K і споживання енергії E . Для $Q = 8 \text{ т/год}$. оптимальним є поєднання: $\alpha_3 = 4^\circ$; $n_3 = 50 \text{ хв}^{-1}$; $n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$. Для $Q = 14 \text{ т/год}$. оптимальним є поєднання: $\alpha_3 = 4^\circ$; $n_3 = 52 \text{ хв}^{-1}$; $n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$. Для $Q = 20 \text{ т / год}$. оптимальним є поєднання: $\alpha_3 = 4^\circ$; $n_3 = 53 \text{ хв}^{-1}$; $n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$. З огляду на те, що різниця в оптимальних поєднаннях параметрів і режимів роботи сепаратора для різних подач Q є незначною і коливається в інтервалах: $\alpha_3 = 3 \dots 4^\circ$; $n_3 = 50 \dots 53 \text{ хв}^{-1}$; $n_B = 50 \dots 60 \text{ хв}^{-1}$, приймаємо компромісне рішення і вибираємо однакове для всіх подач Q поєднання режимів роботи сепаратора $\alpha_3 = 4^\circ$; $n_3 = 52 \text{ хв}^{-1}$; $n_B = 60 \text{ хв}^{-1}$.

Висновки.

1. Зміна параметрів роботи циліндра, таких як частота обертання n_B , подача матеріалу Q , кут нахилу його осі обертання α_B не впливає суттєво на математичне очікування товщини насіння по довжині решета. За допомогою установки на циліндр решіт, що мають різні розміри отворів, можна домогтися більш значної зміни величини математичного очікування, ніж за рахунок зміни параметрів роботи, однак при роботі циліндра відбувається інтенсивне забивання отворів решіт $B1$ частинками, що мають розмір приблизно рівний розміру отворів, що погіршує умови проходження зернівок крізь отвори решета. Тому застосування даної схеми розташування решіт недоцільно в силу описаних вище особливостей.

2. Проведено дослідження впливу параметрів і режимів роботи внутрішнього циліндричного решета на втрати повноцінного зерна у відходи і споживання енергії на привід внутрішнього циліндра. В результаті для внутрішнього циліндричного решета визначені оптимальні робочі параметри при різних подачах матеріалу: для $Q = 8$ т/год. оптимальні робочі параметри складають: частота обертання $n_B = 38$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_B = 3,0^\circ$. Для подачі матеріалу $Q = 14$ т/год. частота обертання $n_B = 45$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_B = 2,0^\circ$, для $Q = 20$ т/год. частота обертання $n_B = 60$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_B = 1,0^\circ$.

3. Проведені дослідження дозволили визначити оптимальне поєднання параметрів і режимів роботи сепаратора для різних величин подачі Q оброблюваного матеріалу, що впливають на величину повноти виділення дрібних домішок K і споживання енергії E . Для $Q = 8$ т/год. оптимальним є поєднання: $\alpha_3 = 4^\circ$; $n_3 = 50$ хв⁻¹; $n_B = 60$ хв⁻¹. Для $Q = 14$ т/год. оптимальним є поєднання: $\alpha_3 = 4^\circ$; $n_3 = 52$ хв⁻¹; $n_B = 60$ хв⁻¹. Для $Q = 20$ т / год. оптимальним є поєднання: $\alpha_3 = 4^\circ$; $n_3 = 53$ хв⁻¹; $n_B = 60$ хв⁻¹. З огляду на те, що різниця в оптимальних поєднаннях параметрів і режимів роботи сепаратора для різних подач Q є незначною, прийняте компромісне рішення і вибране однакове для всіх подач Q поєднання режимів роботи сепаратора: $\alpha_3 = 3 \dots 4^\circ$; $n_3 = 50 \dots 53$ хв⁻¹; $n_B = 50 \dots 60$ хв⁻¹.

5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

Запропонований сепаратор зернового матеріалу, що забезпечує виділення крупних і дрібних домішок із зернової суміші при високій пропускну здатності, задовольняє агротехнічним вимогам, що пред'являються до машин попередньої і первинного очищення зернового матеріалу. Пропонується використання в технологічній лінії зерноочисно-сушильного комплексу.

5.1 Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенню умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці [].

В роботі проводилися дослідження сепаратора зернового матеріалу. Розглянемо технічний регламент післязбиральної обробки зернового матеріалу [12].

Вимоги безпеки під час виконання робіт

Для машиністів (операторів) зерноочисних і сортувальних машин і зерноавантажувачів:

- перед включенням машин переконайтесь, що поблизу машин відсутні люди і подайте звуковий сигнал;

- не працюйте зі знятими огороженнями пасових і ланцюгових передач трієрних циліндрів та інших обертових частин зерноочисних машин, муфт, блоків натяжних пристроїв, місць набігання полотен транспортерів на барабани, опорних роликів і роликів нижньої гілки стрічки в зонах робочих місць, а також рухомих частин машин і механізмів, що знаходяться в місцях, вільних для доступу;

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- усувайте пошкодження, проводьте очищення машини від зерна й домішок, мащення й регулювання тільки при виключеному рубильнику, відключеному штепсельному з'єднанні і зупиненій машині.

Під час обслуговування й очищення вузлів машин і електрообладнання, що знаходяться високо, користуйтеся розсувною або переносною драбиною з опорними наконечниками, що виключають можливість сковзання її по підлозі (землі, площадці тощо).

При переміщенні самопересувних машин не допускайте натягу живильного кабелю, а також наїзд на нього.

Під час зміни місця роботи зерноочисних і сортувальних машин, навантажувачів зерна та іншого пересувного обладнання від'єднуйте від силової шафи живильний кабель.

Очищайте решета спеціальною щіткою. Регулювання щіток проводьте тільки після зупинки машини.

При обслуговуванні решітних станів зерноочисних машин не ставайте на раму щіткового механізму.

Під час роботи зерноочисних машин зерно й відходи прибирайте зі скатних дощок і лотків спеціальними скребками з довгими ручками.

Не чистити руками осадові камери аспіраційних улаштувань через оглядові люки. Цю роботу виконуйте після повної зупинки машини.

Не допускайте накопичення пилу, відходів соломи, зернових решток і іншого сміття біля машин, в робочій зоні.

Для машиністів (операторів) під час обслуговування транспортерів для переміщення зерна:

- під час роботи транспортера не ставайте на раму машини, не відкривайте кришки люків кожуха;

- для очищення шнеку, що забився зерном, зупиніть машину і відкрийте кришки кожуха;

- переміщуйте транспортери по території току із швидкістю не більше 5км/год., уникаючи їх перекидання. Не знаходьтесь у цей час поруч із транспортером;

- при переміщенні транспортерів їхні поворотні скребкові частини встановлюйте паралельно ходовим колесам;

- під час переміщення транспортерів вручну не ставайте збоку.

Для машиністів (операторів) зерноочисних агрегатів, зерносушильних комплексів і пересувних зерносушарок:

- перед початком роботи зерносушарки переконайтесь в тому, що пуск її нікому не загрожує, подайте попереджувальний сигнал;

- в передпусковий момент пуску сушарок, які працюють на рідкому паливі, продуйте топку повітрям і слідкуйте за тим, щоб не було подачі палива до моменту запалювання свічок. Не допускайте розпалювання топки факелом. Не дотримання цих вимог може призвести до вибуху.

Для розпалювання топок зерносушарок, які працюють на твердому паливі, застосовуйте дерев'яні стружки, тріски, соломку, папір. Не застосовуйте легкозаймисті рідини. Запас твердого палива у приміщенні сушильного пункту не повинен перевищувати добової потреби.

Не залишайте без нагляду працююче обладнання зерносушильного пункту.

Під час роботи сушарки здійснюйте контроль за температурою зерна шляхом відбору проб через кожні дві години. При нагріванні зерна вище допустимих значень температури, знизьте температуру теплоносія.

Очищайте машини, обладнання, майданчики, робочі приміщення від пилу, зернових відходів і соломи не менше двох разів за зміну. Сміття й відходи відносьте у спеціально відведене місце, безпечно в пожежному відношенні.

Ремонт зерносушарок проводьте тільки після їхньої повної зупинки й охолодження нагрітих частин до температури, не вище 45° С

Під час знаходження працівника в зерносушильному апараті або в нижньому бункері щільно закрийте засувки для впускання й випускання зерна.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою попередження випадкового відкриття засувки або включення вентилятора на пускових улаштуваннях електродвигунів і на засувках вивісьте попереджувальні написи: «Не відкривати, працюють люди!», «Не включати, в сушильному відділенні працюють люди!».

При обслуговуванні топки, що працює на твердому паливі, для видалення шлаку з колосникової решітки користуйтеся різакми та іншими пристосуваннями, що забезпечують безпеку цих робіт. Шлак вигрібайте в металевий ящик із кришкою і після охолодження вивозьте із приміщення.

Для запобігання опіків не заливайте водою видалений з топки шлак. Під час обслуговування топки працюйте в захисних окулярах і рукавицях.

При технічному обслуговуванні зерносушарок усуньте тріщини й нещільності, щоб виключити можливість проникання топкових газів у виробничі приміщення.

Під час відкриття оглядових отворів знаходьтеся від них на віддалі витягнутої руки. Відкриття кришок оглядових отворів здійснюйте спеціальними гаками.

Не включайте машину в роботу якщо зняті захисні обладнання, несправні контрольно-вимірвальні прилади.

Не залишайте працюючу машину без нагляду.

Для працівників, які виконують ручні роботи під час доробки зерна:

- виконуйте вказівки тільки керівника робіт;
- не підгрібайте руками зерно до завантажувальних транспортерів зерноочисних і сортувальних машин, робочих органів навантажувачів, транспортерів тощо. Для роботи використовуйте тільки інструмент (лопати, граблі, совки);
- не переступайте через негороджені ланцюги скребкових завантажувальних транспортерів машин.

Не спускайтеся в бункери-накопичувачі, завальні ями (приймальні бункери) для розрівнювання зерна або зернових відходів, а також для відпочинку в них.

Очищення прямиків заглиблених норій з метою запобігання отруєння газами, що накопичуються в них, проводьте бригадою не менше 2 осіб під наглядом керівника робіт із використанням ЗІЗ, страхувального пояса і шнура.

Не виходьте на бурт зерна висотою більше 1,5 м і не переміщайтесь по ньому з метою запобігання попадання в сипуче середовище.

Виконання вимог безпеки сприяє зниженню травматизму до мінімуму.

5.2 Екологічна експертиза

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єкта [13].

Еколого-експертна оцінка зерноочисно-сушильного комплексу проводиться з метою:

- перевірки відповідності об'єкту вимогам чинного природоохоронного законодавства;
- визначення переліку можливих екологічних небезпечних факторів і зон впливів діяльності на навколишнє середовище;
- оцінки ступеня екологічної безпеки, достатності та ефективності екологічних обґрунтувань діяльності об'єкту з питань екології;
- оцінки ефективності, повноти і обґрунтувань заходів, що вживаються для охорони навколишнього природного середовища на об'єкті.

Забруднення навколишнього природного середовища, як правило, відбувається при аваріях.

З метою недопущення аварійних ситуацій передбачається ряд організаційно-технічних заходів, спрямованих на ліквідацію виниклої ситуації та недопущення забруднення навколишнього природного середовища.

Передбачаються такі природоохоронні заходи:

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- недопущення перевищення викидів розрахунково визначених концентрацій по основних забруднюючих речовинах в атмосферне повітря;
- недопущення використання обладнання з перевищенням у викиди відпрацьованих газів нормативно встановлених показників CO, CH, NO₂;
- реалізація заходів, з метою мінімізації викиду забруднюючих речовин до атмосферного повітря при впровадженні технологічних операцій;
- суворе дотримання технологічного регламенту;
- ведення технологічного процесу і обслуговування обладнання в суворій відповідності з керівництвом по експлуатації, проектною документацією, виробничими інструкціями, інструкціями з охорони праці, протипожежної і екологічної безпеки;
- вжити заходів щодо недопущення втрат сировини при транспортуванні автотранспортом на зерноочисний та зерносушарний комплекс;
- реалізація заходів щодо зниження пилоутворення під час впровадженні планової діяльності;
- наявність чіткого регламенту та необхідної кількості засобів на випадок виникнення необхідності оперативної ліквідації, у повному обсязі, з метою мінімізації можливого негативного впливу на оточуюче природне середовище, будь-якої аварійної ситуації;
- припинення будь-яких робіт при виникненні будь-яких нештатних ситуацій до приведення технологічного процесу до нормальних умов;
- організація спеціально відведених та відповідно обладнаних місць для тимчасового зберігання кожного окремого виду небезпечних відходів згідно з їх характеристикою небезпеки та відповідно до вимог діючих санітарно-гігієнічних норм і правил;
- виконання запланованих заходів з охорони та раціональному використанню водних ресурсів;
- використання сучасного технологічного обладнання для ведення технологічного процесу;

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	68
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- очищення пило-газоповітряної суміші за допомогою циклонів та сепаратора;
- оснащення газорозподільного обладнання скидними клапанами, запірною арматурою, контрольно-вимірювальною апаратурою та автоматикою, забезпечення мінімальної кількості фланцевих з'єднань на технологічних трубопроводах;
- вжиття заходів щодо зниження рівнів шуму;
- влаштування водонепроникного покриття на території проммайданчику та під'їзних автодоріг;
- відведення господарсько-побутових стічних вод в гідроізолюваний септик з подальшим вивезенням на очисні споруди комунального підприємства;
- використання труб для системи водопостачання й водовідведення із сучасних високоякісних матеріалів;
- реалізація заходів з виключення виникнення забруднення ґрунту;
- недопущення використання техніки з підтіканням ПММ;
- ремонтні роботи техніки, обладнання проводити у спеціально відведених місцях;
- стежити за герметичністю обшивки енергетичних установок, вибухових клапанів, зварних сполучень технологічних трубопроводів, регулярно усувати присоси повітря через обшивку установок, повітропроводів і газоходів;
- забезпечення проведення екологічного моніторингу за станом навколишнього природного середовища.

4.3 Економічна ефективність розробок

Як аналог для визначення економічної ефективності сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами був обраний мобільний очищувач зерна ОЗМ-20, який призначений для попереднього очищення зерна (пшениця, овес, ячмінь, кукурудза, насіння соняшнику та ін.) від дрібних і крупних домішок.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	69
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розрахунки проводили відповідно до методики [75, 76, 77]. В таблиці 5.1 представлені дані для розрахунку і визначення техніко-економічних показників порівнюваних машин.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності застосування сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами

Показники	Сепаратор зернового матеріалу	Очищувач зерна ОЗМ-20
Ціна оптова, грн.	36000	83000
Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень	0,15	0,15
Річне нормативне навантаження, т	6500	6500
Продуктивність в режимі попередньої очистки, т/год.	20	20
Маса машини, кг	210	460
Питоме енергоспоживання в режимі попередньої очистки, кВт·год/т	0,14	0,20
Закупівельна ціна одиниці продукції, грн/т	6000	6000
Кількість обслуговуючого персоналу, чел.	1	1
Годинна тарифна ставка механіка зерноочищувально-сушильного пункту, грн/т	28,4	28,4
Вартість електроенергії, грн/(кВт·год)	1,68	1,68
Норма амортизаційних відрахувань	11,1	11,1
Норма відрахувань на ремонт и технічне обслуговування	2,0	2,0

Використовуючи вихідні дані, приведені вище, був проведений розрахунок показників економічної ефективності від використання сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами в порівнянні з мобільним очищувачем зерна ОЗМ-20. Результати розрахунків представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок показників економічної ефективності

Показники	Формула для розрахунку	Сепаратор зернового матеріалу	Машина ОЗМ-20
Балансова ціна, грн	$B = 1,2 \cdot Ц_0$	43200	99600
Питомі експлуатаційні витрати на заробітну плату, грн	$З = Г \cdot Р$	28,4	28,4
Питомі експлуатаційні витрати на амортизацію, грн/т	$A = \frac{Б \cdot a}{100 \cdot T}$	0,74	1,8
Питомі експлуатаційні витрати на ремонт і ТО, грн/т	$P = \frac{Б \cdot K_p}{100 \cdot T}$	0,13	0,3
Питомі експлуатаційні витрати на електроенергію, грн/т	$E = g \cdot C$	0,24	0,34
Прямі експлуатаційні витрати, грн/т	$B_{пр} = З + A + P + E$	29,51	30,84
Приведені експлуатаційні витрати, грн/т	$B_{прив} = B_{пр} + \frac{e \cdot Б}{T}$	30,5	33,14
Економічний ефект, грн/т	$E = П_{ОЗМ} - П_{СЗВ}$	2,64	-
Річний економічний ефект, грн/т	$E_p = E \cdot T$	17160	-
Термін окупності, роки	$T_o = \frac{Б}{E \cdot T}$	2,5	-

Як показують проведені розрахунки, застосування сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами дозволяє отримати економічний ефект 2,64 грн/т за рахунок зниження балансової вартості і витрат на електроенергію. При приведенні до річного нормативного навантаження зерночисного пункту річний економічний ефект від використання сепаратора зернового матеріалу складе 17260 грн, а термін окупності 2,5 роки.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено конструктивно-технологічна схема сепаратора зернового матеріалу з двома циліндричними решетами, розташованими одне в одному зі зміщенням осей, що обертаються в протилежні сторони.

2. Теоретичними дослідженнями обґрунтована математична модель руху зернового матеріалу в сепараторі, що дозволяє оптимізувати режими спільної роботи внутрішнього і зовнішнього циліндричних решіт.

3. На підставі результатів експериментальних досліджень встановлено оптимальні значення параметрів і режимів роботи сепаратора: для внутрішнього решета діаметром $d_B = 505$ мм частота обертання $n_B = 50 \dots 60$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_B = 0 \dots 2^\circ$; для зовнішнього решета діаметром $d_3 = 755$ мм частота обертання $n_3 = 50 \dots 53$ хв⁻¹, кут нахилу $\alpha_3 = 3 \dots 4^\circ$.

4. За результатами експериментальних досліджень отримані моделі регресії повноти K виділення домішок і енергоспоживання E від вологості W зернового матеріалу. Встановлено, що при подачах $Q = 8 \dots 20$ т /год. зернового матеріалу збільшення вологості W з 15% до 35% не призводить до зниження повноти виділення домішок. При цьому споживання енергії зростає в 1,19 ... 1,36 рази.

5. Розрахунковий економічний ефект від застосування сепаратора зернового матеріалу з циліндричними решетами склав 2,64 грн/т, що при приведенні до річного нормативного навантаження зерноочисного пункту складе 17160 грн на рік, а термін окупності складе 2,5 роки.

					КРМ.133ГМмд_22.15.000 ПЗ	72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		