

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування технологічного процесу
первинного очищення насіння соняшнику на
сепараторах гравітаційного типу**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МГХТ-1-22
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Руслан ШМАТОК

Керівник: _____ Ірина ХОЛОБЦЕВА

Рецензент: _____ Руслан БРОВКО

Дніпро 2023

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Магістр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«09» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Шматку Руслану Сергійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технологічного процесу первинного очищення насіння соняшника на сепараторах гравітаційного типу».
Керівник роботи: Холобцева Ірина Петрівна, докторка філософії, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2023 року № 3423.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія та обладнання для первинної обробки насіння соняшника на основі сил гравітації. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Стан питання і завдання дослідження. 2 Теоретичні передумови обґрунтування параметрів гравітаційного сепаратора. 3 Програма і методика експериментальних досліджень. 4 Результати експериментальних досліджень. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Стан питання. 2 Мета роботи і завдання дослідження. 2 Теоретичні передумови обґрунтування параметрів гравітаційного сепаратора. 3 Програма і методика експериментальних досліджень. 4 Результати експериментальних досліджень. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 6 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	09.11.2023	08.12.2023
5	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	09.11.2023	08.12.2023
6	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	09.11.2023	08.12.2023

7. Дата видачі завдання 09 листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11-10.11.23	виконано
2	Стан питання і завдання дослідження	13.11-15.11.23	виконано
3	Теоретичні передумови обґрунтування параметрів гравітаційного сепаратора	16.11-17.11.23	виконано
4	Програма і методика експериментальних досліджень	20.11-22.11.23	виконано
5	Результати експериментальних досліджень	23.11-28.11.23	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	29.11-30.11.23	виконано
7	Організаційно-економічна частина	01.12-04.12.23	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	05.12-06.12.23	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	07.12.2023	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Руслан ШМАТОК
(підпис)

Керівник роботи _____ Ірина ХОЛОБЦЕВА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить: 79 сторінок друкованого тексту, 30 рисунків та ілюстрацій, 5 таблиць та використано 55 літературних джерел посилань.

Метою роботи є обґрунтування функціональної схеми і параметрів сепарувальної машини гравітаційного типу, що відповідає вимогам первинної очистки зерна.

Об'єкт дослідження – процес сепарації насіння соняшника, його взаємозв'язок з конструктивно-технологічними параметрами гравітаційного сепаратора.

Предмет дослідження – закономірності що пов'язують вплив конструктивно-технологічних параметрів сепаратора на ефективність процесу його роботи.

Досвід застосування гравітаційних зерноочисних машин для попереднього очищення зерна вказує на їхні переваги в порівнянні із привідними решітними зерноочисними машинами. Стійкість процесу очищення в гравітаційному сепараторі далі високовологого (вологістю до 30 % і більше) зернового матеріалу (відсутність забивання решіт дрібними домішками) дозволяє відмовитися від використання решіт. Відсутність привода визначає невисокий ступінь енергоємності, недосягну на машинах традиційного типу.

Слід вказати, що при всій актуальності обґрунтування основних параметрів гравітаційного зерноочисника, проведених раніше досліджень недостатньо для розв'язку цього завдання. При цьому, якщо конструкція машини для самого грубого – попереднього очищення – була синтезована за допомогою тільки експериментальних досліджень, то для створення машин більш тонкої очистки – первинної й вторинної – потрібне математичне обґрунтування процесу, що протікає в каналах гравітаційного сепаратора.

Ключові слова: СЕПАРУВАННЯ, НАСІННЯ СОНЯШНИКА, ДОМІШКИ, РЕШІТКА, СИТО, СОРТУВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ВИРОБНИЦТВО, АДЕКВАТНІСТЬ, ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1 Основні тенденції розвитку технічних засобів	9
Висновки за розділом	26
2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРАВІТАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА	28
2.1 Обґрунтування конструкції гравітаційної очисної машини	28
2.2 Математичний опис процесу сепарації зернової (насінневої) суміші в каналах гравітаційного зерноочисника	32
Висновки за розділом	39
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	40
3.1 Програма експериментальних досліджень	40
3.2 Опис експериментальної установки і устаткування	40
3.3 Методика проведення дослідів	46
3.3.1 Методика перевірки математичної моделі	46
3.3.2 Методика дослідження процесу виділення дрібної і великої домішки в сепараторі, оснащеному прямолінійними і криволінійними прутками	47
3.3.3 Методика дослідження процесу сепарації в гравітаційному каналі	48
3.3.4 Методика дослідження трисекційного сепаратора	48
3.4 Підготовка дослідного матеріалу насіння соняшника	50
Висновки за розділом	51
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	52
4.1 Дослідження характеру руху досліджуваного матеріалу в гравітаційному каналі при різній його конфігурації	52
4.2 Дослідження процесу просіювання насіння соняшнику в гравітаційному сепараторі	54
4.2.1 Процес просіювання однорідного насіння соняшника	54
4.2.2 Оцінка розподілу компонентів дослідної суміші, що складається із	

насіння соняшника і різних домішок у каналі, що виділяє великі домішки	56
4.2.3 Оцінка впливу завантаженості решіт у центральному каналі на ефективність поділу різних компонентів досліджуваного матеріалу	58
4.3 Розробка схеми машини первинної очистки зерна на основі досліджуваного сепаратора гравітаційного типу	60
Висновки за розділом	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	63
5.1 Розробка карти безпеки праці	63
5.2 Утилізація відходів виробництва під час первинної обробки насіння соняшника в умовах ПрАТ з П «ДМЕЗ»	64
Висновки за розділом	65
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	66
6.1 Організація проведення дослідження	66
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	68
6.3 Розрахунок ціни досліджень	71
Висновки за розділом	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
БІБЛІОГРАФІЯ	74

ВСТУП

Відомі зміни в сільськогосподарському виробництві нашої країни, що пройшли за останні роки, вимагають докорінних перетворень в післязбиральній обробці зерна [38].

Зерноочисне обладнання, що використовується в сільському господарстві, не відповідає сучасному стану виробництва зерна і є застарілим, на 70 – 90 % фізично зношеним. Великі та середні фермерські господарства мають лише 35 % необхідного обладнання, а малі фермерські господарства не мають жодного [38].

Необхідно розробити зерноочисні машини максимально адаптовані до різноманітних умов сучасного сільськогосподарського виробництва, що забезпечує мінімальні витрати, але дозволяє на першому етапі обробки отримати більшу частину очищеного зерна [40].

Розробка зерноочисної машини нового типу, вільної від недоліків традиційних машин, може створити умови для подальшої інтенсифікації процесу очищення й досягнення більш вигідних техніко-економічних показників зерноочисного устаткування.

Поряд з решітними зерноочисниками в цей час впроваджується в сільськогосподарське виробництво клас очисних машин, у яких робочі органи нерухомо закріплені, а зерно самопливом рухається по них. Такі пристрої одержали назву самопливних або гравітаційних (тому що матеріал рухається під дією сили ваги).

Досвід застосування гравітаційних зерноочисних машин для попереднього очищення зерна вказує на їхні переваги в порівнянні із привідними решітними зерноочисними машинами. Стійкість процесу очищення в гравітаційному сепараторі далі високовологого (вологістю до 30 % і більше) зернового матеріалу (відсутність забивання решіт дрібними домішками) дозволяє відмовитися від використання решіт. Відсутність привода визначає невисокий ступінь енергоємності, недосягну на машинах традиційного типу.

Слід вказати, що при всій актуальності обґрунтування основних параметрів

гравітаційного зерноочисника, проведених раніше досліджень недостатньо для розв'язку цього завдання. При цьому, якщо конструкція машини для самого грубого – попереднього очищення – була синтезована за допомогою тільки експериментальних досліджень, то для створення машин більш тонкої очистки – первинної й вторинної – потрібне математичне обґрунтування процесу, що протікає в каналах гравітаційного сепаратора.

У даній роботі проведені теоретичні і експериментальні дослідження з обґрунтування параметрів самопливного гравітаційного сепаратора для поділу зернових сумішей невисокої продуктивності, що відповідає вимогам первинної очистки.

Метою дослідження є обґрунтування функціональної схеми і параметрів сепарувальної машини гравітаційного типу, що відповідає вимогам первинної очистки зерна.

У зв'язку із цим необхідно розв'язати наступні завдання:

- виконати математичний опис процесу сепарації зерна в гравітаційному каналі його фізичну сутність, з урахуванням специфіки зернового матеріалу й параметрів сепаратора;
- вивчити вплив форми, сепарувальної поверхні на ефективність процесу сепарації;
- дослідити вплив процесу завантаженості сепарувальних поверхонь, на ефективність процесу відділення різних домішок;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – процес сепарації насіння соняшника, його взаємозв'язок з конструктивно-технологічними параметри гравітаційного сепаратора.

Предмет дослідження – закономірності що пов'язують вплив конструктивно-технологічних параметрів сепаратора на ефективність процесу його роботи.

1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Основні тенденції розвитку технічних засобів

Виробництво зерна в сільському господарстві – складний процес, що включає в себе безліч операцій. Післязбиральна обробка, зокрема, очищення його від домішок органічної і неорганічної природи, значно підвищує товарну цінність зерна та збільшує його стійкість при зберіганні.

Організація післязбиральної обробки зерна в Україні містить у собі кілька характерних етапів. Так, до середини тридцятих років ХХ сторіччя технічна оснащеність сільського господарства була невисока. Основна частка технологічних операцій здійснювалася вручну.

Промисловість випускала машини різних модифікацій. В основному, універсальні пересувні машини для очистки зерна. Робочі процеси основних частин цих машин полягають у наступному. Сировинний матеріал, який підлягає очищенню, передавався в машину за допомогою завантажувального пристрою, пройшов процес очищення на решетках за допомогою повітряного потоку (іноді також застосовувався трієр); потім слідує переміщення транспортером до транспортних засобів або на майданчик для подальшого використання. Роздільне використання зерномийних машин було б неможливим без ручної праці по завантаженню зерна в машину, заповненню машини зерном, видаленню домішок, що відокремилися після промивання, і переміщенню машини, яка не є самохідною [1].

Стан післязбиральної обробки за останні 10 – 15 років перетерпіло значні зміни у зв'язку зі змінами в умовах сільськогосподарського виробництва (форми власності, перехід на ринкові відносини). Багатоскладність структури сільськогосподарських підприємств, коли поряд з великими господарствами утворювалися безліч малих з обсягами виробництва в десятки й сотні тон у рік, вимагає розробки й впровадження нових груп машин, що задовольняють широкий спектр господарств.

Потреба у великих агрегатах і комплексах, що є невід'ємною частиною потокової обробки зерна, на сьогоднішній день низка. Для багатьох невеликих господарств економічно невиправдане придбання й експлуатація агрегату, що працює тільки в період збирання, що й простоює решту часу.

Фахівці в ситуації, що склалася відзначають доцільність переходу від потокової технології до двоетапної технології [32]. Така технологія передбачає в збиральний період, як найбільш напружений, здійснювати операції, необхідні для забезпечення схоронності врожаю, а в післязбиральний період – доведення до необхідних кондицій. При цьому можна досягти значного зниження витрат застосуванням високопродуктивних і простих машин першого етапу й машин первинної і вторинної очистки, що значно відрізняються за вартістю й експлуатаційним витратам від комплексів і агрегатів.

Огляд розвитку зерноочисної техніки в нашій країні й в усьому світі показує, що основними зерноочисними машинами є решітні машини.

Пояснюється це насамперед простотою процесу, що протікає, очищення на решеті, його всебічною вивченістю, нескладною конструкцією й компонованням такої машини.

Роботи з дослідження процесу сепарації плоскорешітними машинами свідчать про обмеженість подальшого підвищення його інтенсифікації [36]. Досвід створення зерноочисних машин із плоскими решітками показує недостатню кількість інформації для розробки ефективних рішень, спрямованих на значне підвищення продуктивності при одночасному зниженні металоємності та енергоефективності обладнання, що відповідає сучасним економічним та технологічним вимогам у галузі виробництва зерна. Тому виявляється закономірність у тому, що багато дослідників залучені до пошуку нових методів для інтенсифікації технологічних процесів очищення та сортування зерна. Тому закономірним є той факт, що багато вчених були задіяні в пошуку нових шляхів інтенсифікації технологічних процесів очищення й сортування зерна [7]

Існування межі інтенсифікації процесу сепарації на решеті повною мірою обґрунтоване в роботах [36].

Процес ситової сепарації можна покращити, збільшивши товщину оброблюваного зернового матеріалу і швидкість, з якою він рухається через сита.

Згідно з математичною моделлю просіювання дрібної домішки на двох'ярусному решітному стані, процес розглядається в інтервалі часу t_p перебування зернового матеріалу на розвантажувальному решеті (рис. 1.1). Цей інтервал ділиться на два проміжки: перший t_{pn} – час просіювання зернового матеріалу шаром $h_e^{(m)}$, другий – час просіювання дрібної домішки з матеріалу, що сходить із першої (поділяючої) ділянки решета. Від цих параметрів залежить функція щільності розподілу дрібної домішки за часом $f(t)$.

На ділянці $t < t_{pn}$ функція $f(t)$ визначається рівнянням (1.1) з [41], а на іншій ділянці:

$$f(t) = (1 - \varepsilon_{pn}^m) \mu_{cp}^{(m)} e^{-\mu_{cp}^{(m)}(t - t_{pn})}, \quad (1.1)$$

де ε_{pn}^m – повнота виділення дрібної домішки через розвантажувальну ділянку (B_{11}) решета;

$\mu_{cp}^{(m)}$ – інтенсивність просіювання дрібної домішки через другу (B_{12}) ділянку решета.

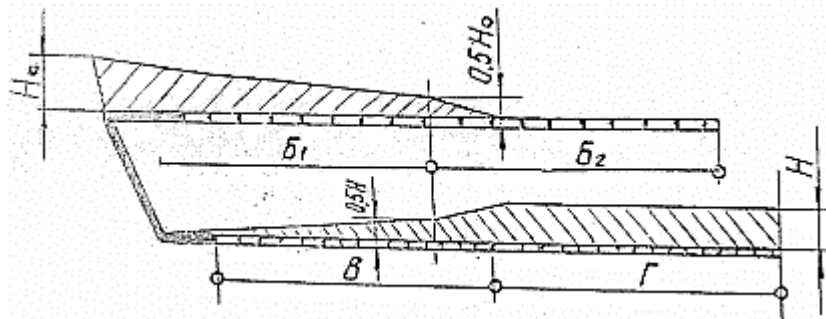


Рисунок 1.1 – Розподіл зернового матеріалу на двоверховому ситовому стані класичної схеми

Рівняння процесу просіювання дрібної домішки через підсівне решето:

$$\varepsilon_{nn}^{(M)} = \int_0^{t_{pn}} \left(1 - e^{-\mu_n^{(M)}(t-t_{pn})}\right) f(t) dt, \quad (1.2)$$

де $\mu_n^{(M)}$ – інтенсивність просіювання дрібної домішки через підсівне решето.

Для того, щоб збільшити відносну швидкість руху матеріалу відносно решета, необхідно збільшити потужність перемішування шару матеріалу, щоб якомога більше частинок, що проходять, змогли досягти поверхні сита і пройти через отвори за короткий час. У звичайних машинах цього можна досягти за рахунок збільшення частоти і амплітуди руху робочого органу. Це збільшує вагу машини для забезпечення міцності та стабільності під час процесу очищення, що призводить до створення громіздкої та дорогої конструкції. Цей метод є неефективним і не перспективним.

Можна виділити два основні напрямки пошуку технічних розв'язків у світлі поставленої проблеми:

1. Посилення ефективності процесу очищення за допомогою використання спеціально розроблених технічних вирішень з використанням решіток.
2. Підвищення ефективності процесу очищення шляхом розробки нових елементів робочого обладнання та застосування нових принципів відокремлення матеріалу.

Перший напрямок – розробка решіт з оптимізованою кривизною [36]. В основі цього напрямку лежить ідея про те, що згинаючи решітку в поздовжній і вертикальній площинах, можна керувати розподілом матеріалу, що розділяється, по довжині решітки. Шляхом оптимізації геометрії решітки досягається рівномірний розподіл моношару на поверхні решітки. За постійних умов очищення оптимізація геометрії плоского решета довжиною 1 м може підвищити ефективність у два і більше разів.

Поєднання різних просіювальних машин в одній машині може підвищити ефективність очищення. Відомо, що більшість машин, які працюють в сільському

господарстві в нашій країні, є машинами повітряно-решітного типу з решітною секцією в якості основного корпусу і додатковою пневматичною системою. Поєднання повітряного і решітного сепараторів в одній машині може поліпшити якість промивання грудок при проходженні через одну машину за рахунок об'єднання сепаратора машини, пневмоканалу потоку, з єдиним механізмом розподілу потоку зерна по ширині решета.

Існують різні технічні методи повітряного просіювання. Найбільш поширеним є метод повітряного промивання перед просіюванням. У цьому разі домішки в матеріалі, що вивантажується із сита, не чинять істотного впливу на роботу повітряного сепаратора, а ефективність просіювання значно підвищується після видалення легких домішок [9].

Існують способи, коли пневмосепаратор встановлюється після решіт. Такі способи застосовуються на машинах вітчизняних і зарубіжних фірм або на малопродуктивних машинах і машинах попереднього очищення, де встановлені решета з великими отворами (наприклад, вітчизняний МПО-50).

Наприклад, у К-531 "Петкус", SVU-5, також передбачено технічну схему подвійного очищення ядра з попереднім і подальшим обдувом сита.

У машинах використовуються різні схеми решітних частин. Потрібно сказати, що одиночне решето застосовується досить рідко. Найбільше поширення одержала двох'ярусна схема розташування решіт.

Існує три основні методи, які відрізняються способом розподілу сировини по шарах. При першому способі спочатку відокремлюються великі домішки, а потім дрібні. Сита з дрібними отворами розташовуються під ситами з великими отворами. Зерновий матеріал подається на верхнє сито, де він розділяється на основне зерно і дрібні домішки, а великі домішки проходять через сито і відокремлюються. Нижнє сито відокремлює дрібні домішки.

При другому методі спочатку відокремлюються дрібні домішки, а потім великі. У цьому разі вздовж потоку сировини встановлюються сита спочатку з дрібними, а потім з більшими отворами.

Третій метод – фракційний, який вважається найбільш ефективним. Він

заснований на тому, що на першому етапі сировина ділиться на майже дві рівні фракції, одна з яких не містить великих домішок, а інша – дрібних. На другому етапі ці фракції обробляються окремо. Розподіл зернового матеріалу в двоступеневій просіювальній машині з такою системою фракціонування показано на рис. 1.1.

Верхній рівень конструкції машин, таких як СУ-0,1, СВУ-1,25, ОВА-1,0, складався з одного решета. У вивченні традиційної компоновки решітної частини [36] було виявлено, що ця схема характеризується низькою продуктивністю через перевищення пропускної здатності верхнього решетування над нижнім. Внаслідок цього нижнє решето стає перевантаженим, що ускладнює відділення дрібних домішок.

Результатом наукової роботи з дослідження можливості підвищення ефективності роботи двох'ярусного решітного станку [37] є створення його вдосконаленої схеми (рис. 1.2). На підставі математичної моделі [41] було встановлено, що доцільно розвантажувальне решето зробити складовим, а перед решетами нижнього ярусу ввести скатну дошку, що виконує функції накопичувача. Були обґрунтовані параметри решіт верхнього й нижнього ярусу, а також скатної дошки. Результати випробувань показують, що представлена схема в порівнянні із класичною забезпечувала продуктивність на 30 % вище при однаковій ефективності очищення насіння, а при порівнянних подачах повнота виділення домішки на новому решітному станку була вище на 20 % [41].

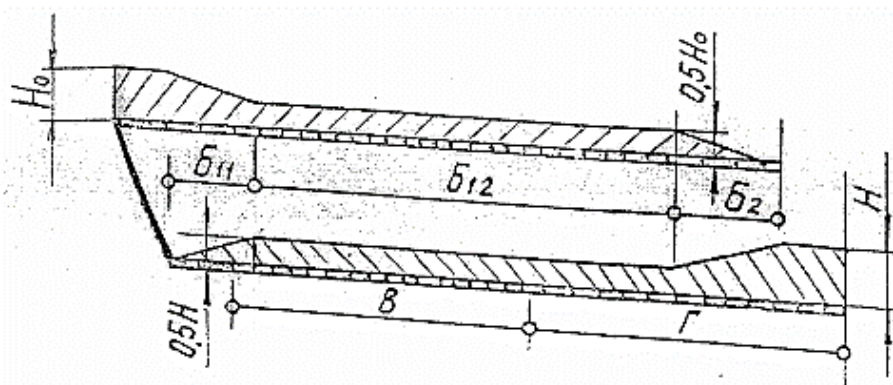


Рисунок 1.2 – Розподіл зернового матеріалу на двоповерховому ситовому стані оптимізаційної схеми

Незважаючи на певні успіхи в удосконаленні традиційних зерноочисних машин, експерти вказують на те, що ситові машини досягли своєї межі в підвищенні ефективності [36]. Тому дослідження в конструкцій, у яких не використовуються звичайні сита, стають значно важливішими.

У процесі гравітаційного розділення зернових матеріалів можна використовувати додаткові силові поля, які діють на матеріал, що призводить до помітного збільшення інтенсивності процесу. Одним зі способів створення додаткового силового поля є використання вібраційного та обертального руху робочого органу. Це визначає клас зерновіддільників як "вібровідцентрові". На сьогодні значною мірою розроблено наукові, механічні та технічні характеристики робочих органів таких сепараторів, а також раціональні схеми їхньої інтеграції. Дослідження з їх створення проводили вітчизняні та зарубіжні вчені [2].

В роботі [24] презентовано найбільш повне теоретичне й практичне дослідження вібровідцентрових очисних машин.

Принцип роботи таких сепараторів описується наступним чином: робочий орган, що представляє собою циліндричне решето, встановлене вертикально і згорнуте в формі циліндра, обертається під дією приводу. Зерновий матеріал подається на внутрішню поверхню решетування. Внаслідок відцентрових силових частин, розміри яких менші для відкриття решет, проходять через них, тоді як більші частини зростають опускаються вниз, де вони відводяться шнеком або іншими транспортними засобами.

У вертикальних циліндричних ситах відцентрове поле інерційних сил рівномірно розподілене всією поверхнею, і кругового зсуву зернового шару під час усталеного руху не відбувається. Для запобігання "прилипання" матеріалу до сита і забезпечення відносного руху зернового шару поверхнею сита використовується додатковий циліндричний коливальний механізм у вертикальній площині.

Цей спосіб розділення дає змогу не тільки підвищити ступінь очищення, а й скоротити довжину сит, що використовуються, у два-три рази порівняно з плоскими ситами. Питома продуктивність відцентрових вібраційних циліндричних сит у три-п'ять разів вища, ніж питома продуктивність плоских сит

за тієї самої якості розділення [24]. Порівняно з аналогічними традиційними машинами відцентрово-вібраційні ситові сепаратори дають змогу знизити витрату металу вдвічі.

На основі викладеного методу були розроблені та масово вироблялися такі машини: ВЦС-1,5М, призначені для очищення та калібрування розчину цукрового буряка; ЗЦП-20, призначені для попереднього очищення вологого зерна; МЗП-50, А1-БЦС-100, Р8-БЦС-50, призначені для очищення зерна і використання різних культур в аграрному секторі. На рисунку 1.3 зображена конструктивна схема зернового сепаратора відцентрованого типу, яка включає два блоки циліндричних решіток та пневмосистему.

Зерноочисник Sigma TS, розроблений компанією Damas у Данії, також використовує відцентровий метод сепарації, який відрізняється від традиційних методів сепарації з використанням циліндричних сит.

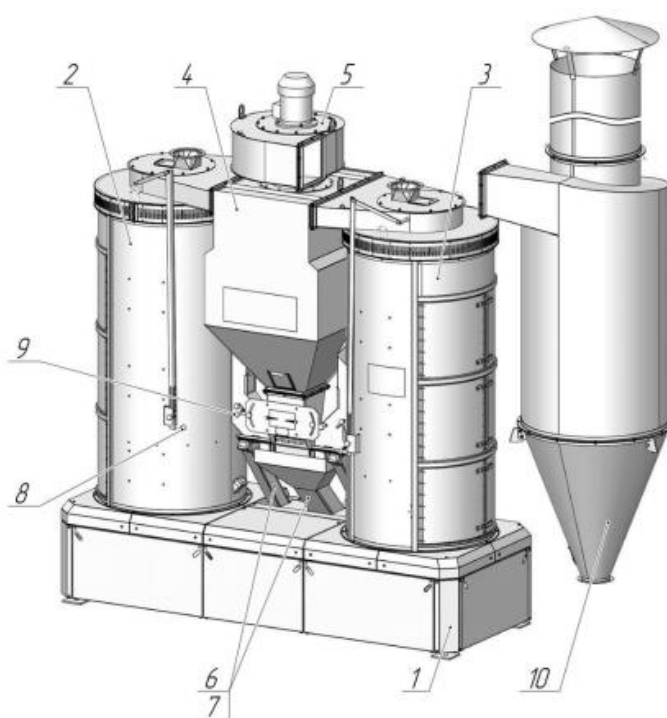


Рисунок 1.3 – Конструктивна схема універсального віброцентробіжного зернового сепаратора, що містить два очисні блоки

- 1 – рама; 2 – блок лівий; 3 – блок правий; 4 – відстійник; 5 – вентилятор;
 6, 7 – приймач та збірник фракцій; 8 – механізм дозатора; 9 – панель керування;
 10 – циклонний апарат.

Згідно рисунку 1.4, очисник складається із чотирьох блоків обертових решіт. Кожний блок включає по два циліндричні решета різного діаметра, встановлених концентрично один в іншому. При зборі в блоки решето меншого діаметра береться з більшими розмірами отворів, а більшого діаметра – з меншими.

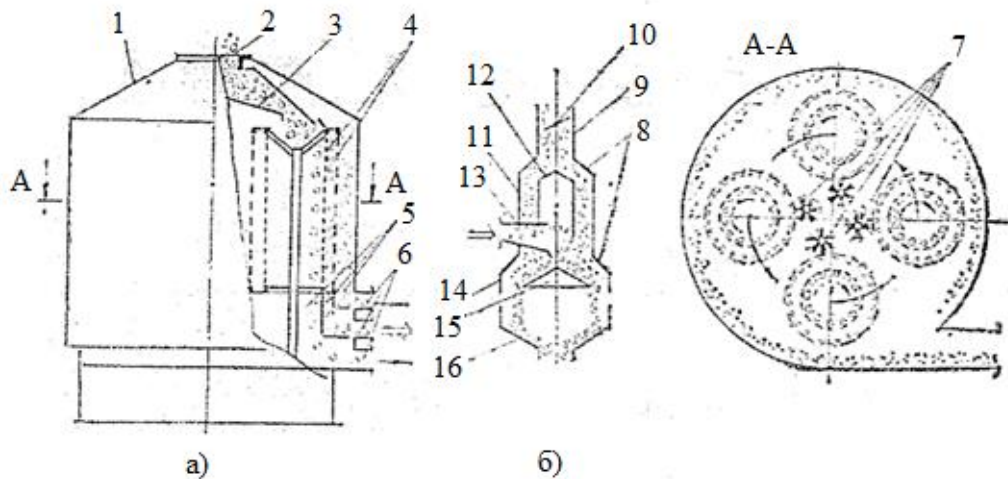


Рисунок 1.4 – Схема зернового очисника типу Sigma фірми Damas (Данія):

- 1 – кожух ситової частини; 2 – завантажувальне вікно; 3 – розподільний пристрій;
 4 – блок решіт; 5 – жолоби для збору фракцій; 6 – вивідні патрубки; 7 – щітки для
 очищення отворів решіт; 8 – кінчні перехідники; 9 – пневмопровод;
 10 – дросельна заслінка; 11 – зовнішня стінка пневмосепаруючого каналу;
 12 – внутрішня стінка пневмо- каналу, що сепарує; 13 – живильний патрубок;
 14 - повітрязборник ; 15 – розподільник; 16 – приймальна воронка.

Кожний блок решіт спеціальним механізмом обертається за годинниковою стрілкою навколо своєї вертикальної осі й навколо осі циліндричного кожуха зернового очисника, тобто блоки решіт роблять планетарний рух.

Матеріал, що надходить на внутрішні поверхні решіт малого діаметра, за рахунок їх планетарного руху притискається до їхніх внутрішніх поверхонь. При цьому сили інерції, що діють на частки вихідного матеріалу, мають різні величини і напрямки. На частки оброблюваного матеріалу, що перебувають на внутрішній поверхні решета, максимально віддаленої від осі кожуха очисника, діють сили інерції максимальної величини й навпаки. За рахунок цього в зоні, де діють сили

інерції максимальної величини, відбувається інтенсивне просівання зерна й дрібних домішок через отвори решіт; у зоні ж, де на частки діють сили інерції меншої величини, матеріал поступово сповзає вниз по внутрішніх поверхнях решіт. При цьому на частині поверхні решіт залишаються лише великі домішки, які не можуть пройти через отвори. Ці домішки сходять із поверхні решіт малого діаметра й надходять у внутрішню кільцеву ринву.

Зерно й дрібні домішки (проходова фракція) вилітаючи через отвори решіт малого діаметра, попадають на внутрішні поверхні решіт більшого діаметра. На цих решетах процес поділу матеріалу аналогічний: сходом із внутрішніх поверхонь решіт іде очищене зерно, проходова фракція – дрібні домішки надходять у зовнішню кільцеву ринву. Машина оснащена також пневмосепаруючою системою оригінальної конструкції [9].

Фірма Damas випускала кілька моделей зернових сепараторів такого типу продуктивністю від 15 до 80 т/год.

Цікавий технічний розв'язок являє собою конструкція зерноочисної машини Suprasort фірми Emcelca Gompper (ФРН). Вона має тільки решітну частину (рис. 1.5). У центрі машини змонтована вертикальна вісь, на якій на підшипниках кочення встановлені диски із хрестовинами для укладання легкоз'ємних решітних полотен. Залежно від моделі машини число ярусів решіт різниться. Яруси приводяться в коливальний рух навколо вертикальної осі за допомогою кривошипно-шатунного механізму. Тому що він оснащений противагами, а яруси решіт коливаються в протилежних напрямках, досягається зрівноважування системи.

Під дією коливань решіт у горизонтальній площині навколо вертикальної осі й виникаючих при цьому відцентрових сил, частки зернового матеріалу починають рухатися від місця завантаження до периферії по зигзагоподібним траєкторіям (рис. 1.5, а). Завдяки цьому подовжується шлях проходження часток оброблюваного матеріалу по поверхні решета, і отже, збільшується ймовірність їх зустрічі з отворами і просіююча здатність.

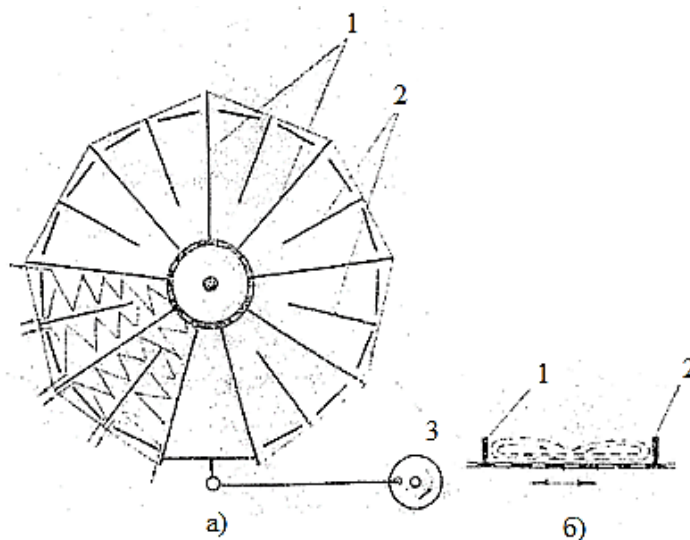


Рисунок 1.5 – Схема ситової частини машини Suprasort

1 – відбивні стінки; 2 – проміжні планки; 3 – підпірні планки

Під час технологічного процесу відбувається активне перемішування часток матеріалу за допомогою відбивних і проміжних планок (рис. 1.5, б), завдяки чому зростає ймовірність просівання часток прохідової фракції.

Підводячи підсумки наведеного огляду зерноочисних машин нетрадиційної конструкції, поряд з описаними перевагами того або іншого технічного розв'язку, слід вказати й на наявні недоліки.

Який би тип сита не використовувався – плоский, вигнутий чи циліндричний – обов'язковим є застосування приводного пристрою для забезпечення відносної швидкості руху сировини та просіювального органу, що є однією з вимог до просіювання сировини. Водночас, на думку фахівців, вага сита становить лише 3 % від загальної ваги машини, решта – привід і масивна рама. Для нормальної роботи можуть знадобитися спеціальні фундаменти [37]. Для ситових машин характерне високе споживання металу та електроенергії.

Конструктивна особливість сит полягає в тому, що процес сепарації, який відбувається на ситі, завдає зерну значних пошкоджень. Краї отворів сита під час зворотно-поступальних і обертальних рухів завдають дрібних ушкоджень зерну, що негативно позначається на посівних якостях. Це особливо важливо під час підготовки насінневого зерна.

Також недоліки, які залежать від конструктивних особливостей технічних рішень. Наприклад, у випадку вібровідцентрового сепаратора інтенсифікація процесу просування обмежена швидкістю обертання циліндрів до певного рівня. При цій швидкості частини матеріали настільки стійко притискаються до поверхні, що здійснити їх рух з місця додатковими зусиллями стає неможливим.

У цей час існує клас очисних машин, конструкція яких вільна від зазначених недоліків. У них робочі органи нерухомо закріплені, а зерно самопливом рухається по них. Такі пристрої одержали назву самопливних або гравітаційних (тому що матеріал рухається під дією сили ваги).

Історія розробки самопливних машин, що сепарують, нараховує близько 100 років. Протягом цього строку розроблялися й створювалися зерноочисні машини, у яких був виключений привід решета, а матеріал переміщався завдяки силі ваги.

В Канаді був отриманий патент на створення зернового сепаратора, що використовує самопливний принцип переміщення матеріалу. У якості робочих органів у ньому застосовані плоскі решета, установлені послідовно один за одним під нахилом так, що вони утворюють зигзагоподібний канал. Зерновий матеріал очищається, переміщаючись із одного решета на інше [35].

Аналогічна установка із плоскими решетами, розташованими так, що вони утворюють сепарувальний зигзагоподібний канал. Установка обладнана ротором для вирівнювання швидкості зернового потоку й виключення забивання каналу, установленного приблизно посередині самого зигзагоподібного каналу.

Продовженням розвитку ідеї створення гравітаційного зерноочисника із зигзагоподібним каналом є конструкція наступної машини. Зерноочисник має завантажувальний шнек, а також розвантажувальні шнеки для очищеного зерна й домішок. Він оснащений щітками із приводом, призначеними для очищення прямокутних отворів похилих решіт.

Розглядаючи процес сепарації на цих машинах, слід зазначити те, що матеріал повинен стійко рухатися по решетах, щоб виключити завал зигзагоподібного каналу. Тому на кожному решеті матеріал повинен прискорюватися до певної швидкості. Значення цієї швидкості при роботі із

зерновими матеріалами (пшениця, жито, ячмінь) в основному настільки велике, що це призводить до непрохідності дрібних часток в отвори, тому що вони просто пролітають над ними [42]. У зв'язку із цим ефективність процесу сепарації на одному похилому решеті досить низька. Її підвищення в цілому можна добитися, збільшуючи число послідовно встановлених у зигзагоподібному каналі решіт, що спричиняє ріст габаритних розмірів машини.

Описаним пристроям властивий також такий важливий недолік, як забивання отворів решіт частками, що заклинюються в отворах. У пристрої [28] ефект забивання проявляється менше, завдяки застосуванню вібраційного механізму.

Аж до середини 80-х років у США й Канаді випускалися й практично використовувалися гравітаційні сепаратори різних конструкцій, що відрізняються формою решіт (прямокутні, трапецієподібні) і їх кількістю [46]. Усі зерноочисники призначали для виділення самих дрібних домішок – пилу, піску та інше. При виділенні великих домішок ці пристрої непрацездатні через швидке забивання зигзагоподібного каналу великими домішками.

Прикладом таких машин може служити машина, описана в [46]. Вона призначена для очищення зернового матеріалу від пилоподібних домішок. Має вертикальний корпус. У ньому розташовуються особливим чином одношарові сита, по поверхні яких самопливом переміщається зерновий матеріал. Під ситами перебуває завантажувальний патрубок для подачі зерна. Зерно самопливом рухається по ситах і вивантажується через розвантажувальний патрубок, розташований під ситами (рис. 1.6).

Наступний самопливний зерноочисник, у якому встановлена зигзагоподібна вертикальна ринва, що приймає підлягаючий очищенню матеріал, що надходить у ринву під дією сили ваги. Нижня сторона кожної прямолінійної секції ринви має отвір для проходу матеріалу до дна корпусу, а верхня сторона такої секції розташована під певним кутом до стінок корпусу. Над кожним отвором ринви встановлений отвір, що перекриває, сито, шарнірно з'єднане з ринвою. Компоненти матеріалу, що підлягає очищенню, рухаються по зигзагоподібній ринві, змушуючи кожне сито резонувати щодо шарнірів, що сприяє подальшому

відділенню від матеріалу дрібних фракцій. Очищений матеріал вивантажують з ринви, а дрібні фракції – з корпуса. Введення хитних сит дозволяє інтенсифікувати процес очищення і якоюсь мірою зменшити забивання отворів сит (рис. 1.7).

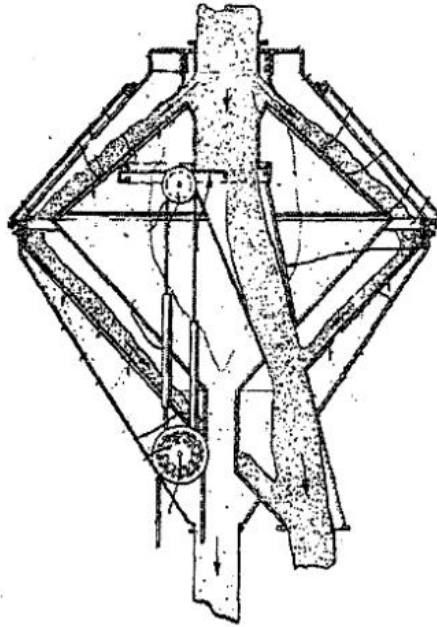


Рисунок 1.6 – Самопливний сепарувальний пристрій з одношаровими ситами.

Варіант розв’язку проблеми засмічення отворів решіт представлений у класифікаторі [42], що включає в себе похилі поверхні, що просівають, встановлені в корпусі зигзагоподібно одна над іншою, завантажувальний пристрій й розвантажувальні патрубки для виводу розділених поверхонь, що просівають, виконані щілинними з розміром щілини, що збільшується, в напрямку руху матеріалу (рис. 1.8). Кінцева частина поверхонь, що просівають (у місці більшого розміру щілини) відігнута униз, при цьому площина загину цих кінців проходить перпендикулярно поздовжнім осям клиноподібних отворів (рис. 1.9). Тому що в міру переходу продукту з одного решета на інший вміст у ньому дрібної домішки знижується, кут природнього нахилу продукту зменшується. Тому пропонується кожне наступне решето встановлювати під меншим кутом до горизонту в порівнянні з попереднім для забезпечення необхідної постійної швидкості переміщення матеріалу 0,8 – 1,2 м/с.

Удосконалені варіанти цієї зерноочисної машини представлені в авторських роботах [47], де для підвищення ефективності процесу застосовані додаткові розвантажувальні решета й дефлектори із пристроєм для регулювання їх положення щодо решіт.

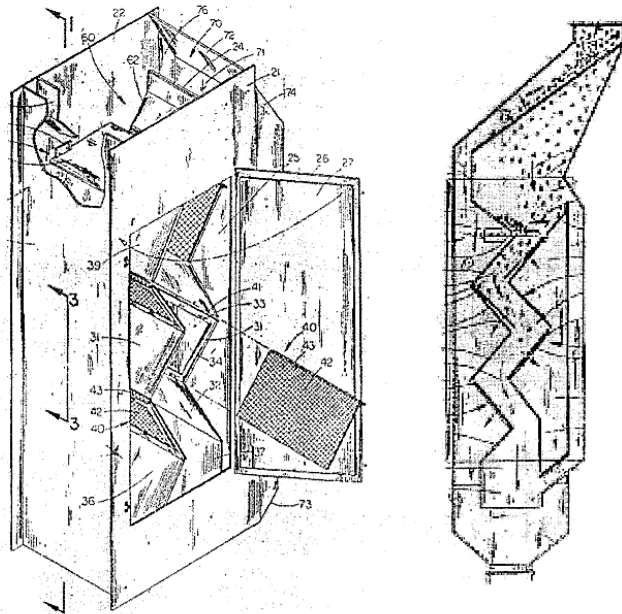


Рисунок 1.7 – Очисна машина із зигзагоподібним сепарувальним каналом.

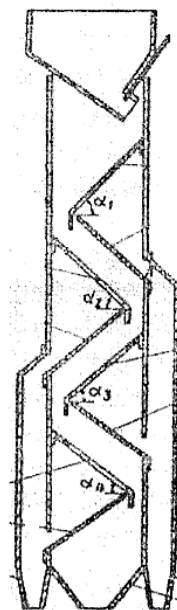


Рисунок 1.8 – Сепаратор, оснащений ситами із щілинними отворами

Однак у різних варіантах гравітаційних сепараторів, основою яких є решета, не усуваються повністю недоліки, що прямо впливають на якість і швидкість протікання процесу – забивання отворів решіт або сит і погана працездатність при наявності в матеріалі, що очищається, солом'яних часток. Такі домішки не мають необхідну сипкість, щоб під дією сили ваги рухатися по зигзагоподібному каналу. Також довгі домішки мають властивість забиватися в отвори, ставати вертикально або під кутом до решета, утворюючи при цьому перешкоди на шляху руху потоку матеріалу.

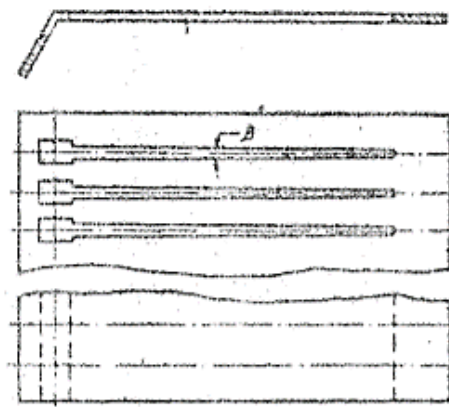


Рисунок 1.9 – Сита з щілинними отворами

Авторським колективом [27] розроблений гравітаційний сепаратор, у якому в якості поверхонь, що просівають, застосовані не решета й сита, а консольно закріплені пальці. Сходова частина кожної поверхні, що просіває, спрямована на протилежну поверхню, що просіває під гострим кутом так, що вертикальний канал, що сепарує, має форму зигзага (рис. 1.10) поверхні, що просівають, виконані ввігнутими й установлені з перекриттям по ширині. Консольне закріплення пальців дає помітне підвищення ефективності очищення. При русі по пальцях матеріалу, завдяки такому конструктивному розв'язку, вони коливаються, внаслідок чого можуть звільнитися від часток, що застряють між ними, а також сприяють більш ефективному сходу з них великих часток, наприклад, соломи, стебел трав.

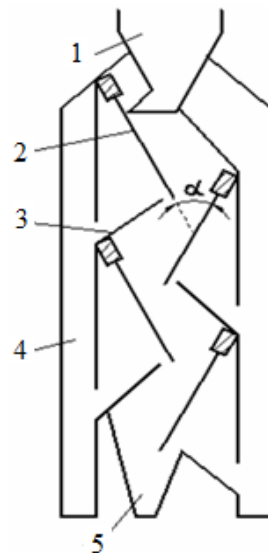


Рисунок 1.10 – Сепаратор, оснащений консольно закріпленими пальцями.

1 – завантажувальні пристрої; 2. – просіювальна поверхня; 3. – дефлектори.;
4, 5. – патрубки виводу розділених фракцій

Конструктивна побудова каналу, що сепарує, дозволяє інтенсифікувати процес очищення за рахунок того, що нижня частина поверхні, що просіває, спрямована на протилежну, поверхня під гострим кутом, при якому частки матеріалу, ударяючись, змушують коливатися консольні пальці. При такому розташуванні поверхонь, що просівають, реалізується плавне перетікання матеріалу з однієї поверхні на іншу, що усуває відскакування окремих часток матеріалу й сприятливо позначається на умовах процесу очищення. Ця зерноочисна машина має ще одну конструкційну особливість, що полягає в тому, що пальці виконані ввігнутими, що дозволяє додатково використовувати відцентрові сили для збільшення інтенсивності просівання. На відміну від машин, описаних в [26], що сепарує даної машини не має кутів, виключає круті повороти, що сприяють застряганню часток.

Установка [26] представляє вдосконалену зерноочисну машину з консольно закріпленими пальцями. У конструкцію сепаратора введені додатково два ряди поверхонь, що просівають, з меншим, ніж в основному ряду, зазором між пальцями (рис. 1.11). При цьому зазначено, як повинні розміщатися додаткові канали щодо основного. Сепаратор може містити пневмосепарувальний канал, розташований

над додатковим рядом просіюючих поверхонь. При цьому відбувається більш високоякісне очищення матеріалу як від великих, так і від дрібних і легких домішок (поділ на 4 фракції).

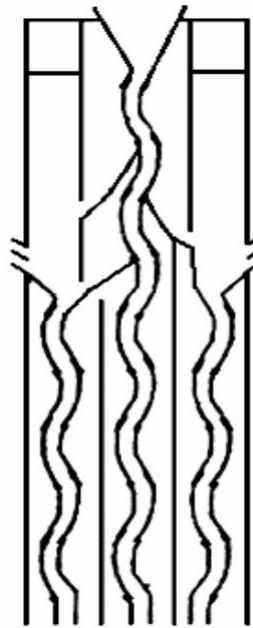


Рисунок 1.11 – Сепаратор з додатковими просіюючими каналами

Запропоноване розміщення додаткових рядів у межах висоти основного ряду дозволяє реалізувати більш якісний процес поділу без збільшення висоти сепарувального агрегату. Це досягнуто завдяки тому, що найбільш інтенсивне просівання проходових часток здійснюється при русі оброблюваного матеріалу потоком певної щільності, що виключає їхні вільні стрибкоподібні рухи. При цьому більш дрібні із проходових часток просіваються вже на 20 – 30 % поверхонь, що просівають, у той час як для достатньої повноти виділення інших, більших часток потрібно 70 – 80 % сепарувального ряду.

Висновки за розділом

Можна констатувати той факт, що поряд з використанням машин традиційного типу розбудовується принципово інший технологічний розв'язок в області сепарації зернових матеріалів – гравітаційний спосіб сепарації. Він поєднує в собі високу продуктивність, надійність технологічного процесу, малу

масу й габарити, низьке енергоспоживання. У цей час створені зразки гравітаційних сепараторів, що використовуються в якості машин попереднього очищення. На сьогоднішній день закладені основи теоретичного й практичного дослідження таких машин. Подальша розробка теоретичної бази, а також практичне дослідження процесу гравітаційної сепарації дозволило б вивести на якісно більш високий рівень методи вдосконалювання конструкції й на їхній основі створювати машини більш якісної – первинної і вторинної очистки.

Метою дослідження є обґрунтування функціональної схеми і параметрів сепарувальної машини гравітаційного типу, що відповідає вимогам первинної очистки зерна.

У зв'язку із цим необхідно розв'язати наступні завдання:

- виконати математичний опис процесу сепарації зерна в гравітаційному каналі його фізичну сутність, з урахуванням специфіки зернового матеріалу й параметрів сепаратора;

- вивчити вплив форми, сепарувальної поверхні на ефективність процесу сепарації;

- дослідити вплив процесу завантаженості сепарувальних поверхонь, на ефективність процесу відділення різних домішок;

- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – процес сепарації насіння соняшника, його взаємозв'язок з конструктивно-технологічними параметри гравітаційного сепаратора.

Предмет дослідження – закономірності що пов'язують вплив конструктивно-технологічних параметрів сепаратора на ефективність процесу його роботи.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРАВІТАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА

2.1 Обґрунтування конструкції гравітаційної очисної машини

Розглянемо умови, необхідні для механічного процесу сепарації зернового матеріалу решетами, і шляхи задоволення цих умов при нерухомих решетах:

- переміщення зернового матеріалу по решету;
- очищення отворів решіт від часток, що застряють.

До цих основних умов слід додати ще умову переміщення розділені фракції до відповідних приймачів.

Переміщення матеріалу по решету повинно бути реалізоване таким чином, щоб, по-перше, забезпечувалися необхідні умови сепарування – тобто влучення проходових часток в отвори решета й проходу в них, і, по-друге, виключення травмування зернівок.

Очищення отворів решіт від часток, що застряють також повинна бути досить ефективною та не травмуючою.

Для зручності подальших міркувань при синтезі нового процесу сепарації абстрагуємося від конкретного поняття решета.

Під решетом будемо розуміти деяку подобу решета, функціональною властивістю якого є пропускати через себе (проходом) частки дрібної домішки й не пропускати зерно чи насіння, або пропускати зерно (насіння), але не пропускати великі домішки.

Процес сепарації можна здійснити в такий спосіб (рис. 2.1).

Потік зернового (насінневого) матеріалу, що сходить під дією сили ваги з похилого напрямного лотка 1 подається на решето 2, встановлене під таким кутом до горизонту, при якому матеріал стійко рухається по решету. За таких умов матеріал рухається по решету із прискоренням, і через певний час швидкість його руху перевищить рівень, раціональний або припустимий для проходу часток матеріалу через решето. Обмеживши довжину решета величиною, при якій

швидкість руху матеріалу ще не перевищила раціональний рівень, можна направити зерновий (насінневий) потік на інше решето 3, встановлене під таким самим кутом до горизонту, але у зворотному напрямку. При цьому швидкість потоку знизиться, і процес виділення проходових часток продовжиться на другому решеті. Далі аналогічно можуть бути встановлені послідовно ще інші решета для продовження процесу й так до досягнення необхідної якості поділу.

Таким чином, оброблюваний зерновий (насінневий) матеріал рухається під дією сили ваги в зигзагоподібному вертикальному каналі, пересипаючись по решітним сходам.

Швидкість руху матеріалу й ефективність просіювання проходових фракцій залежить від кута нахилу, довжини решітки і їх взаємоположенню відносно одна до одної.

Відповідним вибором цих факторів можна забезпечити умови для ефективного процесу просіювання зернового (насінневого) матеріалу.

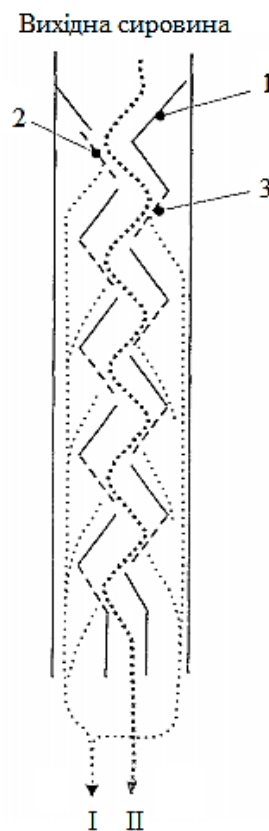


Рисунок 2.1 – Схема розділення зернової маси гравітаційним сепаратором.
1 – напрямний лоток; 2, 3 – решета; I – дрібна фракція; II – крупна фракція.

Те саме можна стверджувати й щодо швидкості руху матеріалу по решету. Отже, перша умова здійснення процесу сепарації – переміщення матеріалу по нерухливому решету – виконується.

Розглянемо питання про виконання другої умови, тобто про очищення отворів решіт.

Очищення решіт може здійснюватися або спеціальним очисним механізмом, наприклад, у вигляді обертової циліндричної щітки, встановленої під решетом, або за рахунок вібрації консольно закріплених елементів решета при падінні на них зернового матеріалу. Ефективність очищення решета в цьому випадку залежить від конструкції самого решета й способу його кріплення в сепараторі. Може бути використаний також відомий найпростіший й добре себе зарекомендувавший очищуючий пристрій пружинних ударників, що використаний в машинах К-531А фірми Петкус.

Питання про вивід розділених фракцій також не є складним. Фракції можуть бути виведені самопливом (рис. 2.1).

Машина повітряно-решітного типу повинна виділяти великі, дрібні й легкі домішки. Відповідно до цього технологічний процес гравітаційного решітного сепаратора представляється наступним (рис. 2.2). Вихідний матеріал, що надходить у сепаратор, очищається від великих і легких домішок у верхній 1 секції. У цій секції встановлені решета 2 з більшими отворами, через які проходить основне насіння разом із дрібними й легкими домішками, а великі домішки сходять із решіт і надходять до випускного каналу 8.

Легкі домішки виділяються висхідним повітряним потоком, що відсмоктується вентилятором із пневмоканалів 3 верхньої секції сепаратора.

Насіння, очищене від великих і легких домішок, надходить із пневмоканалів 3 у нижні секції 4 сепаратора, де виділяються дрібні домішки.

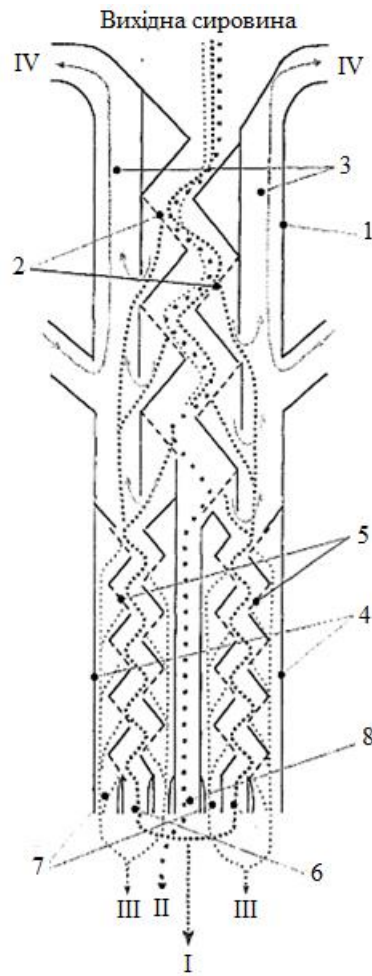


Рисунок 2.2 – Схема технологічного процесу гравітаційного сепаратора

1 – верхня секція; 2 – сита верхньої секції; 3 – пневмоканали; 4 – нижня секція; 5 – сита нижньої секції; 6, 7, 8 – випускні канали фракції основного зерна, дрібних та крупних домішок; I – основне зерно; II – крупні домішки; III – дрібні домішки; IV – легкі домішки.

Решета 5 нижніх секцій мають малі отвори, через які проходять дрібні домішки, а основна маса насіння не може пройти. Очищене насіння виводиться із сепаратора по випускних каналах 6, а дрібні домішки виводяться по каналах. Замість плоских решіт, згідно з аналізом, наведеним у першому розділі, краще застосовувати решета з консольно закріпленими прутками, що мають деякі переваги перед традиційними решетами при гравітаційному очищенні.

2.2 Математичний опис процесу сепарації зернової (насінневої) суміші в каналах гравітаційного зерноочисника

Розглянемо процес сепарації насіння соняшника гравітаційним сепаратором зерноочисником, припускаючи, що вихідний матеріал складається із трьох компонентів: основний компонент – насіння соняшника, становить до 80 % по масі, велика й дрібна домішка до 20 %.

Гравітаційний сепаратор зерноочисник, згідно рис. 2.3 має:

- центральний канал (для виділення великих домішок) – у ньому встановлені консольно-пруткові решета, у яких зазор між прутками більше товщини основного компоненту (насіння соняшника) й, отже дрібної домішки, але менше товщини часток великої домішки;

- бічні канали для виділення дрібних домішок з консольно-прутковими решетами, у яких зазор між прутками менше товщини основного компоненту (насіння соняшника), але більше товщини часток дрібної домішки.

Вихідний зерновий матеріал (насіння соняшника) надходить у центральний канал при питомій подачі Q кг/с, віднесеної до метра робочої ширини сепаратора, тобто Q кг/с·м.

Пропускна здатність кожного решета центрального каналу, виражену як максимальна маса зернового матеріалу (насіння соняшника), що просіявся через решето, позначимо через q кг/с·м.

Кількість решіт центрального каналу, що працюють в умовах повного завантаження, визначається як ціла частина відношення $\frac{Q}{q}$

$$\bar{N}_y = \left[\frac{Q}{q} \right]. \quad (2.1)$$

Інші решета центрального каналу, розміщені нижче решета з номером \bar{N} (починаючи з верхнього) працюють в умовах елементарного або неповного

завантаження.

У верхній частині каналу, де номери i решіт перебувають в інтервалі від 1 до \bar{N} включно, кількість насіння, що просіюється визначається добутком $i \cdot q$, а повнота просіювання $\varepsilon(i)$ – формулою

$$\varepsilon(i) = \frac{iq}{Q}, \text{ при } i \leq \bar{N}, \quad (2.2)$$

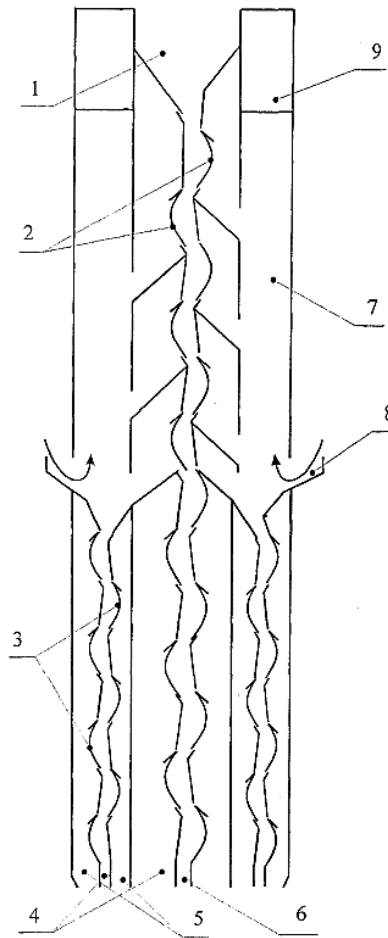


Рисунок 2.3 – Конструктивна схема гравітаційного сепаратора зерноочисника.

1 – приймач вихідного матеріалу; 2 – решітка центрального каналу, що виділяють великі домішки; 3 – решітка бічних каналів, що виділяють дрібні домішки; 4 – патрубки відводу насіння соняшника; 5 – патрубки відводу дрібних домішок; 6 – патрубок відводу великих домішок; 7 – пневмосепаруючі канали; 8 – канали входу повітряного потоку; 9 – канали відводу повітряного потоку.

Пропускна здатність q решета, що входить в (2.2), залежить від багатьох факторів, що відносяться до дослідного матеріалу, конструкції й параметрам решета, і насамперед таких як розміри насінин, відстані між прутками, конфігурація й довжина прутків.

Процес просіювання насіння соняшника через решета на ділянці каналу нижче решета з номером \bar{N} здійснюється в умовах необмеженого руху часточок по решетах; зернові частки (насіння соняшника) рухаються стрибкоподібно й влучення їх у зазори між прутками решета відбувається випадково.

Припускаючи, що процес просіювання здійснюється в однорідних умовах, тобто, що зернові частки (насіння соняшника) однакові й решета однакові, то згідно з теорією ймовірностей [19], імовірність $R(k)$ частці просіятися на якомусь із k решіт, визначається формулою

$$R(k) = 1 - P^k, \quad (2.3)$$

де P – імовірність частці залишитися в каналі, тобто не просіятися в зазор між прутками решіт при русі по k решетам.

На ділянку каналу з номерами решіт $i > \bar{N}$ попадає кількість матеріала $1 - \frac{\bar{N}q}{Q}$ згідно (2.2). Тому, беручи до уваги цю частку матеріала, $R(k)$ визначається по формулі

$$R(k) = 1 - P^k \left(1 - \frac{\bar{N}q}{Q} \right). \quad (2.4)$$

Загальна формула, що визначає повноту просіювання насіння соняшника в центральному каналі, з урахуванням (2.3) і (2.4) представляється у вигляді:

$$\varepsilon(i) = \begin{cases} \frac{iq}{Q}, i \leq \bar{N}; \\ 1 - P^{i-\bar{N}} \left(1 - \frac{\bar{N}q}{Q} \right), i > \bar{N}. \end{cases} \quad (2.5)$$

Якщо в центральному каналі встановлено n решіт, то частка зерна, що сходиться із останнього, тобто n -го решета, являє собою втрати зерна r у фракцію великих домішок, які визначаються через формулу

$$r(n) = 1 - \varepsilon(n), \quad (2.6)$$

де $\varepsilon(n)$ визначається формулою (2.5).

Розглянемо тепер процес просіювання часток дрібної домішки через решета центрального каналу.

На верхній ділянці каналу (решета з номерами від 1 до \bar{N}) частки дрібної домішки на відміну від основного насіння просіваються двома потоками: перший потік – разом з насінням соняшника, що просіюється, другий потік – із зернового шару (насіння соняшника), що сходиться із решета на наступне (рис. 2.4).

На перше (верхнє) решето центрального каналу надходить вихідний зерновий матеріал (насіння соняшника), у якому дрібні домішки розподілені рівномірно. Тому кількість $c_{1,1}$ дрібних домішок, що просіялися першим потоком разом із зерном визначається виразом

$$c_{1,1} = \frac{q}{Q} c_m, \quad (2.7)$$

де c_m – вміст дрібної домішки у вихідному матеріалі.

Другий потік часток дрібної домішки утворюється внаслідок того, що при русі зернового шару (насіння соняшника) по решету відбувається відносний рух

насінин, що сприяє зануренню в шар дрібних часток. У результаті частина дрібної домішки просівається через решето раніше насіння. У цьому випадку шар насіння соняшника є як би решетом для дрібних часток, а процес просіювання – імовірнісним.

Можна вважати, що кожна частка дрібної домішки має деяку ймовірність μ просіятися із шару зерна, що сходить із решета.

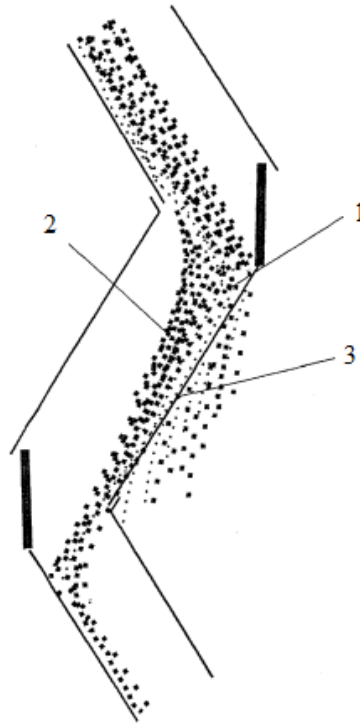


Рисунок 2.4 – Схема процесу просіювання часток дрібної домішки через решето верхньої ділянки

1 – шар насіння соняшника, що проходить через решето. Разом із насінням соняшника цього шару проходять й частки дрібної домішки, що містяться в ньому; 2 – шар насіння соняшника, що сходить із решета на наступне. Із цього шару теж проходить певна частина дрібної домішки в нижній шар, а з ним просіюється через решето як би два додаткові потоки; 3 – решето.

Для першого решета ця кількість визначається виразом:

$$c_{1,2} = \mu \left(1 - \frac{q}{Q} \right) \cdot c_m, \quad (2.8)$$

де μ – імовірність дрібній частці просіятися із шару насіння сояшника, що залежить від різних факторів, і насамперед від співвідношення розмірів дрібних часток і насіння сояшника.

Сумарна кількість дрібних часток, що просіялися через перше решето представляється формулою

$$c_1 = c_{1,1} + c_{1,2} = \frac{q}{Q} c_m + \mu \left(1 - \frac{q}{Q}\right) \cdot c_m = \left[(1 - \mu) \frac{q}{Q} + \mu \right] \cdot c_m. \quad (2.9)$$

Розраховуючи аналогічну кількість часток дрібної домішки, що просіялися на другому, третьому та інших решетах, можна одержати загальну формулу просіювання цих часток на i -тому решеті ($i \leq \bar{N}$):

$$c_i = c_m (1 - \mu)^{i-1} \left[(1 - \mu) \frac{q}{Q} + \mu \right], \quad i \leq \bar{N}. \quad (2.10)$$

Сумарна повнота просіювання дрібної домішки на i решетах представляється виразом:

$$\varepsilon = \frac{1}{c_m} \sum_{j=1}^i c_j = \left[(1 - \mu) \frac{q}{Q} + \mu \right] \sum_{j=1}^i (1 - \mu)^{j-1}; \quad i \leq \bar{N}. \quad (2.11)$$

Процес просіювання дрібних часток на решетах з номером $i > \bar{N}$ здійснюється в однорідних необмежених умовах, при яких описується формулою, аналогічною процесу просіювання насіння сояшника в таких же умовах. Тому загальний вид формули, що визначає повноту просіювання дрібної домішки в центральному каналі, має вигляд:

$$\varepsilon(i) = \begin{cases} \left[(1-\mu) \frac{q}{Q} + \mu \right] \sum_{j=1}^i (1-\mu)^{j-1}; i \leq \bar{N}; \\ 1 - P_m^{i-\bar{N}} (1 - \varepsilon(\bar{N})), i > \bar{N}, \end{cases} \quad (2.12)$$

де P_m – імовірність дрібній частці не просіятися при русі по решету.

Порівнюючи просіювання насіння соняшника й дрібної домішки, представлені формулами (2.5) і (2.12), можна встановити, що дрібна домішка просіюється швидше, ніж насіння соняшника: відношення повноти просіювання дрібної домішки (формула (2.12)) до повноти просіювання насіння соняшника (формула (2.5)) при будь-якій кількості решіт i і різних значеннях імовірності просіювання μ ($0 < \mu < 1$), більше одиниці.

Звідси випливає, що для виділення дрібної домішки із насіння соняшника в бічних каналах зерноочисника немає необхідності направляти в них усе насіння, яке може просіятися через усі решета центрального каналу. Основна частина дрібної домішки може виділитися на суттєво меншій частині решіт центрального каналу, що дозволяє зменшити висоту машини в цілому.

Розглянемо процес виділення дрібних домішок у бічних каналах зерноочисника, припускаючи, що в них надходить досить більша частка $\bar{\varepsilon}$ дрібних домішок, що просіялися із насінням через решета центрального каналу.

Передбачається також, що зерновий потік (насіння соняшника) із дрібними домішками, що надходить у бічні канали розподіляється між ними нарівно й робочий процес у них однаковий. Тому розглядається процес сепарації в одному з каналів.

У каналі встановлені решета, через які можуть просіватися частки дрібної домішки, а для просіювання насіння соняшника зазори між прутками решіт недостатньо великі.

Оскільки решета в каналі однакові то насіння соняшника, що рухається по них, не міняється від одного решета до іншого – міняється тільки вміст дрібних часток у ньому, яке принципово не міняє умов процесу, то можна вважати, що

ймовірність просіювання дрібної частки не залежить від номера решета, на яке вона надійшла. Розглядаючи всю сукупність часток дрібної домішки, слід припустити, що всі вони однакові в тому ступені, у якому мають ту саму ймовірність просіятися через решето.

Повнота просіювання дрібних домішок у цьому випадку представляється формулою

$$\varepsilon(i) = 1 - P^i, \quad (2.13)$$

де P – ймовірність частці не просіятися через решето;

i – кількість решіт у каналі.

Враховуючи, що із центрального каналу в бічні попадає дрібна домішка в кількості $\bar{\varepsilon}$, то загальна частка дрібної домішки, виділеної із насіння соняшника у відхід складе:

$$\varepsilon_0(i) = \bar{\varepsilon} (1 - P^i), \quad (2.14)$$

де $\bar{\varepsilon}$ – визначається з виразу (2.12).

Висновки за розділом

В даному розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто теоретичні передумови просіювання дрібних домішок на пруткових решетах та встановлено, що у результаті застосування таких експериментальних факторів у розроблених розрахункових формулах можна визначити всі необхідні параметри гравітаційного зерночисника заданої продуктивності Q , що забезпечує необхідні показники якості очищення: повноту виділення домішки при заданому рівні втрат насіння соняшника у відхід.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою експериментального дослідження процесу сепарації в гравітаційному зигзагоподібному каналі, утвореному решетами з консольно закріпленими прутками, є перевірка теоретичної моделі процесу й обґрунтування раціональних параметрів гравітаційної машини первинного очищення.

3.1 Програма експериментальних досліджень

Враховуючи завдання, поставлені в роботі, розроблена наступна програма проведення експериментів:

1. Експериментальна перевірка математичного опису процесу просіювання насіння соняшника через решета з консольно закріпленими прутками, що утворюють гравітаційний канал.
2. Дослідження характеру руху зернового матеріалу (насіння соняшника) в гравітаційному каналі при різній його конфігурації.
3. Дослідження процесу виділення дрібної і великої домішки на решетах із прямолінійними і криволінійними прутками.
4. Дослідження процесу просіювання однорідного насіння соняшника в гравітаційному каналі, що виділяє великі домішки.
5. Експериментальна оцінка розподілу компонентів зернової маси, що складається із насіння соняшника і різних домішок у каналах трисекційного гравітаційного зерноочисника.
6. Дослідження процесу виділення зернової домішки в гравітаційному каналі, призначеному для виділення дрібної домішки.
7. Випробування гравітаційних сепараторів у господарських умовах.

3.2 Опис експериментальної установки і устаткування

Експериментальну перевірку математичного опису процесу проводили на

гравітаційному сепараторі із зазорами між прутками 2,0 і 4,0 мм. Сепаратор забезпечує продуктивність на попередньому очищенні до 250 кг/год. Кількість решіт із зазором 2,0 мм – 18 шт., із зазором 4,0 мм – 16 шт.

Ціль дослідження характеру руху зернового матеріалу (насіння соняшника) в гравітаційному каналі при різній його конфігурації – визначення раціональних параметрів решіт і гравітаційного каналу в цілому.

При розгляді об'єкта й умов досліду було виявлено, що можливо звести коло експериментів до дослідження окремого решета, а не всього каналу. У якості досліджуваної поверхні використовували цільну поверхню, повноцінно замінивши нею решето з консольними прутками. Ця заміна полегшила контроль над дослідом і зробила результати більш наочними, не впливаючи на результати дослідів.

Для одержання більш повної картини взаємодії потоку зерна з решетом, проведені досліді із плоскими і криволінійними поверхнями. При цьому як плоска, так і криволінійна поверхня моделює решето гравітаційного сепаратора.

Досліді проводили на спеціальній експериментальній установці (рис. 3.1). Основні її частини – бункер із заслінкою, вібрлоток із приводом, малий бункер, лабіринт, що направляє лоток і безпосередньо сама досліджувана поверхня. Частота коливань лотка, що подає, становила 2750 хв^{-1} , амплітуда коливань – 1,5 мм. Ширина гравітаційного каналу який моделюється – 70 мм. Діапазон зміни подачі матеріалу – від 0 до 500 кг/год. Також конструкція забезпечувала можливість установки напрямного лотка і поверхні в діапазоні кутів від -20 до 55° від вертикалі (рис. 3.2).

Зерновий матеріал (насіння соняшника) засипається у бункер 6, відкривається його заслінка 5 на певну величину і включається живильний двигун 4, який приводить в рух живильний валик 7. Включається двигун 8 приводу вібрлотка 3. Насіння соняшника за допомогою живильного валика і вібрлотка, які служать для більше рівномірного розподілу потоку насіння соняшника і вирівнювання його швидкості, безперервним потоком поступає на направляючий лоток 2 і потім на скатну дошку 9. Направляючий лоток, який може

встановлюватися під різними кутами до горизонталі, встановлений перед сепарувальною гребінкою 1, імітує роботу гребінки. Направляючий лоток при проведенні досліджень мав такий же кут нахилу до горизонтальної площини і довжину як у сепарувальної гребінки.

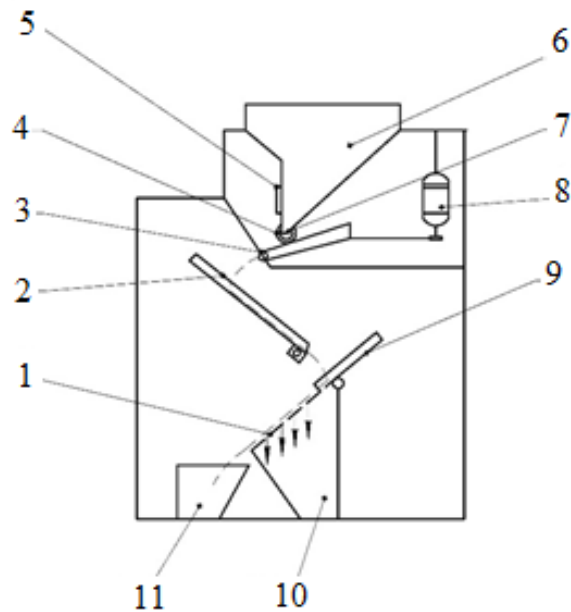


Рисунок 3.1 – Схема експериментальної установки

1 – сепарувальна гребінка; 2 – направляючий лоток; 3 – вібралоток;
 4 – живильний двигун; 5 – заслінка; 6 – бункер; 7 – живильний валик;
 8 – двигун; 9 – скатна дошка; 10 – бункер дрібної домішки; 11 – бункер зернового вороха.

При роботі зерно засипається в бункер, відкривається його заслінка на певну величину і включається двигун привода живильника. При торканні зернового потоку робочої поверхні на ній відбувається стирання шару побілки. Через прозору передню стінку установки можна спостерігати, як поводить себе зерновий потік. Після закінчення дослідів на поверхні пластини залишається чіткий відбиток, що дозволяє судити, на якій площі зерно взаємодіє із пластиною.

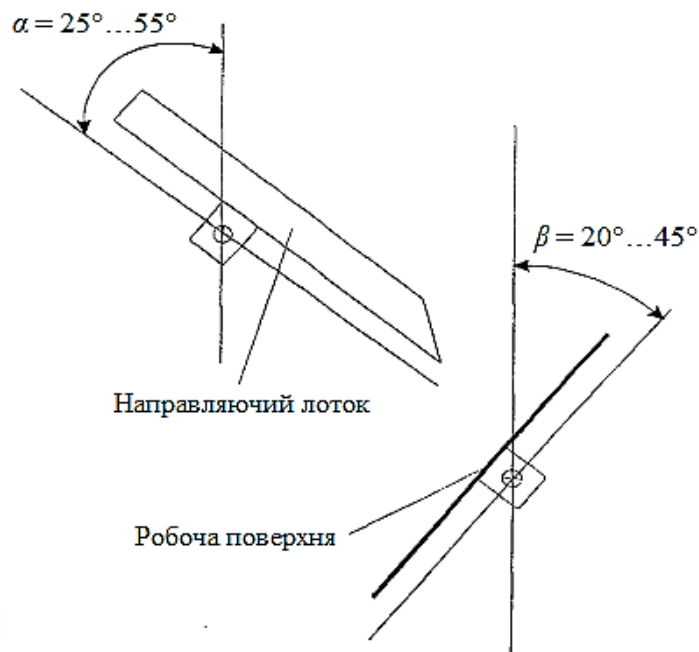


Рисунок 3.2 – Кути установки лотка і робочої поверхні.

Були виготовлені криволінійні поверхні з різною кривизною. Набиралися вони зі смужок жерсті шириною 20 мм і довжиною 70 мм. Смужки з однієї сторони кріпили перпендикулярно до загальної підставки так, щоб вони становили безперервну площу, причому кожна з них була повернена на певний кут відносно вертикалі, чим досягалася необхідна кривизна (рис. 3.3). Поверхню покривали шаром нітрофарби, на яку був нанесений шар побілки. Застосовувалися п'ять зразків поверхні з наступними значеннями кривизни (у градусах) по ділянках:

- 1) -10; -5; 0; 5; 10;
- 2) 0; 5; 10; 15; 20;
- 3) -10; 0; 10; 20; 30;
- 4) -10; -5; 20; 35; 50;
- 5) 5;-20;-10; 0; 10; 20.

Кут установки напрямного лотка був близький до кута нахилу останньої смужки (з метою імітації взаєморозташування решіт у гравітаційному каналі).

Досліди, у яких досліджували процес просіювання великої і дрібної домішки, проводили на гравітаційних колонках.

Установка із прямолінійними прутками, що виділяє дрібні домішки мала наступні характеристики: продуктивність – 6 т/год; габаритні розміри –

1200×200×200 (висота, ширина, товщина); кількість решіт – 10 шт, діаметр прутків решіт – 1,0 мм; довжина прутків – 110 мм; зазор між прутками – 1,7 мм.

Установки із прямолінійними і криволінійними прутками, що виділяють великі домішки, мали наступні характеристики: продуктивність – 12 – 15 т/год; розміри – 1200×240×200 (висота, ширина, товщина); кількість решіт – 8 шт; діаметр прутків – 1,0 мм; довжина прутків – 110 мм.

Продуктивність 12 – 15 т/год установок для очищення від великих домішок обрана відповідно до концепції трисекційного гравітаційного сепаратора з умови компоновання його із двома колонками для виділення дрібної домішки.

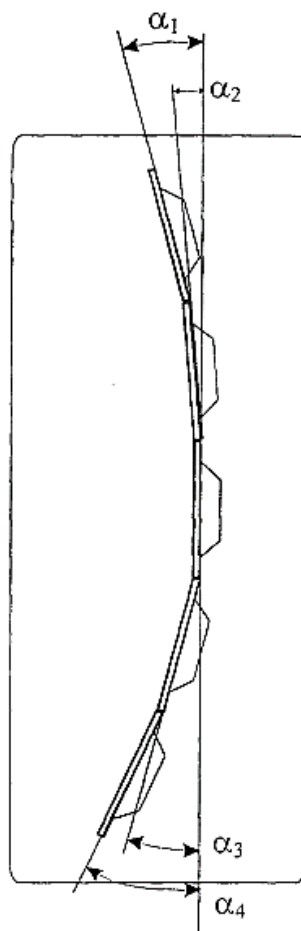


Рисунок 3.3 – Конфігурація криволінійної поверхні

У дослідженнях з пунктів програми із третього по шостий використовували дослідний зразок трисекційного гравітаційного зерноочисника. Його конструктивна схема представлена на рисунку 3.4. Даний зразок виготовлений з урахуванням положень математичної моделі сепарування зернового матеріалу

(насіння соняшника) в гравітаційному каналі криволінійної поверхні.

Сепаратор має наступні характеристики: ширина решіт – 0,2 м; кількість решіт у центральному каналі – 12 шт., у бічних каналах – по 6 шт.; крок установки решіт – 0,1 м.

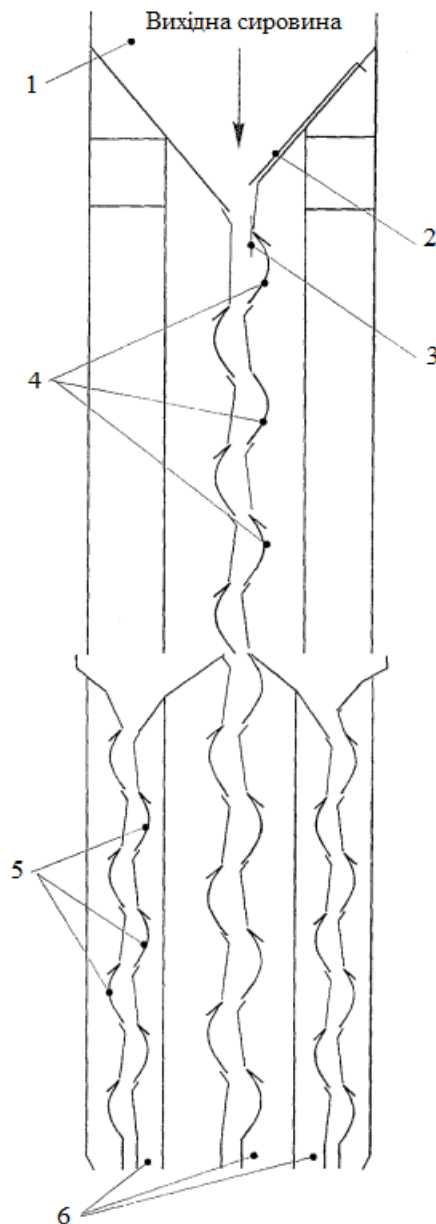


Рисунок 3.4 – Конструктивна схема дослідного зразка гравітаційного сепаратора.

1 – бункер; 2 – заслінка подачі матеріалу; 3 – заслінка розподілу потоку; 4 – решітка каналу, що виділяє великі домішки; 5 – решітка каналів, що виділяють дрібні домішки; 6 – патрубки відводу зерна і домішок.

Насіння соняшника засипається в бункер 1 (рис. 3.4), звідки надходить у центральний канал, що виділяє великі домішки. Подача регулюється заслінкою 2, а розподіл матеріалу між бічними каналами – заслінкою 3. Після проходу через центральний і бічні канали, насіння соняшника і домішки надходять у патрубки 6, звідки направляються в ємності. Додатково може використовуватися пневмосистема – циклон з відцентровим вентилятором. Конструкція дозволяє змінювати подачу в діапазоні від 0 до 12 т/год з використанням насіння соняшника.

3.3 Методика проведення дослідів

3.3.1 Методика перевірки математичної моделі

При перевірці використовували наступний зерновий матеріал:

1. Однорідне насіння соняшника фракції по товщині 2,5 – 3,0 мм – 100 г.
2. Суміш насіння соняшника товщиною більше 2,2 мм (250 г) і зерен люцерни (15 г).
3. Суміш насіння соняшника товщиною більше 2,2 мм (250 г) і насіння соняшника, розрізаного уздовж (500 шт.).

Дослід із сумішшю із насіння соняшника і зерен люцерни необхідний для перевірки застосовності математичної моделі до процесу просіювання із зернового потоку дрібної бур'янистої домішки, а дослід із сумішшю із цілого насіння соняшника і насіння соняшника, розрізаного уздовж – про її застосовність до процесу просіювання з потоку бур'янистої зернової домішки.

Для контролю кількості фракції, що просіялась, під кожними решетами сепаратора встановили накопичувач насіння, що просіялося. Матеріал засипали в приймальний пристрій сепаратора, намагаючись підтримувати його подачу рівномірно. По закінченню досліду з кожного накопичувача витягали матеріал, що пройшов через відповідну гребінку, і підраховували кількість насіння або його масу.

Просіювання матеріалу через кожне решето розглядаємо як окремий дослід. У зв'язку із цим математичне очікування серії дослідів процесу просіювання через

n решіт визначаємо по формулі [27]:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (2.1)$$

де x_i – i -тий результат спостережень (результат просівання через i -те решето);

n – число решіт, що брали участь у досліді.

Середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}. \quad (2.2)$$

Довірчі границі випадкової погрішності результату виміру знаходили по формулі:

$$\varepsilon_{\text{дов}} = t\sigma, \quad (2.3)$$

де t – коефіцієнт Стьюдента, який залежно від довірчої ймовірності P і числа результатів спостережень n знаходили по таблиці довідкової літератури.

Нами була прийнята довірча границя випадкової погрішності досліду 5 % при довірчій ймовірності 0,95.

3.3.2 Методика дослідження процесу виділення дрібної і великої домішки в сепараторі, оснащеному прямолінійними і криволінійними прутками

Підготовлений вихідний матеріал (насіння соняшника) засипали в сепаратор. При цьому вели облік часу за допомогою секундоміра для визначення подачі, при якій протікав дослід. Рівень подачі при дослідженні виділення дрібної домішки – 0,4 – 6,8 т/год; при дослідженні виділення великої домішки – 1,3 – 14,6 т/год.

3.3.3 Методика дослідження процесу сепарації в гравітаційному каналі

Досліди проводилися в наступній послідовності: наважка чистого однорідного насіння соняшника масою 5 кг засипалася в бункер установки (рис. 3.2). Заслінку подачі матеріалу переводили у відкритий стан. Одночасно із включенням привода лотка, що подає, включали секундомір. Попередньо встановлювали підготовлену робочу поверхню. Після закінчення з бункера всього насіння соняшника, фіксували час дослідів.

Напрямний лоток встановлювали під кутами рівними α 55, 45, 35 і 25° від вертикалі. Кут нахилу робочої поверхні β був наступним: 45, 40, 30, 20, 10, 0, -10 і -20° від вертикалі (рис. 3.4). Значення кутів обрані з урахуванням реальних умов розміщення поверхонь, що сепарують у машинах. Крок кута нахилу робочої поверхні (10)° визначений з обліком того, щоб необґрунтовано не завищити число дослідів і разом з тим урахувати важливі точки досліджень, одержавши при цьому чітку картину процесу.

Фіксацію «картинки» робочої поверхні проводили при установці кожного кута прямого лотка, при якому варіювався кут установки робочої поверхні, причому кожній позиції робочої поверхні відповідали три рівні продуктивності.

Проведення дослідів при трьох різних рівнях продуктивності необхідно для одержання даних при відмінних один від одного станах потоку насіння соняшника. Середні рівні продуктивності наступні, кг/год: 10 (розріджений шар), 25 (нормальний зерновий шар товщиною 3,5 – 4,0 мм) і 45 (насичений зерновий шар товщиною 7,5 – 8,0 мм). Ці рівні подачі відповідають значенням продуктивності машини при перерахуванні на метр робочої ширини сепарувального каналу 1,43; 3,6 і 6,5 т/год. Досліди із криволінійними поверхнями проводили при рівні подачі 250 кг/год.

3.3.4 Методика дослідження трисекційного сепаратора

Дослідження каналу, що виділяє великі домішки, велося за наступною схемою. При закритій заслінці подачі матеріалу засипали порцію зернового матеріалу в бункер сепаратора. Одночасно з відкриванням заслінки включали

секундомір. Результати вносили в журнал експериментального дослідження. Визначали подачу, при якій проводили дослід, масу зерна і масу та кількість домішок у каналах. Досліди велися у дворазовій повторності.

Оцінку впливу завантаженості решіт у центральному каналі на ефективність поділу різних компонентів зернового матеріалу (насіння соняшника) проводили, порівнюючи ступінь поділу зерна і великих домішок на двох і шести решетах, використовуючи той самий матеріал. Причому на двох решетах забезпечували щільний потік матеріалу, а на шести – розріджений. У кожному досліді співвідношення зерна і великої домішки було різним. Сепаратор доробили в такий спосіб. У центральному каналі заглушили решета верхньої напівсекції центрального каналу із третього по шосте зверху. При цьому залишилися відкритими верхні два решета верхньої напівсекції і шість решіт нижньої напівсекції центрального каналу. При закритій заслінці бункера засипали зерновий матеріал у бункер, потім відкривали заслінку. Після проходження всієї маси насіння, видаляли прохід через два решета верхньої напівсекції, а схід і прохід шести решіт нижньої напівсекції поєднували і знову засипали в бункер. У такій послідовності дослід повторювали доти, поки кількість повноцінного насіння соняшника в складі матеріалу ставала мінімальною при перевазі великих домішок.

У досліді контролювали кількість сходу і проходження насіння соняшника та тієї частини великої домішки, яка відрізняється мінливістю характеру просівання залежно від співвідношення насіння соняшника і подібної домішки в матеріалі. У цьому випадку це відрізки стебла соняшника довжиною до 40 мм. При цьому, результати дослідження, проведеного на двох решетах верхньої напівсекції порівнювали з результатами попереднього дослідження на шести решетах нижньої напівсекції, тому що й у тому й в іншому випадку склад матеріалу однаковий, різні тільки умови просівання.

При дослідженні каналів, що виділяють дрібні домішки, фіксували час проведення дослідження, масу зерен різних фракцій у центральному і бічних каналах, визначали подачу. Маса фракцій визначали після поділу сходових і проходових компонентів на решітному класифікаторі. Рівні подачі, при яких проводили дослід,

т/год: 1; 2 і 3. Комплекти решіт, використані під час дослідів в бічних каналах: 2,25; 2,0; 1,75 мм.

3.4 Підготовка дослідного матеріалу насіння соняшника

На кожному етапі експериментального дослідження підготовка насіння соняшника велася виходячи з умов дослідів.

На етапі перевірки математичної моделі однорідний матеріал насіння соняшника був підготовлений на решітному класифікаторі, на решетах 3,2 і 2,8 мм. Неоднорідна маса насіння соняшника не сортувалася, використовувалася з-під комбайна.

Досліди по дослідженню процесу очищення насіння від дрібних домішок проводили на зерновому матеріалі насіння соняшника. Маса вихідного матеріалу становила 20 кг, а маса дрібної домішки в ній – 700 г. Склад вихідного матеріалу готувався штучно. Насіння очищалося від великих домішок на решеті 3,6 мм і від дрібних 1,7 мм. Потім в очищене насіння масою 20 кг додавали виділену дрібну домішку в кількості 700 г. У такий спосіб засміченість вихідного матеріалу становила 3,4 %.

Досліди по дослідженню процесу очищення від великих домішок провели на насінні соняшника в яке додавали як велику домішку залишки стебла довжиною від 20 до 40 мм у різних об'ємах.

При дослідженні розподілу насіння і домішок в гравітаційному каналу, був приготовлений штучний матеріал, за своїм складом близький до комбайнової купи з урахуванням аналізу показників насіння, що надходить на післязбиральну обробку [37]. У себе він включав: чисте насіння соняшника, підготовлене на класифікаторі з решетами 3,2 і 2,6 мм масою 5000 г; соломисту домішку (залишки стебла соняшника) довжиною до 40 мм, діаметром не більше 2,2 мм у кількості 130 шт.; луццено насіння соняшника в кількості 140 шт.; бур'янисті домішки масою 16,8 г; зерно кукурудзи масою 34,4 г; залишки корзинки соняшника загальної масою 29,8 г. Даний матеріал також використовувався при оцінці впливу

завантаженості решіт у центральному каналі на ефективність поділу різних компонентів дослідного матеріалу (насіння соняшника).

Для дослідження каналів, що виділяють дрібні домішки, підготували за допомогою решітного класифікатора матеріал, що складається із насіння соняшника наступних фракцій:

- 3,0 і 2,6 мм – 5000 г;
- 2,0 і 2,2 мм – 169,9 г;
- 1,75 і 2,0 мм – 185,7 г;
- 1,5 і 1,75 – 169,2 г.

Висновки за розділом

У даному розділі кваліфікаційної роботи було розроблено програми та методики проведення експериментальних досліджень, а також описано експериментальну установку та обладнання. Методика експериментальних досліджень передбачала дослідження процесу виділення дрібної і великої домішки в сепараторі, оснащеному прямолінійними і криволінійними прутками та дослідження процесу сепарації насіння соняшника в гравітаційному каналі трисекційного сепаратора.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Дослідження характеру руху досліджуваного матеріалу в гравітаційному каналі при різній його конфігурації

В експериментах з використанням двох варіантів консольно-пруткових решіт – із прямолінійними прутками й з дуговими прутками – дослідження процесу очищення насіння соняшника від великих домішок проводили на установці продуктивністю 12 – 15 т/год.

Продуктивність 12 – 15 т/год сепаратора для очищення від великих домішок обрана виходячи з умови компонування його із двома модулями для виділення дрібної домішки продуктивністю 6 т/год. Досліди з колонками, що виділяють дрібні домішки проводилися згідно з методикою, представленою в розділі 3, аналіз результатів – на рисунку 4.1. Мається на увазі, що самопливний сепаратор, що забезпечує очищення від великих і дрібних домішок при подачі 12 – 15 т/год являє собою трисекційний пристрій, принцип якого описаний у розділі 3.

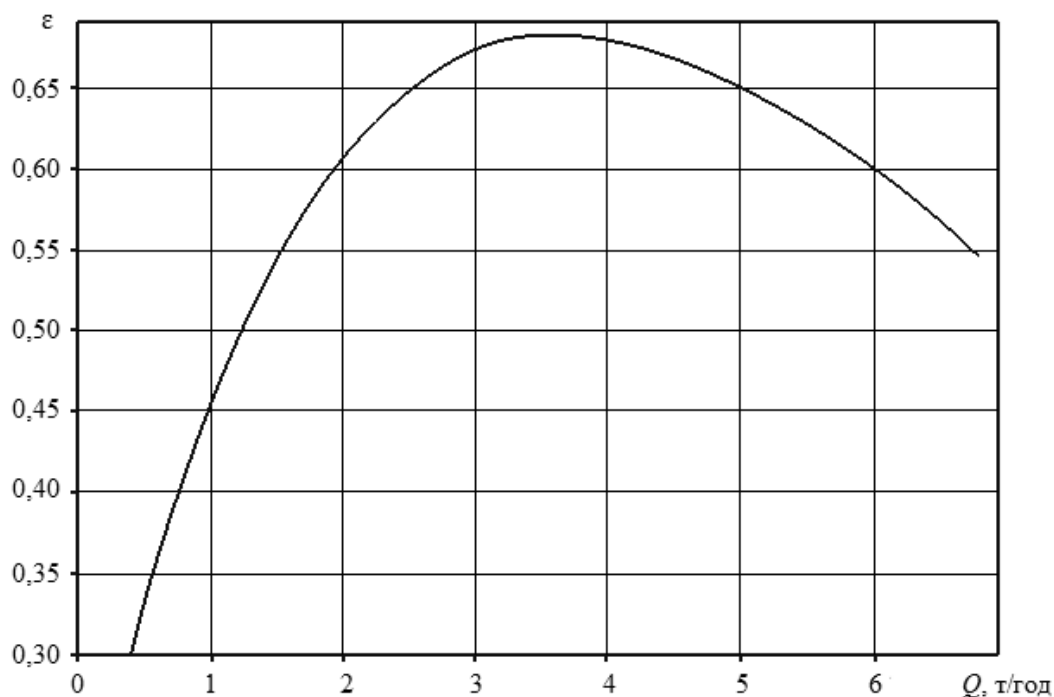


Рисунок 4.1 – Повнота просіювання дрібної домішки із дослідної суміші в гравітаційній колонці із прямолінійними прутками

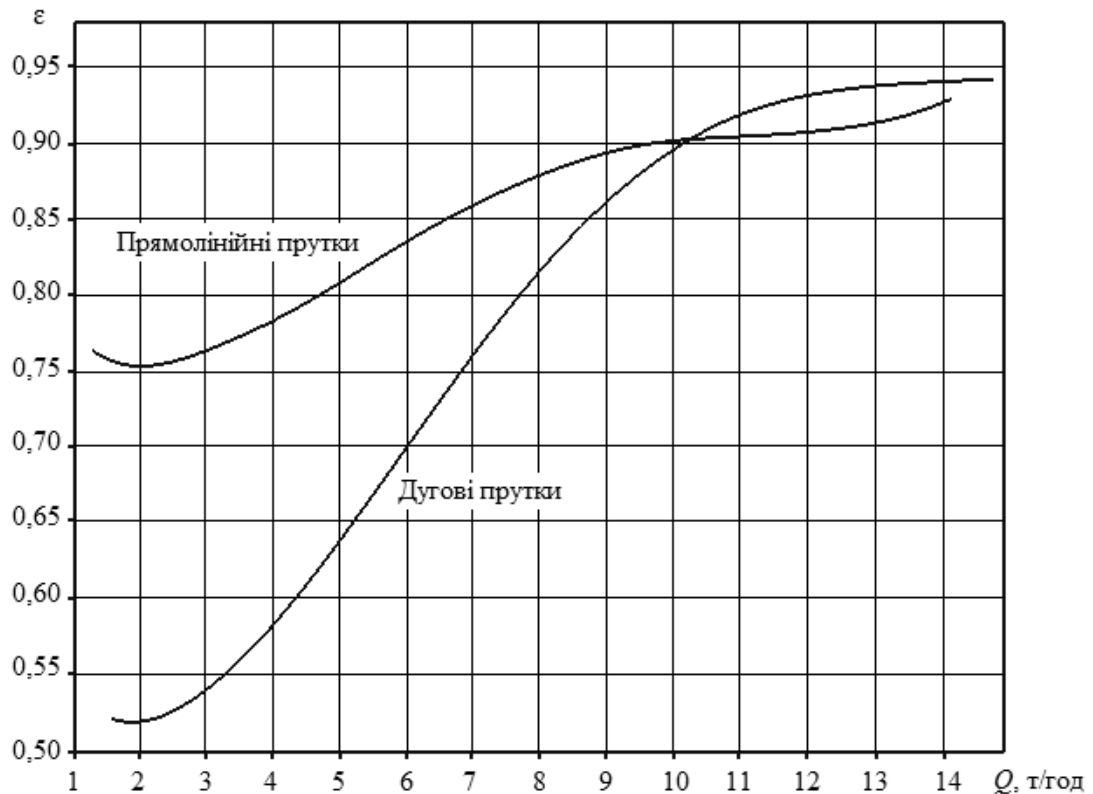


Рисунок 4.2 – Повнота виділення великої домішки із дослідної суміші в гравітаційному сепараторі із прямолінійними й дуговими прутками

Висота такого модульного сепаратора 2,2 м, довжина – 500 мм, ширина – 200 мм; продуктивність – 12 – 15 т/год.

Дослідження установки проведені на насінні соняшника, у яке додавали як велику домішку залишки стебла довжиною від 20 до 50 мм, у різних об'ємах.

Аналіз отриманих результатів (рис. 4.2, 4.3) показує, що повнота виділення великої домішки зростає зі збільшенням подачі матеріалу, причому на малих рівнях подачі більша повнота виділення залишків стебла забезпечується сепаратором із прямолінійними прутками, однак цей варіант конструкції суттєво уступає варіанту з дугоподібними прутками по втратах насіння – втрати насіння в цьому варіанті в 3 – 5 разів менше.

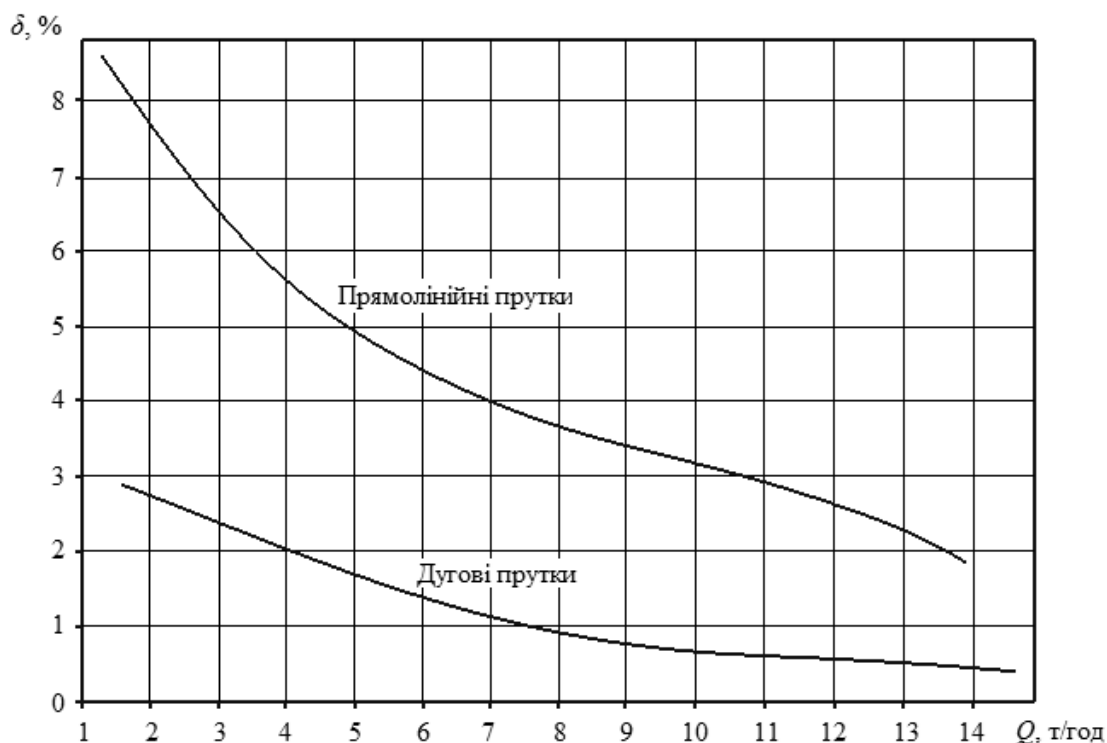


Рисунок 4.3 – Втрати насіння соняшника δ у велику домішку в гравітаційному сепараторі з прямолінійними і дуговими прутками

При номінальних і підвищених подачах (від 10 до 14,3 т/год) сепаратор з дугоподібними прутками дає кращі показники й по ефективності виділення залишків стебла й по втратах, хоча необхідний рівень втрат (по вихідних вимогах на машину попереднього очищення 0,2 %) і в цьому випадку не досягаються, тому що становить 0,4 %. Однак цей недолік конструктивно усувається – для цього досить збільшити число решіт з 8 до 10, або збільшити довжину решіт.

Результати дослідів указують на перспективність застосування в самопливних сепараторах криволінійних робочих поверхонь.

4.2 Дослідження процесу просіювання насіння соняшника в гравітаційному сепараторі

4.2.1 Процес просіювання однорідного насіння соняшника

Результати досліджень, представлені у вигляді таблиці і графічних залежностей на рисунку 4.4 повноти виділення однорідного насіння від подачі

матеріалу, показують, що найбільша кількість насіння просівається у верхній секції при подачі 3,0 – 3,5 т/год, у нижній секції – при подачі 6,5 – 7,5 т/год. При такому рівні подачі товщина потоку перебувала на рівні 3 елементарних шарів. Можна стверджувати про наявність оптимальної щільності потоку, при якій процес виділення основної культури йде найбільш інтенсивно.

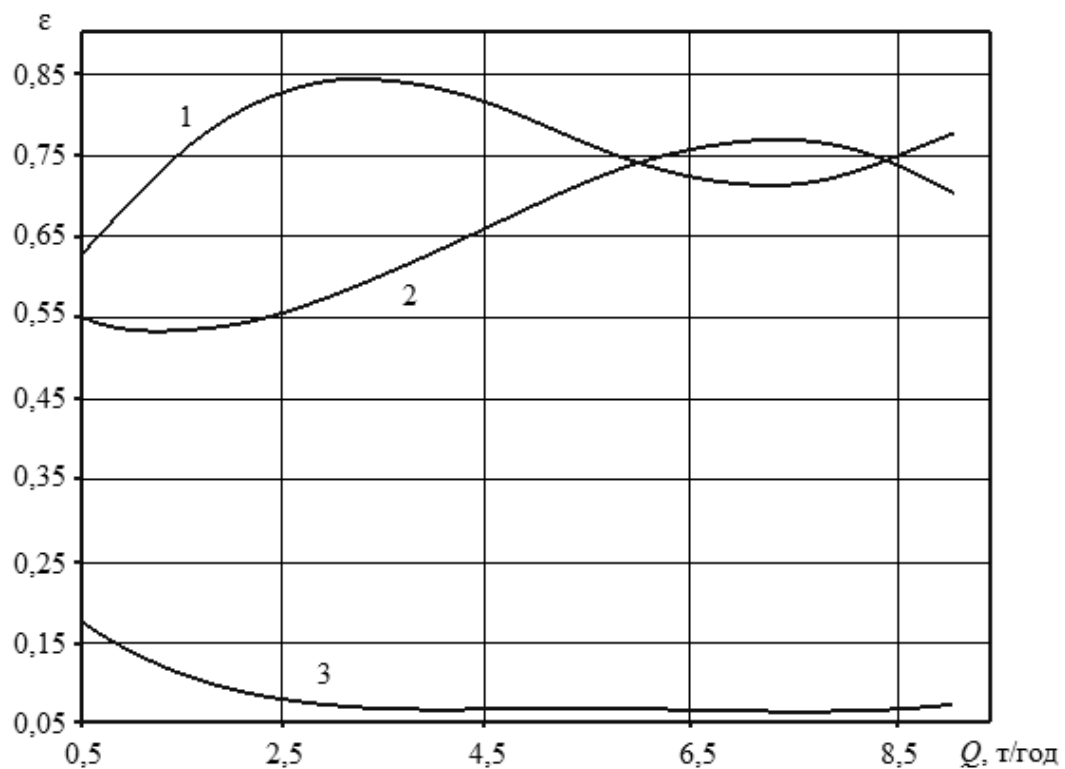


Рисунок 4.4 – Повнота виділення чистого насіння соняшника в верхній і нижній секції каналу, що виділяє крупні домішки

1 – втрати насіння соняшника; 2 – повнота виділення у верхній секції каналу;
3 – повнота виділення насіння соняшника в нижній секції центрального каналу.

Поясненням цьому служить те, що при більшій щільності потоку подальший ріст повноти виділення обмежує пропускна здатність самих решіт. При меншій щільності потік втрачає зв'язаність, починає проявлятися ефект пружності зернівок. При цьому ймовірність влучення зернівки в щілину між прутками дуже мала – по суті це тільки пряме влучення. Найменше зачіпання зернівкою прутка приводить до різкої зміни траєкторії її руху внаслідок високої кінетичної енергії, що здобувається зернівкою через стрибки.

4.2.2 Оцінка розподілу компонентів дослідної суміші, що складається із насіння соняшника і різних домішок у каналі, що виділяє великі домішки

Експерименти проводили на матеріалі, підготовленим відповідно до методики, описаної в розділі 2. Рівні подачі – від 2,2 до 8,6 т/год. Встановлено, що на решетах із зазорами 4,0 мм у верхній частині каналу просівається до 80 % усієї кількості зерна, причому цей рівень мало коливається в зазначеному діапазоні подачі (рис. 4.5)

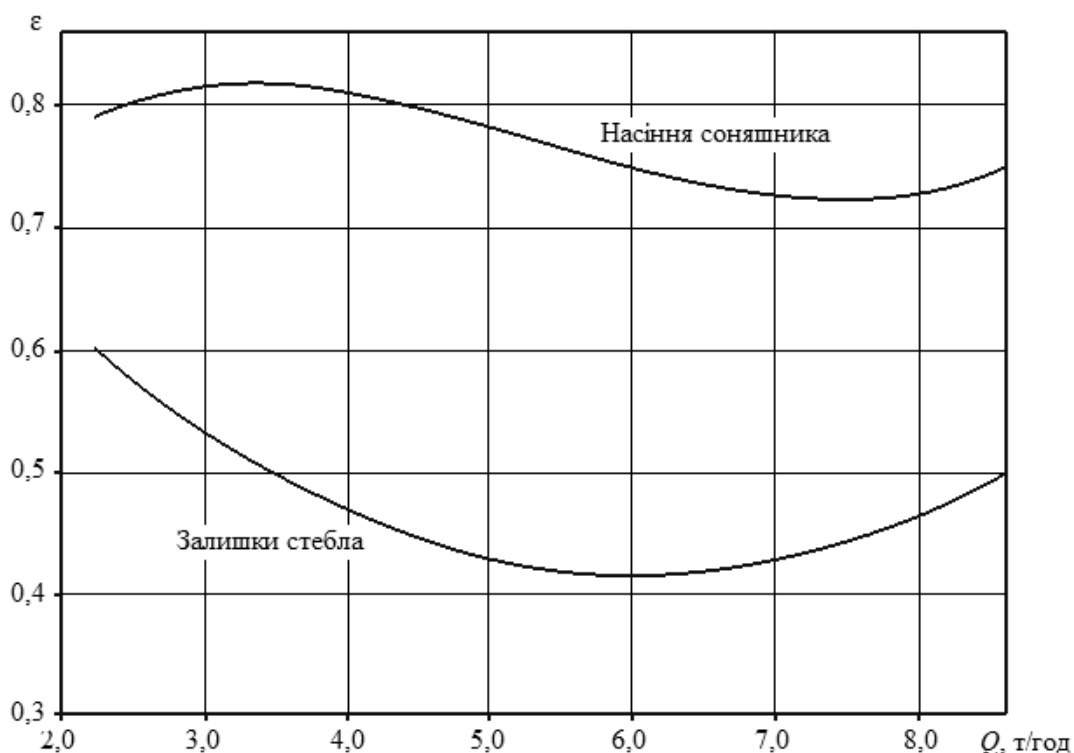


Рисунок 4.5 – Повнота виділення компонентів суміші у верхній напівсекції центрального каналу залежно від продуктивності.

Високий рівень просіювання насіння соняшника у верхніх 6-ти гребінках спостерігається при продуктивності до 3,0 т/год. У цьому ж діапазоні помітна й найбільша інтенсивність просіювання залишків стебла, яке знижується в міру збільшення рівня подачі. Ступінь просіювання залишків стебла при малій подачі становить 0,5 – 0,6, при збільшенні подачі до 8,6 т/год опускається до 0,4. Це вказує на те, що із щільного шару, що обтікає гребінки сепаратора, домішки, подібні соломистим, просіваються гірше, ніж з розрідженого. На нижніх 6 гребінках потік

збіднений насінням. Більша його частка просівається на верхніх 6 гребінках. Залишків стебла просіюється приблизно 50 %.

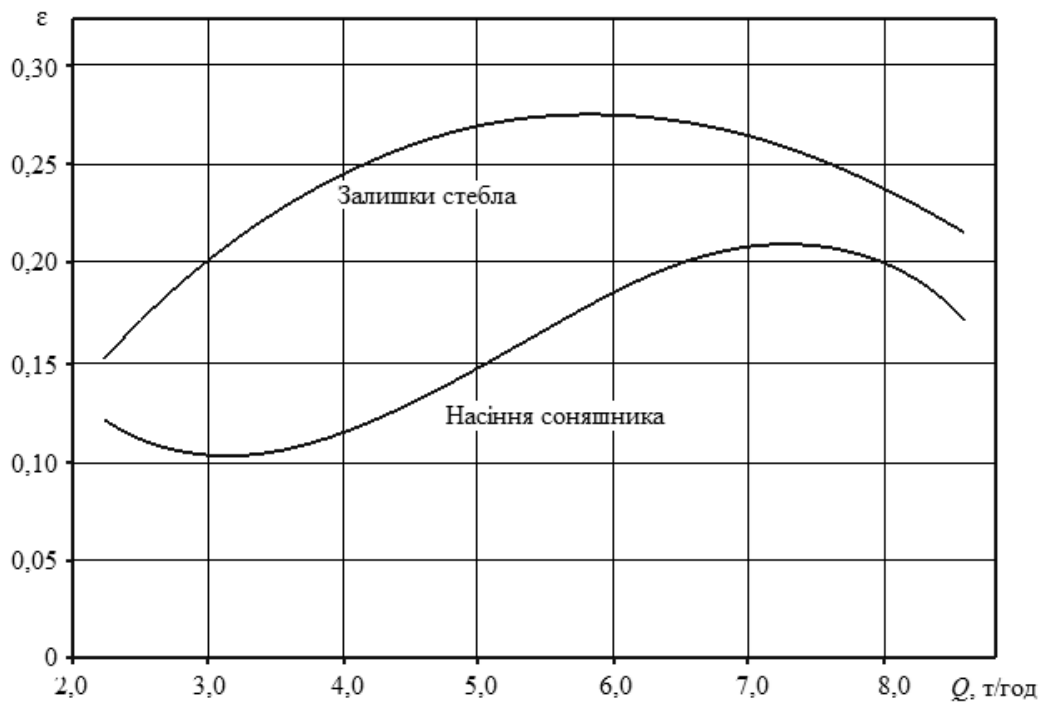


Рисунок 4.6 – Повнота виділення компонентів суміші в нижній напівсекції центрального каналу залежно від продуктивності

Тому потік в області нижніх 6 гребінок розріджений і в ньому переважають великі домішки (рис. 4.6). Внаслідок цього рівень високої просіюваності насіння припадає на значення більшої подачі, коли потік більш насичений насінням. У розрідженому потоці кращі умови просіювання надаються залишкам стебла. При мінімальних рівнях подачі просіюваність насіння падає більш ніж в 2 рази в порівнянні з максимальним рівнем. У нижній секції просіюваність насіння перебуває в межах 0,1 – 0,2; залишків стебла – 0,15 – 0,3.

Ці результати, а також візуальне спостереження вказують на наступне. Угорі, коли потік щільний, з нього інтенсивно виділяється основна культура. Домішки такі як залишки стебла, які представляють велику і довгу фракції, просіваються із труднощами при високих рівнях подачі. У міру зміни складу потоку, у ньому починають переважати домішки, повнота виділення насіння соняшника різко знижується. У розрідженому потоці, що спостерігається візуально, особливо при

малих подачах, порушується зв'язаність потоку і насіння починає стрибати. Імовірність влучення насіння між прутками в цьому випадку мала – по суті це тільки пряме влучення.

Просіювання в каналі, що виділяє великі включення, таких домішок, як кукурудза, залишки корзинки не спостерігалось.

4.2.3 Оцінка впливу завантаженості решіт у центральному каналі на ефективність поділу різних компонентів досліджуваного матеріалу

Оцінка впливу завантаженості решіт у центральному каналі на ефективність поділу різних компонентів досліджуваного матеріалу є доповненням до результатів п. 4.2.2, у якому наочно показана відмінність умов просіювання насіння соняшника і великих домішок по висоті каналу.

Різні великі домішки мають і різні властивості, що визначають характер їх просіювання. Так, важкі й великогабаритні включення (кукурудза, залишки корзинки) не просіваються через решета центрального каналу ні при яких умовах. Домішки, подібні залишкам стебла, які можуть виділятися й повітряним сепаратором, просіваються в більшому або меншому ступені.

Згідно методиці експерименту, після п'яти послідовних пропусків на гребінках 3,5 мм ефективність поділу насіння і залишків стебла на двох решетах склала 53 % (рис. 4.7). На двох решетах із зазором 4,0 через 2 пропуски (рис. 4.8) ефективність поділу зерна і соломи – 45,2 %. Отримані дані свідчать про те, що при підтримці певного рівня щільності потоку, можна добитися більш високих показників ефективності поділу основного матеріалу і великих домішок на двох решетах, ніж на шести при розтягнутому, розрідженому потоці. Це дозволить при застосуванні технічних розв'язків, що забезпечують зазначений ефект, досягти більш якісного очищення зі скороченням втрат повноцінного насіння у велику домішку, при одночасному зменшенні висоти центрального каналу, а, отже і всього сепаратора.

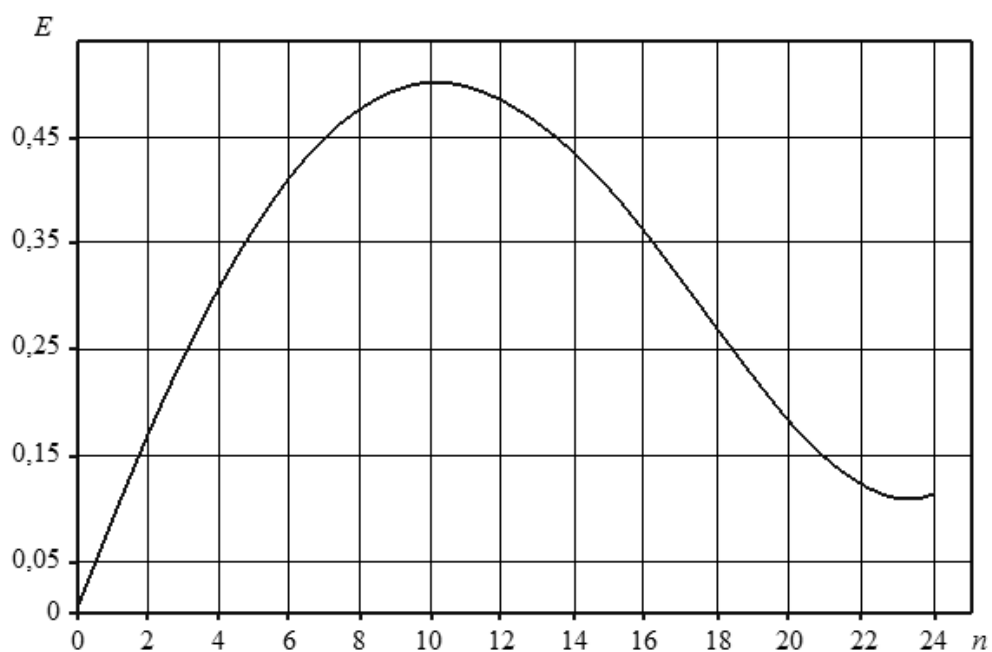


Рисунок 4.7 – Ефективність розподілу компонентів суміші (насіння соняшника-залишки стебла) на решітках зазором 3,5 мм.

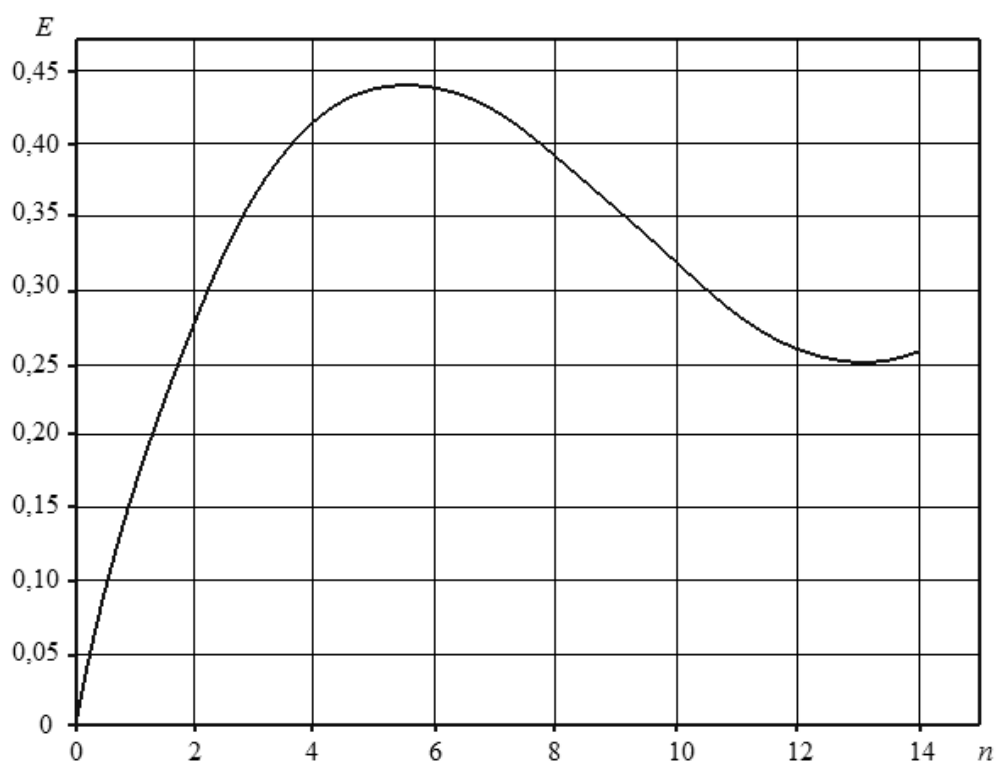


Рисунок 4.8 – Ефективність розподілу компонентів суміші (насіння соняшника-залишки стебла) на решітках із зазором 4,0 мм

4.3 Розробка схеми машини первинної очистки зерна на основі досліджуваного сепаратора гравітаційного типу

Технологічна схема зерноочисного сепаратора запропонованого для використання у виробничих умовах показана на рисунку 4.9.

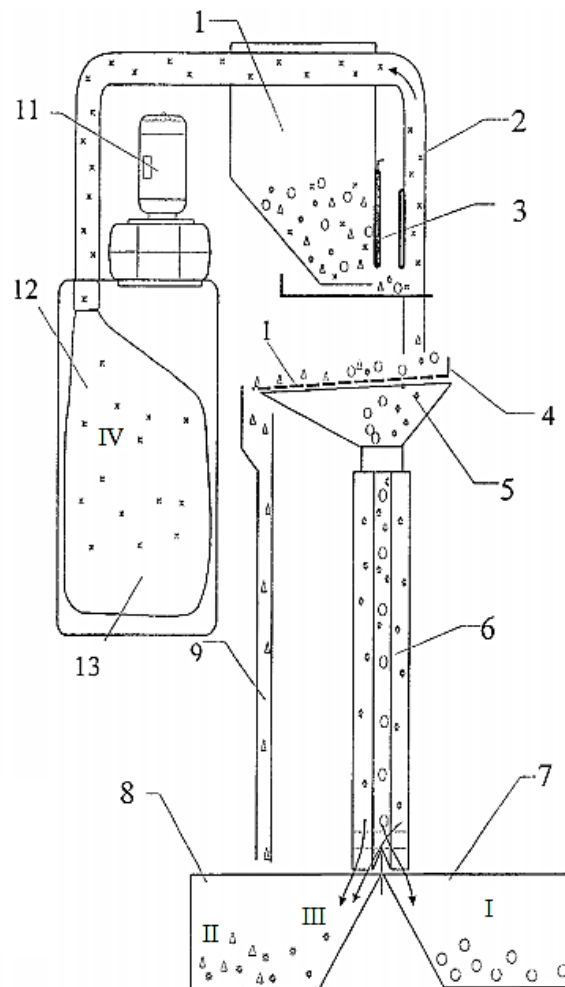


Рисунок 4.9 – Конструктивно-технологічна схема запропонованого гравітаційного зерноочисного сепаратора

1 – прийомний бункер; 2 – пневмосепарувальний канал; 3 – заслінка подачі матеріалу; 4 – щиток; 5 – воронка; 6 – сепарувальна колонка; 7 – ємність очищеного зерна; 8 – ємність відходів; 9 – канал великої домішки; 10 – решето; 11 – вентилятор з електроприводом; 12 – мішок для збору легких домішок; 13 – аспіраційна ємність; I – основний матеріал; II – крупні домішки; III – дрібні домішки; IV – легкі домішки.

Процес очищення йде в наступній послідовності: вихідний матеріал надходить у прийомний бункер 1, далі в пневмосепаруючий канал 2, де очищається від легких домішок висхідним повітряним потоком. Із пневмосепаруючого каналу матеріалу надходить на щиток 4, потім на решето 10 з великими отворами, де відбувається виділення великих домішок. Пройшовши через отвори решета зерна направляються у воронку 5, а схід з решета (великі домішки) надходить через канал відводу великої домішки 9 у ємність відходів 8. З воронки матеріал подається в сепарувальну колонку 6, де під дією гравітаційних сил відбувається очищення від дрібних домішок. Очищене зерно (насіння соняшника) і дрібні домішки після колонки відводяться у відповідні ємності.

Для проведення випробувань на насінні соняшника рекомендованими параметрами роботи сепаратора є розмір решета $\varnothing 8,0$ мм і решітки гравітаційного сепаратора із зазором 4,0 мм, амплітуда коливань решета – 1,5 мм, частота коливань – 2870 хв^{-1} .

З отриманих матеріалів випливає, що при проведенні випробувань сепаратора на первинному очищенні насіння соняшника з дотриманням рекомендованих параметрів, чистота насіння соняшника складе 99,38 – 99,57 %, вміст бур'янів від 2 до 5 шт/кг. Повнота виділення великих, дрібних і легких домішок склала 0,81 при оптимальній подачі.

Висновки за розділом

На основі результатів досліджень встановили параметри гравітаційних каналів машини первинної очистки питомою продуктивністю 12,5 т/ год·м, що виділяє із зернового матеріалу великі, дрібні і легкі домішки одночасно, що включає центральний і два бічні канали: радіус кривизни, що сепарує поверхні решіт – 0,07 – 0,10 м; крок розміщення решіт по висоті – 0,06 – 0,12 м, кількість решіт у центральному каналі – 10 – 14, бічних – 6 – 8. Такий сепаратор можливо використовувати і як машину попереднього очищення, при цьому питома продуктивність на метр ширини гравітаційного каналу зростає вдвічі – 25 т/ год·м.

Також визначені параметри гравітаційного каналу машини для вторинного очищення зерна питомою продуктивністю 2,5 – 3,0 т/ год·м: радіус кривизни, що сепарує поверхні решіт – 0,03 – 0,045 м; крок розміщення решіт по висоті – 0,025 - 0,05 м; кількість решіт – 12 – 15.

Запропоновано технологічну схему зерноочисного сепаратора на основі досліджуваного сепаратора гравітаційного типу. Перевірку результатів досліджень отриманих в лабораторних умовах було здійснено в умовах ПрАТ з іноземними інвестиціями «ДМЕЗ». При проведенні випробувань сепаратора на первинному очищенні насіння соняшника з дотриманням рекомендованих параметрів, чистота насіння соняшника складе 99,38 – 99,57 %, вміст бур'янів від 2 до 5 шт/кг. Повнота виділення великих, дрібних і легких домішок склала 0,81 при оптимальній подачі.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Під час розроблення карти безпеки праці (рисунок 5.1) було враховано всі характеристики та умови праці операторів зернових сепараторів.



<p>I. Характеристика умов праці</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Місце роботи – ділянка первинної очистки насіння соняшника; 2. Вид робіт – очищення насіння соняшника від сторонніх домішок; 3. Кваліфікація – оператор зерноочисного обладнання. 	<p>II. Вимоги технічних умов забезпечення безпеки праці</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Застосовувати засоби індивідуального захисту; 2. Освітленість робочого місця – 150 лк; 3. Повітряний обмін – 1000 м³/год.
<p>III. Індивідуальні засоби захисту на робочому місці</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Костюм, комбінезон бавовняний; 2. Ботинки шкіряні; 3. Головний убір; 4. Одяг повинен бути застебнутий на всі гудзики. 	<p>IV. Показники технологічного режиму та міри безпеки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ефективність очистки – 99 %; 2. Наявність захисних кожухів обов'язкова; 3. Не допускається виконувати регулювання при увімкненому електродвигуні.
<p>V. Загальний вигляд установки</p> 	<p>VI. Вимоги безпеки праці перед початком робіт</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Починаючи роботу працівник повинен перевірити справність машини; 2. Перевірити наявність та справність захисних огорожень приводів робочих органів; 3. Перед включенням зерноочисної машини переконатись, що нікому із присутніх біля машини не загрожує небезпека від рухомих частин і механізмів
<p>VII Вимоги безпеки при виконанні операції очистки зерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Роботи повинні виконуватись згідно заходів безпеки встановлених ДНАОП та існуючої на підприємстві документації. 2. До роботи на сепараторі допускаються, що досягли 18 років, пройшли навчання та всі види інструктажу з охорони праці, стажування і мають досвід роботи на даному обладнанні. 3. Забороняється проводити ремонтні роботи і очистку сепаратора не вимкнувши його від мережі і без повної зупинки робочих органів. 5. Дотримуватися правил електробезпеки, здійснювати контроль допоміжних захисних пристроїв та захисних огорожень. 	
	

Рисунок 5.1 – Карта безпеки праці оператора зерноочисного сепаратора

5.2 Утилізація відходів виробництва під час первинної обробки насіння соняшника в умовах ПрАТ з П «ДМЕЗ»

Елеватор ПрАТ з П «ДМЕЗ» представляє собою сучасний елеватор із повністю механізованими зерносховищами, які забезпечують безпечність продукції та відповідні запобіжні заходи. На виробничих площах застосовуються такі операції:

Залишки виробництва елеватора підлягають зберіганню на складі після очищення будівлі зерносховища. Спеціалізоване обладнання запобігає потраплянню опадів та температурним коливанням за межі об'єкта, уникненню утворення конденсату водяної пари та посилення шкідливих організмів. Однак забороняється довготривале зберігання відходів, їх слід негайно видаляти.

Для поліпшення гігієни в зерносховищах необхідно видаляти залишки зерна зі складу після його промивання. Своєчасна утилізація підйомних відходів також може запобігти самозайманню, появі гризунів і хвороботворних мікроорганізмів. Відходи з елеватора вивозяться в центри збору відходів.

Об'єднання відходів різних категорій заборонене, оскільки це значно ускладнює їх обробку і подальше використання комбікормовому виробництві. Екологічна безпека залежить від дотримання вимог зберігання, транспортування та утилізації відходів елеватора.

Неправильна або невчасна утилізація відходів може призвести до небезпечних екологічних проблем. Елеваторні відходи утилізуються поетапно. Вони включають у себе такі етапи.

- пакування у спеціальні герметичні контейнери для доставки на переробні підприємства;
- відокремлення відходів для виробництва субстрату та біогумусу;
- поділ відходів для використання в кормових цілях;
- термообробка з мінімальним викидом шкідливих продуктів згоряння.;
- біологічне знезараження для недопускання розкладання під впливом хімічних речовин та активних бактерій;

- утилізація на полігоні або в компостній ямі;
- тривале зберігання в закритих контейнерах з подальшим переміщенням у бункери.

Висновки за розділом

У даному розділі кваліфікаційної роботи було розроблено картку безпеки для операторів сепараторів очистки зерна, а також обговорено та визначено використання відходів насіння соняшнику після його підготовки до переробки.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Метою економічних розрахунків для обґрунтування ефективності дослідження є оцінка отриманих результатів і доцільності реалізації проекту обґрунтування параметрів гравітаційного сепаратора для розділення зернової суміші на фракції продуктивністю до 3 т/год, що відповідає вимогам до первинного очищення зерна.

Структура дослідження включає підготовку переліку завдань, визначення їх взаємозв'язку та тривалості, складання мережевої програми, визначення критичного шляху та розрахунок кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік завдань, які передбачається виконати під час дослідження з визначення впливу технічних і технологічних параметрів гравітаційного сепаратора на ефективність виділення дрібної фракції, наведено в табл. 6.1.

Згідно з планом робіт буде створено мережевий графік. Це графічна модель, яка показує майбутні роботи і процеси у вигляді окремих етапів і дозволяє шляхом розрахунків визначити оптимальний варіант їх виконання. На етапі реалізації мережевий графік дає можливість оперативно управляти ходом виконання робіт (рис. 6.1).

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Вибір теми науково-дослідної роботи	1
2-3	Літературний пошук та написання огляду	18
3-4	Складання плану науково-дослідної роботи	2
4-5	Розробка методики проведення досліджень	3
5-6	Підготовка дослідних зразків насіння соняшника	3
6-7	Підготовка макетного зразка гравітаційного сепаратора	20
7-8	Визначення впливу основних геометричних параметрів робочих органів на ефективність процесу очищення	4

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
7-9	Визначення впливу вологості насіння соняшника на ефективність процесу очищення	3
7-10	Визначення впливу ступеня початкової засміченості на ефективність процесу очищення	5
7-11	Визначення впливу ступеня завантаження робочих органів сепаратора на ефективність процесу очищення	6
8-12	Аналіз та обробка результатів дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Обробка результатів експериментальних даних	4
13-14	Підготовка матеріалу до публікації	5
14-15	Формування демонстраційного матеріалу	4

Відповідно до плану дослідження створюється мережевий графік. Це графічна модель, яка показує завдання і процеси, що мають бути виконані на окремих етапах, і дозволяє визначити найкращий спосіб реалізації шляхом розрахунків. На етапі реалізації мережевий графік дає змогу швидко керувати ходом робіт (рис. 6.1).

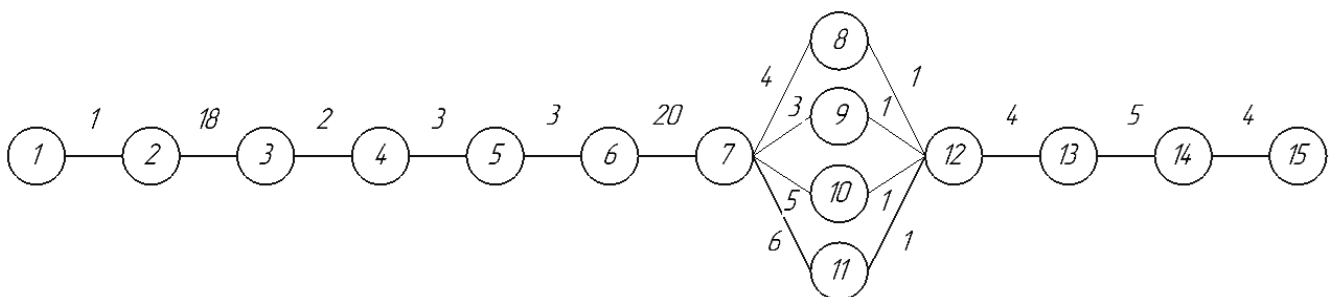


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення науково-дослідної роботи

За допомогою мережевого графіка знаходимо повний шлях (безперервний період діяльності від першої події до останньої).

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14-15}^1 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 4 + 1 + 4 + 5 + 4 = 65;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13-14-15}^2 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 3 + 1 + 4 + 5 + 4 = 62 ;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13-14-15}^3 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 5 + 1 + 4 + 5 + 4 = 66 ;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13-14-15}^4 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 6 + 1 + 4 + 5 + 4 = 67.$$

Шлях, який має максимальну тривалість називають критичним. У нашому випадку критичним є четвертий шлях з тривалістю в 67 днів.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати, пов'язані з проведенням дослідження, визначаються на основі кошторису. Вони включають витрати на матеріали, електроенергію, заробітну плату, амортизацію та накладні витрати.

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Насіння соняшника, кг	80	7,2	576,0
Всього			576,0

Результати розрахунку заробітної плати людей, що приймали участь у дослідженнях наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	47,62	20	952,40
Всього				952,40

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{952,40 \cdot 22}{100} = 209,53 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – час роботи на установці, год;

a – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Затрати енергії на сушильну шафу складають:

$$E_1 = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1,68 = 43,54 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на електронні ваги складають:

$$E_2 = 0,006 \cdot 0,9 \cdot 18 \cdot 1,68 = 0,16 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на витяжну шафу складають:

$$E_3 = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 12 \cdot 1,68 = 16,32 \text{ грн.}$$

Загальні затрати електроенергії складають:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = 43,54 + 0,16 + 16,32 = 60,02 \text{ грн.}$$

Величину амортизаційних відрахувань розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати наведені в табл. 64.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунку амортизаційних відрахувань

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Сушильна шафа	6850,0	24	3	13,51
Електронні ваги	2090,0	24	3	4,12
Витяжна шафа	15000,0	24	2	19,73
Всього				37,36

Накладні витрати складають:

$$\frac{(952,40 \cdot 80)}{100} = 761,92 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідної роботи представлений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на проведення дослідної роботи

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	576,00
Заробітна плата	952,40
Нарахування на заробітну плату	209,53
Електроенергія	60,02
Амортизація	37,36
Накладні витрати	761,92
Всього	2597,23

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату і накладні витрати.

6.3 Розрахунок ціни досліджень

Ціну досліджень розраховуємо за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.8)$$

де $Ц$ – ціна дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 2597,23 + \frac{30 \cdot 2597,23}{100} = 3376,40 \text{ грн.}$$

Загальна вартість досліджень складає 3376,40 грн.

Висновки за розділом

Найбільшими є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 952,40 грн та 761,92 грн. Загальна вартість досліджень складає 3376,40 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що при гравітаційному способі сепарації, так само як і при традиційному із приводними решетами, досягається будь-яка, що не перевершує одиниці, повнота просівання прохідної фракції, що підтверджує принципову можливість створення зерночисних машин гравітаційного типу як для попередньої, так і для первинного й вторинного очищення.

2. Розроблено математичну модель, що адекватно описує процес гравітаційної сепарації насіння соняшника, дозволяє визначати кількість решіток у каналі, достатнє для досягнення необхідної ефективності роботи машини.

3. Встановлено, що увігнута сепарувальна поверхня, решіток гравітаційного каналу в порівнянні із плоскою забезпечує більш ефективний процес просіювання насіння соняшника. Залежність інтенсивності просіювання від кривизни решетної поверхні має екстремальний характер. Оптимальна форма решета залежить від питомого навантаження (продуктивності) і граничних розмірів великих часток оброблюваного матеріалу й може бути визначена експериментально за розробленою методикою стосовно до конкретних умов.

4. Експериментально доведено, що процес сепарування насіння соняшника в гравітаційному каналі з решітками оптимальної форми найбільше ефективно здійснюється в умовах завантаження, при яких оброблюваний матеріал, що рухається по решітках, має вигляд безперервної зигзагоподібної стрічки товщиною в 2 – 4 насінини. При русі матеріалу більш рідким, ніж елементарний, потоком ефективність процесу просіювання насіння знижується із-за стрибкоподібного характеру руху розрізнених часток по сепарувальній поверхні решіт.

5. Підтверджено, що просіювання довгих часток, близьких по товщині до основного насіння, має відмінну рису: в умовах завантаження товстим шаром вони просіваються суттєво менш інтенсивно, ніж основне насіння, а в умовах елементарного завантаження – більш інтенсивно.

6. Експериментально встановлено основні параметри гравітаційних

каналів універсальної машини для попереднього й первинного очищення з питомою продуктивністю 25,0; 12,5 т/год·м, що має центральний і два бічні канали: радіус кривизни, сепарувальної поверхні решіт – 0,07 – 0,10 м; крок розміщення решіт по висоті – 0,06 – 0,12 м, кількість решіт у центральному каналі – 10 – 14, бічних – 6 – 8.

Основні параметри гравітаційних каналів машини вторинного очищення питомою продуктивністю 2,5 – 3,0 т/год·м: радіус кривизни сепарувальної поверхні решіт – 0,03 – 0,045 м; крок розміщення решіт по висоті – 0,025 – 0,05 м; кількість решіт – 12 – 15.

7. Найбільшими є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 952,40 грн та 761,92 грн. Загальна вартість досліджень складає 3376,40 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Василенко П. М. Основи аналітичних методів землеробської механіки / П. М. Василенко // – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 29 с.
2. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 2, кн. 2) Зернозбиральні машини / П. М. Заїка // – Х.: Око, 2004. – 404с.
3. Котов Б. І. Перспективи розвитку конструкцій зернонасінеочисної техніки / Б. І. Котов, М. І. Волошин // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КДТУ, 2001. – Вип. 31. – С. 110 – 112.
4. Котов Б. І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів / Б. І. Котов, С. П. Степаненко, М. Г. Пастушенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – Вип. 33. – С. 53 – 59.
5. Лузан П. Г. Обґрунтування параметрів та режимів роботи інерційно-гравітаційного решітчастого сепаратора зерна: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Кіровогр. держ. техн. ун-т. – Кіровоград, 2001. – 19 с: укр.
6. Манчинський Ю. О. Математична модель руху компонентів насінневих сумішей по робочій площині / Ю. О. Манчинський, М. В. Бакум, О. М. Горбатовський, М. М. Кравцов // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2008. Вип. 92. – С. 156 – 162.
7. Нагірний Ю. П. Обґрунтування інженерних рішень / Ю. П. Нагірний // – К.: Урожай, 1994. – 216с.
8. Пустовойтов П. Є. Математичне та інформаційне забезпечення системами підтримки прийняття рішень при управлінні багатомономенклатурним запасом в умовах невизначеності (05.13.06.) / Нац. техн. ун-т «Харківський політехнічний інститут». – Х., 2004. – 20с.
9. Aliiev Elchyn, Gavrilenko Alexander, Tesliuk Hennadii, Tolstenko Alexander, Koshul'ko Vitaliy (2019). IMPROVEMENT OF THE SUNFLOWER SEED SEPARATION PROCESS EFFICIENCY ON THE VIBRATING SURFACE. ACTA

PERIODICA TECHNOLOGICA (APTEFF), 50, 12 – 22. DOI: <https://doi.org/10.2298/APT1950012A> (Scopus).

10. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).

11. Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, Ю.О. Чурсінов, О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, О.С. Ковальова, В.С. Калина, В.С. Кошулько, Д.О. Тимчак, Н.А. Сова, К.А. Худайбердієва. Дніпро: «Свідлер А.Л.». 2022. Том 4. 460 с. (наукова монографія, ISBN 978-617-627-174-1).

12. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с. (посібник, ISBN 978-617-95201-3-6).

13. ДСТУ 2240-93. (1993). Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ: Держстандарт України. 74 с.

14. Кириченко В. В., Петренкова, В. П., Кривошесєва, О. В., Рябчун, В. К., Маркова, Т. К. (2007). Ідентифікація морфологічних ознак соняшнику (*Helianthus L.* посібник). Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН. 78 с.

15. ДСТУ 4138-2002. (2002). Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держстандарт України. 173 с.

16. Gorohivets N. A., Vedmedeva, E. V. (2016). Inheritance of epidermis pigmentation in sunflower achenes, *Cytol Genet.* Vol. 50, no. 2. P. 116-120. DOI: 10.3103/S0095452716020031.

17. Poliakova N.A., Vedmedeva, E.V. (2016). Inheritance of Anthocyanin Coloration Trait in Pericarp of Sunflower Seeds. *HELIA*. P. 81–90. DOI: 10.1515/helia-2016-0005

18. Заїка П. М. (2006). Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. Харків: Око. 407 с.
19. . Адамчук В. В., Прилуцький, А. Н., Заришняк, А. С., Степаненко, С. П. (2014). Концепція комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна в сільськогосподарських підприємствах України. В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». Вип. 99. С. 40-56.
20. Войтюк Д. Г., Гаврилюк, Г. Р. (2004). Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта. 554 с.
21. Ольшанський В. П., Бредихін, В. В., Лук'яненко, В. М., Півень, М. В., Сліпченко, М. В., Харченко, С. О. (2017). Теорія сепарування зерна: монографія. Харків: ПланетаПрінт. 803 с.
22. Котов Б. І., Пастушенко, М. Г., Степаненко, С. П. (2012). Дослідження ефективності вібровідцентрової сепарації зерна на ступінчасто-конічному решеті методом планування експериментів. Конструювання, експлуатація та виробництво сільськогосподарських машин. Випуск 42. Частина 2. С. 70-75.
23. Бредихін В. В. (2003). Обґрунтування параметрів процесу вібропневмовідцентрового розділення насінневих сумішей за густиною насіння. Автореф. дис. канд. техн. наук. Харків. 20 с.
24. Дерев'яно Д. (2015). Дослідження ударної взаємодії травмування насіння поверхнею циліндричного решета вібросепаратора після його сходження з диска розподільника. Техніка і технології АПК. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, № 6 (69). С. 9-12.
25. Заїка П. М., Бакум, М. В., Михайлов, А. Д., Козій, О. Б. (2012). Сепарація насіння льону на вібраційних сепараторах. Вібрації в техніці та технологіях. № 3 (67). С. 106-111.
26. Clieen C., Chiang, Y. P., Pomeranz, Y. (1989). Image analysis and characterization of cereal grains with a laser range finder and camera contour extractor. Cereal Clieen. № 6. P. 466-470.

27. Thomson, W. H., Pomeroy, Y. (1991). Classification of wheat kernels using three-dimensional image analysis. *Cereal Chem.* 68. № 34. P. 357-361.
28. Kiratiratanapruk K., Sinthupinyo, W. (2011). Color and texture for corn seed classification by machine vision. *Int. Symp. Intell. Signal Process. Commun. Syst. "The Decad. Intell. Green Signal Process. Commun. ISPACS.* P. 7-11.
29. Rong R. V., Sardeshmukh, M. M. (2014). Comparative analysis of Indian wheat seed classification. *Icacci'14.* P. 937-942.
30. Mira Park, Jesse S. Jin, Sherlock L. Au, Suhuai Luo, Yue Cui (2009). Automated Defect Inspection Systems by Pattern. Recognition *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition.* Vol. 2. No. 2. P. 31-41.
31. Міщенко М. І., Ріда, В. П. (2000). Патент на корисну модель UA 553 U, МПК (2006) B07B 9/00. Зерноочищувальний сепаратор. Заявник Відкрите акціонерне товариство "Хорольський механічний завод". № 99105723. Заявл. 19.10.1999. Опубл. 15.09.2000, Бюл. № 4.
32. Galling Michael John, Deefholts Murray Benedict Mark. (1981). Sorting objects. *Gunson`s Sortex Ltd.* Заявка Великобританії, кл. B 07 C 5/02, G 01 N 21/00, НКІ. G 1 A. Заявл. 19.01.81, N 8101542. Опубл. 28.07.82.
33. Lockett James F. (1982). Univeisal sorting apparatus. Патент США, кл. B 07 C. 5/342, НКІ 209/564, N4344539. Заявл. 05.05.78, N 903050. Опубл. 17.08.82.
34. Mohammad Reza Seifi, Reza Alimardani. (2010). Moisture-Dependent Physical Properties of Sunflower Seed (SHF8190). *Modern Applied Science.* Vol. 4, No. 7. Published by Canadian Center of Science and Education. P. 135-143.
35. Ghodsevali A., Vafaei, A. (2008). Studying of physical properties of sunflower in Golestan province. *The fifth conference of agricultural machinery and mechanization, Mashad, Iran,* 306 p.
36. Gupta R. K., Das, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research.* № 66. P. 1-8.
37. Sahebeh Jafari, Javad Khazaei, Akbar Arabhosseini, Jafar Massah, Mohammad Hadi Khoshtaghaza. (2011). Study on mechanical properties of sunflower seeds. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities.* Volume 14. Issue 1. P. 1-11.

38. Chavoshgoli Es., Abdollahpour, Sh., Abdi, R., Babaie, A. (2014). Aerodynamic and some physical properties of sunflower seeds as affected by moisture content. *Agric Eng Int: CIGR Journal*. Vol. 16. No.2. P. 136-142.

39. Jafari S. (2008). Design and construction a laboratory sunflower seed dehuller machine. A thesis submitted to Graduate Studies Office in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanic of Agricultural Machinery. Tehran, Iran, (in farsi).

40. Khodabakhshian R., B. Emadi, M. H. Abbaspour Fard. (2009). Aerodynamic properties of sunflower seed, kernel and its hull affected by moisture content and size, azargol variety as a case study. *International Agricultural Engineering Conference*, Bangkok, Thailand.

41. Михайлов Є. В., Задосна, Н. О. (2015). Аеродинамічні властивості складових олійної сировини соняшнику. *Праці ТДАТУ*. Випуск 15. Том 4. С. 28-38.

42. Котов Б. І., Степаненко, С. П., Швидя, В. О. (2016). Технологічні аспекти сепарації зерна у вертикальному каналі. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Вип. 46. С. 154-159.

43. Котов Б. І., Спірін, А. В., Твердохліб, І. В., Степаненко, С. П., Швидя, В. О. (2017). До питання пневмогравітаційної сепарації зернових матеріалів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. № 4. С. 51-55.

44. Котов Б. І., Деревенько, І. А., Степаненко, С. П. (2017) Дослідження ефективності сепарації зернових матеріалів на ступінчастоконічному решеті вібровідцентрових машин. *Вібрації в техніці та технологіях*. № 2 (85). С. 99-102.

45. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Lukyanov, I., Dobrovolsky, V., Yurchenko, O., Chekan, O., Dedilova, T., & Musiienko, Y. (2021). Revealing changes in the technical parameters of the teat cup liners of milking machines during testing and production conditions. *EUREKA: Physics and Engineering*, (6), 102-111. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.002056>

46. Kozachenko O., Aliiev E., Sedykh K. Results of investigation of the spring shank disc harrow performance. *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, Vol. 83, Issue 4, 2021. 123–140. https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rezabf_492985.pdf

47. Yaropud V., Hunko I., Aliiev E., Kupchuk I. Justification of the mechatronic system for pigsty microclimate maintenance. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, 2021, XXXII (2): 341–351. DOI: 10.15159/jas.21.23
48. Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, 2021, XXXII (2): 169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30
49. Aliiev E., Paliy A., Kis V., Paliy A., Petrov R., Plyuta L., Chekan O., Musiienko O., Ukhovskiy V., Korniiien L. (2022). Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (115)), 44–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251172
50. Sahay K.M. Unit operations in agricultural processing / K.M. Sahay, K.K. Singh // *Vikas Publishing House Pvt Ltd, New Delhi*. – 1994.
51. Singh K.K. Physical properties of sunflower seeds / K.K. Singh, T.K. Goswami // *Physical properties of cumin seed. J. Agric. Eng.* – 1996 – Vol. 64 – P. 93-98.
52. Nimkar M.P. Some Physical properties of green gram / M.P. Nimkar, K.P. Chattopadhyay // *Journal of Agricultural Engineering Research*. – 2001– Vol. 80(2) – P. 183-189.
53. Aliiev E., Aliieva O., Maliehin R. Technical and technological provision of complex waste processing of plant raw oil cultures in food for organic animals. *Scientific Horizons*. 2020. № 07 (92). P. 112-19. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-112-119.
54. Shevchenko I. Aliiev E. Improving the efficiency of the process of continuous flow mixing of bulk components. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. 6/1 (108). P. 6-13. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.216409.
55. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Shkromada, O., Musiienko, Y., Plyuta, L., Chekan, O., Dubin, R., Mohutova, V. (2021). Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(1 (109)), 43–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>.