

**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 технології виділення ядра для  
отримання гречаної крупи покращеної якості**

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

\_\_\_\_\_ Владислав СІДАШ

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Олексій МАРЧЕНКО

Дніпро 2024

**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)

«26» грудня 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Сідашу Владиславу Сергійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виділення ядра для отримання гречаної крупи покращеної якості».

Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 року № 4085.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 12 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва гречаної крупи ядриці, обладнання для відокремлення прохідової фракції 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд та короткий опис стану питання. 2 Дослідження фізичних властивостей компонентів зернової суміші, що надходить на контроль гречаної крупи. 3 Розробка і дослідження технологічної ефективності обладнання для розподілу ядра і домішок. 4 Перевірка досліджуваної технології контролю ядриці. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Стан питання. 2 Мета і задачі досліджень. 3 Дослідження фізичних властивостей компонентів суміші. 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	доцент КОШУЛЬКО Віталій	26.12.2023	12.02.2024
5	доцент КОШУЛЬКО Віталій	26.12.2023	12.02.2024
6	доцент КОШУЛЬКО Віталій	26.12.2023	12.02.2024

7. Дата видачі завдання 26 грудня 2023 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	27.12-31.12.23	виконано
2	Аналітичний огляд та короткий опис стану питання	01.01-08.01.24	виконано
3	Дослідження фізичних властивостей компонентів зернової суміші, що надходить на контроль гречаної крупи	09.01-15.01.24	виконано
4	Розробка і дослідження технологічної ефективності обладнання для розподілу ядра і домішок	16.01-22.01.24	виконано
5	Перевірка досліджуваної технології контролю ядриці	23.01-29.01.24	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	30.01-01.02.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	02.02-06.02.24	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	07.02-08.02.24	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	09.12.2024	виконано

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ Владислав СІДАШ  
( підпис )

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виділення ядра для отримання гречаної крупи покращеної якості»

**Кваліфікаційна робота містить:** 70 с., 18 рис., 17 табл., 55 літературних джерел посилань.

**Об'єкт дослідження** – процес сепарування крупи ядриці після лущення, його зв'язок з конструктивними, режимними параметрами машини для сепарування продуктів лущення та смітних домішок.

**Предмет дослідження** – закономірності та взаємозв'язок технологічного процесу сепарування, вплив його на ефективність. Взаємозв'язок технологічних і конструктивних характеристик машини та дія його на якість сепарування.

**Метою роботи** є пошук технологічного прийому, що дозволяє виробляти гречану крупу ядрицю поліпшеної якості (з пониженим вмістом домішок).

Технологічний процес вироблення гречаної крупи в даний час не відрізняється поки що високим ступенем вдосконалення.

В результаті аналізу літературних даних і досліджень ефективності виділення ядра на діючих передових підприємствах встановлено, що операція контролю ядриці є в даний час найменш ефективною по відношенню з іншими технологічними операціями, пов'язаними з очищенням зерна і ядра гречки від домішок.

На основі отриманих результатів розроблений новий сепаруючий елемент на базі ситової рами розсійника А1-БРУ і запропоновано використовувати падді-машину для виділення смітцевої домішки при контролі крупи. Визначено оптимальні технологічні режими роботи запропонованих машин, розроблена технологічна схема контролю ядриці.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

*Гречка, решето, ядриця, смітна домішка, крупа, робота, сепарування, ефективність, дослідження, випробування.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА КОРОТКИЙ ОПИС СТАНУ ПИТАННЯ	10
1.1 Коротка характеристика зерна гречки	10
1.2 Асортимент і якість гречаної крупи	12
1.3 Аналіз конструкцій обладнання для відокремлення домішок та нелущеного зерна від ядра гречки	14
Висновки до розділу	22
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ, ЩО НАДХОДИТЬ НА КОНТРОЛЬ ГРЕЧАНОЇ КРУПИ	24
2.1 Матеріали і загальна методика обробки експериментальних даних	24
2.2 Методика експериментальних досліджень	24
2.3 Результати експериментів та їх обговорення	27
Висновки до розділу	34
3 РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ ЯДРА І ДОМІШОК	35
3.1 Експериментальна установка, матеріали і методика дослідження	35
3.2 Розробка технологічної схеми елементарного ситового сепаратора	37
3.3 Залежність технологічної ефективності сепарувального елемента від розмірів ділянок розшарування і стабілізації	40
3.4 Дослідження залежності технологічної ефективності елементарного ситового сепаратора від кінематичних параметрів і навантаження	43
Висновки до розділу	48
4 ПЕРЕВІРКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЯДРИЦІ	49
4.1 Результати перевірки досліджуваної технології контролю ядриці	49
Висновки до розділу	53
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	54

5.1 Розробка карти безпеки праці	54
5.2 Утилізація відходів виробництва	55
Висновки до розділу	55
<b>6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>	<b>56</b>
6.1 Організація проведення дослідження	56
6.2 Витрати на проведенням дослідження	58
6.3 Розрахунок вартості дослідження	61
Висновки до розділу	61
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>62</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b>	<b>64</b>

## ВСТУП

Гречана крупа – старовинний і улюблений в народі продукт харчування. Особлива цінність гречаної крупи полягає в її високій поживності, легкій засвоюваності і відмінних смакових якостях.

У зв'язку з розробкою і реалізацією продовольчої програми України було неодноразово відзначено незадовільний стан з вирощування гречки. Відповідно були прийняті і заходи до того, щоб підвищити виробництво і закупівлі гречки. Відповідно до цієї культури було запропоновано підвищення закупівельної ціни за продаж її державі [5]. Прийняті заходи дозволили отримувати істотне збільшення виробництва гречки.

У зв'язку з цим стан елеваторної і борошномельно-круп'яної промисловості, зокрема стан технології виробництва гречаної крупи, набуває величезного значення. Зараз з гречки виробляють два види крупи: ядриця і проділ, одержувані, як з пропареного, так і непропареного зерна.

Крупа ядриця є найбільш цінним продуктом.

Технологічний процес вироблення гречаної крупи в даний час не відрізняється поки що високим ступенем вдосконалення.

Одним з недоліків його є те, що, незважаючи на розвинену схему, не забезпечується високий ступінь чистоти готової крупи.

В даний час найбільш досконалою є технологія заснована на використанні універсального круп'яного розсійника А1-БРУ на всіх операціях ситового сепарування. Ця технологія дозволяє підвищити продуктивність підприємств і вихід крупи, але якість останньої залишається на колишньому рівні. Тому вдосконалення технології, спрямоване на покращення якості гречаної крупи, є актуальним завданням. У зв'язку з цим основною метою цієї роботи є розробка технологічного прийому, що забезпечує виробництво гречаної крупи ядриці поліпшеної якості.

В результаті аналізу літературних даних і досліджень ефективності виділення ядра на діючих передових підприємствах встановлено, що операція

контролю ядриці є в даний час найменш ефективною по відношенню з іншими технологічними операціями, пов'язаними з очищенням зерна і ядра гречки від домішок.

З метою пошуку шляху підвищення технологічної ефективності операції контролю вивчені фізичні властивості ядра гречки і важковідокремлюваних домішок, що надходять на дану технологічну операцію. На основі отриманих результатів розроблений новий сепаруючий елемент на базі ситової рами розсійника А1-БРУ і запропоновано використовувати падді-машину для виділення смітцевої домішки при контролі крупи. Визначено оптимальні технологічні режими роботи запропонованих машин.

В результаті проведених досліджень розроблена технологічна схема контролю ядриця, що дозволяє виробляти крупу поліпшеної якості за рахунок зниження вмісту нелущених зерен і смітцевої домішки і забезпечення збільшення виходу крупи високої якості.

Виходячи з актуальності проблеми, основною метою роботи є пошук технологічного прийому, що дозволяє виробляти гречану крупу ядрицю поліпшеної якості (з пониженим вмістом домішок).

З урахуванням результатів аналізу стану технології виробництва гречаної крупи для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд конкретних завдань:

а) провести аналіз технологічного процесу діючих передових підприємств з виробництва гречаної крупи, що оснащені круп'яними розсійниками А1-БРУ з метою уточнення закономірності розподілу домішок на різних технологічних операціях, вивчення співвідношення домішок в крупі, що надходить на контроль, з'ясування ефективності очищення крупи від домішок на контролі ядриці;

б) дослідити фізичні властивості нелущених зерен і компонентів смітцевої домішки, що містяться в крупі, що надходить на контроль готової продукції і виділити ознаки, які можуть бути покладені в основу поділу ядра і домішок;

в) дослідити можливість і технологічну ефективність розділення ядра гречки і домішок за комплексом фізичних властивостей;

г) розробити конкретні рекомендації по удосконаленню технологічного процесу виробництва крипи ядриці для досягнення мети дослідження.

Об'єкт дослідження – процес сепарування крупы ядриці після лушення, його зв'язок з конструктивними, режимними параметрами машини для сепарування продуктів лушення та смітних домішок.

Предмет дослідження – закономірності та взаємозв'язок технологічного процесу сепарування, вплив його на ефективність. Взаємозв'язок технологічних і конструктивних характеристик машини та дія його на якість сепарування.

Методи дослідження. У процесі виконанні теоретичних досліджень використовували методи визначення якості зернових сумішей, знаходження раціональних параметрів процесів.

Експериментальні дослідження проводили в лабораторних і виробничих умовах з використанням методів планування багатофакторних експериментів і статистичної обробки одержаних даних з використанням ЕОМ, проведення швидкісної кінозйомки.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА КОРОТКИЙ ОПИС СТАНУ ПИТАННЯ

### 1.1 Коротка характеристика зерна гречки

Зерно гречки є сировиною для вироблення гречаної крупки і борошна – найцінніших продуктів харчування.

За вмістом білка зерно гречки не поступається пшениці. Білки відрізняються не тільки високим вмістом незамінних амінокислот, але і високим ступенем збалансованості по їх вмісту [5].

В ядрі гречки багато заліза, фосфору, міді, які добре засвоюються, сприяють відновленню гемоглобіну в крові, підвищує фізичну витривалість людини. Багата гречка і вітамінами.

Все форми вирощуваної в Україні гречки відносяться до одного виду – гречка культурна (*Fascjoruium pscu- fentum Moench*) [5]. Зерно гречки має, як правило, форму тетраедра (рис.1.1), але зустрічаються двогранні (плоскі) і багатогранні форми зернівок.

Зернівка складається з грубої темнопофарбованої оболонки і ядра. Плодові оболонки складають 17 – 25 % від ваги зерна [7]. Вони охоплюють ядро, що зрослося з ним лише в одній точці в середині основи. Плодові оболонки складаються з незасвоюваних людським організмом клітин, тому при переробці зерна їх необхідно видаляти.

До складу ядра гречки входять насіннева оболонка, алейроновий шар, ендосперм і зародок. Зародок дуже великий, його частка від маси зерна становить 10 – 15 %. Він у вигляді стрічки, зігнутої у формі літери S, пронизує все тіло ядра.

Ендосперм – борошністий, пухкий. Мікротвердість його значно нижче, ніж у інших зернових [5].

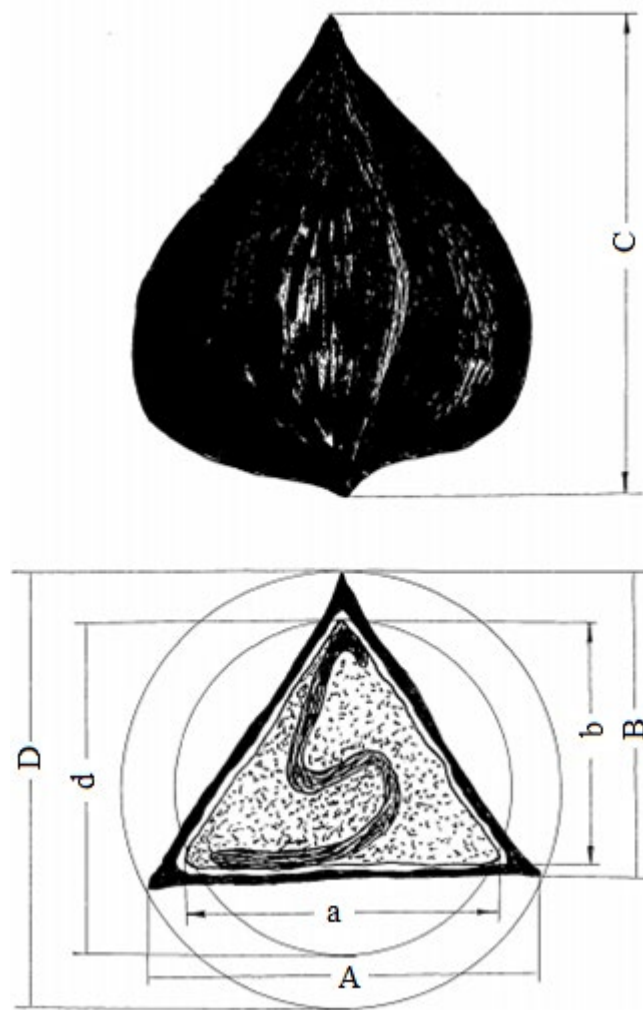


Рисунок 1.1 – Зерно гречки

$a$  – ширина ядра;  $A$  – ширина зерна;  $b$  – товщина ядра;  $B$  – товщина зерна;  $D$  – діаметр;  $C$  – довжина зернівки.

Є два різновиди гречки: крилата і безкрила. Зерно крилатої гречки має сильно розвинені ребра, а у безкрилатої – ребра затуплені. Зустрічаються також зерна проміжної форми.

Крилаті форми гречки в основному притаманні великим фракціям зерна, середні і дрібні фракції зерна або безкрилої мають слаборозвинені крила.

Форма зернівки справляє помітний вплив на ефективність процесу луцення. Крилаті форми зерна, мають по кутах великі повітряні порожнини, луцаться легко, а зерно безкрилих форм, в яких ядро заповнює весь обсяг, утворений плодовими оболонками, луцється значно важче [29].

Таким чином, пухкий ендосперм, своєрідне розташування зародка і специфічна форма зерна обумовлює значно легку дробильність ядра, що накладає певні умови на режими і організацію технологічного процесу на підприємствах з виробництва гречаної крупи.

## 1.2 Асортимент і якість гречаної крупи

В Україні відповідно до ДСТУ 4524:2006 з зерна греки виробляють два види крупи – ядриця і проділ. Ядриця являє собою цілі, а також надколоті ядра, що не проходять через сито отворами 1,6×20 мм. Проділ – розколоті на частини ядра гречки, що проходять через сито з отворами 1,6×20 мм і не проходять крізь сито з дротяної сітки № 08.

Ядриця ділиться на 1-й і 2-й сорти, проділ на сорти не ділиться. Одним з показників, що визначають сорт крупи, є вміст у ній нелущених зерен і смітцевої домішки.

В даний час діють норми, щодо якості гречаної крупи представлені але вони є тимчасовими і мають дещо нижчі показники якості ніж в ГОСТ 5550-74 (табл. 1.1).

Норми виходу крупи при переробці гречки базисних кондицій, передбачені «Правилами організації і ведення технологічного процесу на круп'яних підприємствах», приведеними в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Вимоги щодо якості крупи гречаної ядриці

Показники	Згідно ГОСТ 5550-74		За діючими нормами	
	1 сорт	2 сорт	1 сорт	2 сорт
Вміст доброякісного ядра, не менше, %	99,2	98,4	99,0	97,5
в тому числі колоті ядра, не більше, %	3,0	4,0	4,0	5,0
Вміст нелущених зерен, не більше, %	0,3	0,4	0,4	0,7
Вміст смітної домішки, не більше, %	0,4	0,5	0,5	0,6

Таблиця 1.2 – Норми виходу крупи по ГОСТ 5550-74

Крупа	Вихід в % при виробленні крупи	
	пропареної	не пропареної
Крупа ядриця:		
- перший сорт	59,0	52,0
- другий сорт	3,0	4,0
Крупа проділ	5,0	10,0
Разом крупи	67,0	66,0

В останні роки (табл.1.3.) ядриці 2 сорту виробляється близько в 5 – 8 разів більше, ніж передбачають норми, а вихід ядриця 1 сорту нижче базисного виходу.

Таблиця 1.3 – Вихід крупи на підприємствах України, %

Крупа	В середньому по підприємствам		
	2020 р	2021 р	2022 р
Крупа ядриця:			
- перший сорт	43,83	37,25	37,24
- другий сорт	17,98	24,27	23,24
Крупа проділ	6,40	6,49	7,0
Разом крупи	68,21	68,01	67,67

За кордоном ядриця мало популярна. У США, Канаді, Франції, Польщі, ФРН, НДР, Югославії, Голландії та деяких інших країнах [2, 6,] з гречки виробляють в основному дроблену крупу і борошно. Ядрицю отримують в дуже незначній кількості. З зразків зарубіжної ядриці, за даними С.С.Бакала [12], кращою вважається Голандська: ядриця містить дуже мало битих ядер (0,04 %), вміст смітцевої домішки не більше 0,1 %, а нелущених зерен – до 0,6 %. Як бачимо, якість ядриці, що виробляється за кордоном, за вмістом домішок не вище, ніж в Україні.

В цілому, з представлених даних випливає, що технологія вироблення гречаної крупі ядриці поки ще недостатньо досконала, оскільки, по-перше, нижче норми вихід кращою за якістю ядриці I сорту, по-друге, навіть в цій ядриці допускається відносно високий вміст домішок (до 0,7 %) в той час як, наприклад, в рисовій крупі кращої якості домішок не повинно бути більше 0,2 %.

Тому розробка технологічних прийомів, що дозволять поліпшити якість ядриці за рахунок зниження вмісту в ній нелущених зерен і сміттевої домішки, хоча б до рівня вмісту їх в рисовій крупі (тобто в 2 – 3 рази нижче, ніж передбачається діючими нормами на гречану крупу), сприяла б підвищенню смакових якостей крупі, що, в свою чергу, буде стимулювати підвищення технологічної дисципліни на виробництві та більш активне впровадження в практику передової технології.

### 1.3 Аналіз конструкцій обладнання для відокремлення домішок та нелущеного зерна від ядра гречки

Процес розділення компонентів насінневих сумішей на фрикційній неперфорованій поверхні полягає в тому, що насіння округле, більш пружне і менш шорсткувате переміщується в низ по фрикційній робочій поверхні, а плоске, менш пружне та більш шорсткувате рухається нагору [33].

Робочі органи цих сепараторів виконують або поступальний, або просторовий рух, проте останні поширення не одержали через складність конструкції. Робочі поверхні віброфрикційних сепараторів можуть бути плоскими, східчастими, криволінійними. На рис. 1.2 представлена схема віброфрикційного сепаратора з циліндричним робочим органом. Сепаратор містить циліндр 3, облицьований фрикційним матеріалом і встановлений на вісь 2, що спирається на пружні підвіски 1. На вісі робочого органа жорстко закріплений віброзбудник 4, що приводить у рух вісь 2, а отже, і циліндр 3. У сепараторі встановлений: живильний пристрій 6, дільники 8 і приймальники

продуктів розділення 7. Привід віброзбудника здійснюється від електродвигуна 10 через гнучкий вал 9.

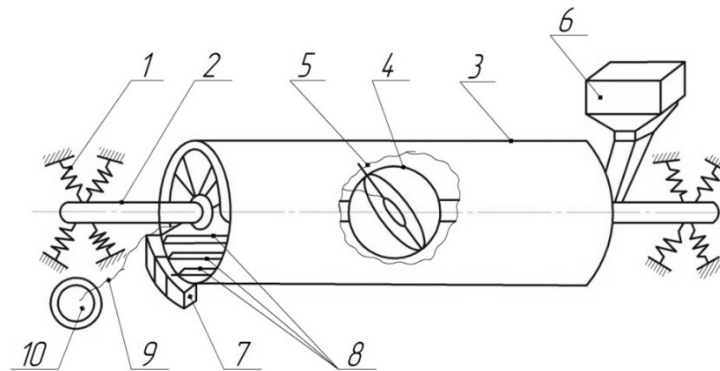


Рисунок 1.2 – Принципова схема сепаратора з циліндричною робочою поверхнею

1 – пружна підвіска; 2 – вісь; 3 – циліндр; 4 – віброзбудник; 5 – дебаланс;

6 – живильний пристрій; 7 – приймальники продуктів розділення;

8 – дільники; 9 – гнучкий вал; 10 – електродвигун.

Технологічний процес цього сепаратора здійснюється таким чином. З живильного пристрою 6 вихідна суміш насіння надходить у циліндр 3. Під дією вібрації компоненти суміші переміщуються уздовж циліндра, піднявшись по його поверхні до тих утворюючих, дотичні до яких у площинах, перпендикулярні вісі циліндра, дорівнюють граничним кутам підйому.

Компоненти суміші, що мають різні фізико-механічні властивості, рухаються уздовж цих утворюючих на різній відстані від самої нижньої утворюючої циліндра, розділяються дільниками 8 і надходять і різні приймальники продуктів розділення 7.

Частково ці недоліки усунуті в сепараторі, що включає пакет увігнутих фрикційних дек, виконаних зі скосом у напрямку вібрації [40]. Деки встановлюють друг під другом, що дозволяє підвищити продуктивність сепарації. Однак невисока якість сепарації і завищена споживана потужність, є основними недоліками цього сепаратора.

Для усунення всіх цих недоліків запропонований віброфрикційний сепаратор, що включає деки, виконані зі скосом у напрямку вібрації,

приймальники продуктів розділення, розміщені під великою стороною пакета і завантажувальне пристосування, встановлене в його прямому куті.

Схема сепаратора приведена на рис. 1.3. Сепаратор складається з фрикційних увігнутих неперфорованих дек, виконаних зі скосом у напрямку вібрації і набраних у пакет 2. Пакет 2 встановлений на рамі 3 за допомогою пружної підвіски 4. Для приводу пакета поверхонь у коливальний рух призначений віброзбудник 5, вали якого одержують коливальний рух від електродвигуна 6 через клинопасову передачу 7, проміжну передачу 8 і пружну муфту 9. Регулювання поперечного кута нахилу здійснюється механізмом 10. Подача вихідного матеріалу на деки, що сепарують, здійснюється за допомогою завантажувального пристосування 11. Розділені фракції надходять у приймальники продуктів розділення 12.

Сепаратор працює таким чином. Вихідна суміш із завантажувального пристосування надходить на кожену робочу поверхню. Під дією коливань, в залежності від фізико-механічних властивостей, компоненти суміші переміщуються з різними траєкторіями і поступають в приймальники продуктів розділення у час досягнення ними граничного кута підйому, що підвищує якість сепарації. Виконання деки 1 зі скосом на плані трикутника дозволяє збільшити довжину розвантажувальної крайньої деки (при тих же розмірах сторін деки). В результаті цього кількість приймальників продуктів розділення і кількість фракцій уздовж розвантажувальної крайки можна збільшити. Це також підвищує якість сепарації.

Більш простими за конструкцією є сепаратори з плоским похилим робочим органом, що робить прямолінійні спрямовані коливання, під гострим кутом з напрямком зростання підйому робочої поверхні.

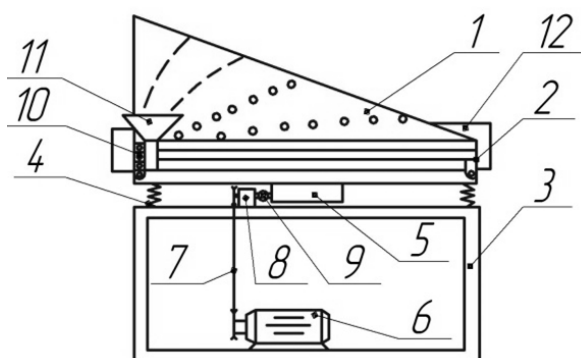


Рисунок 1.3 – Конструктивна схема віброфрикційного сепаратора

1 – робочі поверхні; 2 – пакет робочих поверхонь; 3 – рама; 4 – пружна підвіска; 5 – віброзбудник; 6 – електродвигун; 7 – клинопасова передача; 8 – проміжна передача; 9 – муфта; 10 – механізм встановлення кута нахилу пакету робочих поверхонь; 11 – завантажувальне пристосування; 12 – приймальники продуктів розділення.

На рис. 1.4 приведена принципова схема віброфрикційного сепаратора з поздовжнім кутом нахилу робочого органу до горизонту [40]. Сепаратор має робочу поверхню 1, встановлену на вібростолі 2. Кут нахилу до горизонту цієї поверхні можна регулювати в поздовжньо-вертикальній площині. До вібростолу 2 жорстко кріпиться дебалансний віброзбудник спрямованої дії 3. Вібростіл 2 встановлений на пружинах 4, що закріплені на основній рамі 8. Подача насінневої суміші здійснюється живильним пристроєм 5. Для збору продуктів розділення служать приймальники 6 і 7.

Технологічний процес віброфрикційного сепаратора полягає в наступному. Насіннева суміш з живильного пристрою 5 подається на робочу поверхню 1. Під впливом спрямованих коливань, створюваних віброзбудником 3, відбувається розділення компонентів суміші. Нагору переміщуються більш плоске, шорсткувате і менш пружне насіння а також домішки і надходять у приймальник 6. Гладке, округле і пружне насіння переміщується вниз по робочій поверхні і надходять у приймальник 7. На цьому сепараторі насіннева суміш розділяється тільки на дві фракції, тому можливо розділення тільки насінневих сумішей, компоненти яких сильно відрізняються за ознакою розділення – граничному куту

підйому. Однак реальні насінневі суміші містять звичайно компоненти, фізико-механічні властивості яких змінюються в широких межах. Отже, одержання посівної фракції високої чистоти дуже важко. Крім того, збільшення продуктивності сепаратора обмежується явищем зіткнень компонентів суміші, що переміщуються за різними напрямками (нагору або вниз) по робочій поверхні.

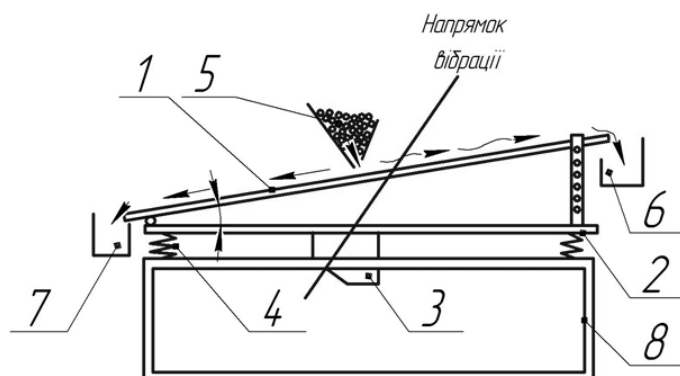


Рисунок 1.4 – Принципова схема сепаратора з позовжнім кутом нахилу робочого органу до горизонту

- 1 – робоча поверхня; 2 – вібростіл; 3 – вібробудник; 4 – пружини;  
5 – живильний пристрій; 6, 7 – приймальники продуктів розділення;  
8 – основна рама.

Частково усунути даний недолік можна на віброфрикційному сепараторі (рис. 1.5) із фрикційними V-подібними поверхнями.

Сепаратор містить живильник вихідного матеріалу 1, набір фрикційних V-подібних робочих поверхонь 2, лотки 3 для транспортування відсепарованих компонентів, приймальники продуктів розділення 4, 5, вібростіл 6, стрижень 7, електродинамічний вібробудник 8.

Процес розділення відбувається в такий спосіб. З живильника 1 вихідний насінневий матеріал подається на робочі поверхні 2. При цьому, через стрижень 7 і вібростіл 6 передається коливальний вплив на робочі поверхні 2. Насіння під дією вібрації починає рухатися по поверхні. При цьому, більш плоске і шорсткувате насіння рухається нагору; округле, гладке – переміщується вниз. Електродинамічний вібробудник 8 створює коливання з частотою, близької до однієї з власних частот системи. При цьому, форма змушених коливань

вібростолу збігається з відповідною власною формою коливань вібростолу, виконаного у вигляді округлого диска.

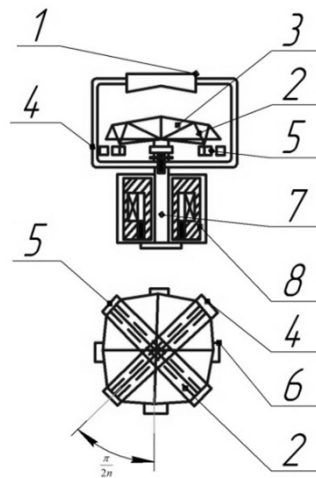


Рисунок 1.5 – Схема сепаратора з V-подібними фрикційними поверхнями

- 1 – живильник; 2 – робочі поверхні; 3 – лотки;  
 4, 5 – приймальники продуктів розділення; 6 – вібростіл; 7 – стрижень;  
 8 – електродинамічний вібробудник.

При сепарації насінневої суміші, переважно з пружними властивостями її компонентів, на віброуючий похилій поверхні, технологічний процес може бути інтенсифікований за допомогою встановлення під поверхню, що сепарує, еквідистантно її розташованої та жорстко з нею зв'язаної, відбивної поверхні (рис. 1.6).

Підвищити якість розділення насінневого матеріалу можна за рахунок запобігання скупчування важковідокремлюваних часток у зоні живильників.

Схема такого віброфрикційного сепаратора представлена на рис. 1.7. віброфрикційний сепаратор складається з фрикційної поверхні 1, над якою змонтовані живильники 2 і очисники 3. У поздовжнього обріза поверхні встановлений додатковий приймальник 4. Живильник приводяться у рух за допомогою ланок 5 і ковзанок 6.

Для виключення можливості захоплення в протилежні фракції насіння, а також для запобігання скупчування насіння, швидкість яких невелика, у районі

живильника необхідно очищати робочу поверхню від цього насіння. Це можливо, якщо живильник рухається по поверхні (при цьому можливо будь-який напрямок, крім співпадаючих з поздовжнім обрізом 1), а за ним через визначений проміжок часу по поверхні рухається очисник 3, що забирає з поверхні 1 усе насіння, що знаходиться в зоні захоплення і зсипає їх у додатковий приймальник 4. При цьому можливо круговий рух живильників і очисників над поверхнею. За допомогою сполучник ланок 5 і ковзанок 6, обертальний рух від ковзанок може бути переданий від електродвигуна, що приводить у рух вібробудник.

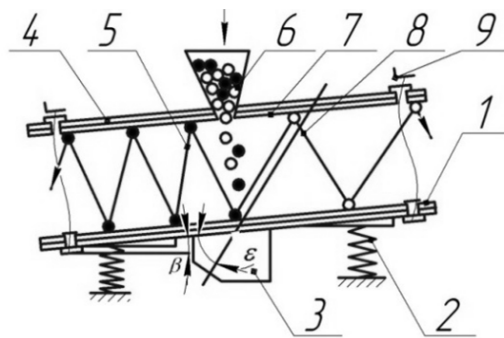


Рисунок 1.6 – Схема сепаратора з відбивною робочою поверхнею  
1 – робоча поверхня; 2 – пружина; 3 – вібробудник; 4 – відбивна поверхня; 5 – траєкторія руху округлого, гладкого насіння; 6 – живильний пристрій; 7 – фрикційний матеріал; 8 – траєкторія руху плоского, шорсткуватого насіння та домішок; 9 – гвинтовий регулювальний пристрій.

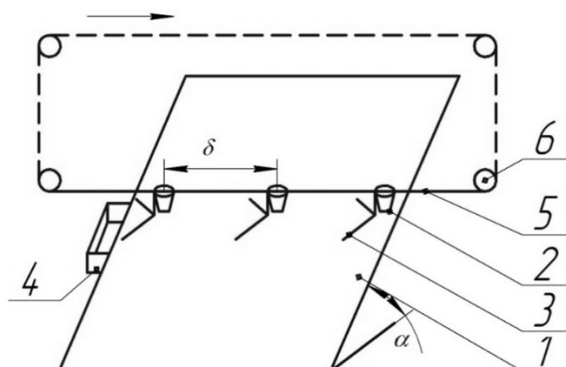


Рисунок 1.7 – Віброфрикційний сепаратор для важковідокремлюваних сумішей  
1 – фрикційна поверхня; 2 – живильник; 3 – очисник; 4 – додатковий приймальник; 5 – ланки; 6 – ковзанки.

Однак, одним з основних недоліків розглянутих сепараторів є те, що в них можна розділити насінневий матеріал тільки на дві фракції. Підвищення продуктивності і якості розділення можливо при використанні сепараторів з поздовжньо-поперечним кутом нахилу робочого органу до горизонту. Конструктивна відмінність цих сепараторів від вищевикладених полягає в наявності двох механізмів регулювання положення робочої поверхні (деки) у поздовжньому і поперечному напрямках. Така конструктивна зміна призводить до істотних змін процесу розділення зернових сумішей. У сепараторах з подвійним кутом нахилу робочої поверхні, насіння, що має відмінність фізико-механічних властивостей, переміщується по деці за різними траєкторіями, унаслідок чого знижується кількість зіткнень і взаємне захоплення насіння у різномірній фракції. Це дозволяє підвищити продуктивність і якість сепарації. Принципова схема такого сепаратора представлена на рис. 1.8. Сепаратор містить фрикційну поверхню 1, закріплену на вібростолі 2, що встановлений на пружинах 3, закріплених на корпусі 4. До вібростолу жорстко кріпиться віброзбудник 5. Поздовжній і поперечний кути нахилу робочої поверхні до горизонту регулюються механізмами 6 і 7. Віброзбудник 5 приводиться в рух від електродвигуна 8 через клинопасову передачу 9, варіатор 10, проміжну передачу 11 і пружну муфту 12. Для збору продуктів розділення служать приймальники 14. Подача насінневої суміші здійснюється з живильного пристрою 13.

Технологічний процес сепаратора здійснюється таким чином. Вихідна насіннева суміш з живильного пристрою 13 подається на робочу поверхню 1. За рахунок спрямованих коливань і подвійного нахилу поверхні 1, відбувається переміщення компонентів суміші за різними траєкторіями, в залежності від їх фізико-механічних властивостей. При цьому у верхні приймальники продуктів розділення по траєкторіях 15 переміщується більш шорсткувате, плоске і менш пружне насіння та домішки. Найбільш округле, гладке і пружне насіння надходить по траєкторіям 16 у нижні приймальники. Насіння, що має проміжні значення цих властивостей, надходить у проміжні приймальники по траєкторіям 17. Насінневий матеріал, що надійшов у проміжні приймальники, при

необхідності направляють на повторну обробку, тому що тут утримуються компоненти суміші різнойменних фракцій.

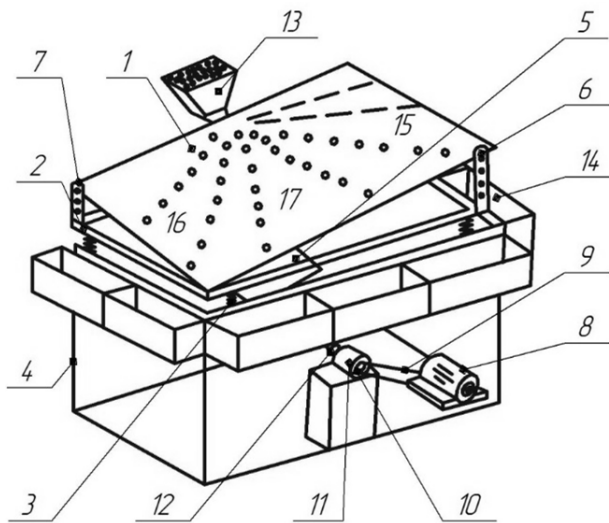


Рисунок 1.8 – Схема сепаратора з поздовжньо-поперечник кутом нахилу робочого органу до горизонту

- 1 – фрикційна поверхня; 2 – вібростіл; пружини; 4 – корпус;  
 5 – вібробудник; 6, 7 – механізм регулювання поздовжнього і поперечного кутів нахилу; 8 – електродвигун; 9 – клинопасова передача; 10 – варіатор;  
 11 – проміжна передача; 12 – муфта; 13 – живильний пристрій;  
 14 – приймальники продуктів розділення.

### Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи було встановлено, що:

1. Вітчизняна технологія переробки гречки є більш прогресивною порівняно із зарубіжною, так як забезпечує найбільший вихід ядриці. У зв'язку з цим при вирішенні питань вдосконалення технології виробництва ядриці можна в повній мірі спиратися на вітчизняний досвід.

2. Незважаючи на велику увагу дослідників виділенню домішок з гречки пзред її луценням, жоден з технологічних прийомів не забезпечує повного вилучення сміттевої домішки із зерна. Ефективність очищення зерна дрібних фракцій, що містять найбільшу кількість домішок, найбільш низька.

3. Повного виділення цілого ядра не забезпечує жоден з відомих способів лущення гречки: завжди частина ядра дробиться і частина зерна залишається нелущеним. Найбільша кількість нелущених зерен залишається після лущення у дрібній фракції гречки.

У зв'язку з цим різко зростає залежність якості готової крупи від ефективності вилучення нелущених зерен з ядриці.

Відбір домішок при контролі ядриці здійснюється за розмірами і формою, тобто за тими ж ознаками, що і на попередніх операціях, що заздалегідь обумовлює неможливість повного видалення з крупи.

З урахуванням сказаного, технологія контролю ядриці є недостатньо науково обґрунтованою і технологічно досконалою оскільки вихід крупи кращої якості за ядрицю I сорту в обсязі, передбаченому нормами, не забезпечується і в ній допускається відносно високий вміст домішок.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ, ЩО НАДХОДИТЬ НА КОНТРОЛЬ ГРЕЧАНОЇ КРУПИ

### 2.1 Матеріали і загальна методика обробки експериментальних даних

Для дослідження був використаний було використано продукт отриманий на ТОВ «ДАлекс», що надходить на контроль крупи. Цей продукт був ядрицею всіх фракцій крупності, в якій нелущені зерна становили 0,62 %, смітна домішка – 0,35 %. Склад сміттевої домішки: пшениця і жито – 0,33%, ячмінь – 17 %, овес і вівсюг – 11 %, дика редька – 28 %, татарська гречка – 3 %, інші - 6 %.

Під час лабораторних досліджень вологість продукту була постійною і на рівні, рекомендованому при переробці гречки.

Вивчення характеру варіювання окремих ознак проводили з використанням методів математичної статистики [4].

Для оцінки розподілу ознаки застосовувалися вибіркові (емпіричні) характеристики: середнє арифметичне  $\bar{x}$ , середньоквадратичне відхилення  $s$ , а в деяких випадках – мода  $M_o$  і медіана  $M_e$ .

При обчисленні середньої помилки  $\sigma_{\bar{x}}$  і довірчого інтервалу  $\varepsilon$ , середнього арифметичного  $\bar{x}$ , а також при перевірці статистичної гіпотези про значимість відмінностей між значеннями середніх арифметичних  $\bar{x}_i$  для різноманітних компонентів досліджуваного продукту за будь-якою ознакою користувалися критеріями Стьюдента і Фішера.

### 2.2 Методика експериментальних досліджень

Для вивчення розмірів ядра і домішок, що надходять на контроль крупи, із зазначеного вище продукту, вручну по ГОСТ 10839-64 виділяли наважки масою 100 г і просівали їх на лабораторному наборі сит з отворами круглої, трикутної і прямокутної форми протягом 3 хв при частоті коливань  $186 \text{ хв}^{-1}$  і амплітудою 30 мм. Досліди проводились в двох повторностях. Із залишку на кожному ситі

шляхом ручного розбирання відокремлювали окремі компоненти сміттевої домішки, нелущені зерна і ядро, зважували їх на технічних вагах МКТ-500 і виражали в відсотках до маси всієї наважки.

Щільність ядра, нелущених зерен і основних компонентів сміттевої домішки визначали пикнометричним методом [23]. В якості незмочуваної рідини використовували толуол відомої щільності. Визначення щільності проводили при постійній температурі 20 °С.

Для визначення маси 1000 зерен із зернової суміші вручну без вибору відраховували по 1000 зерен кожного компоненту суміші і зважували на технічних вагах з точністю до 0,01 г.

Визначення коефіцієнтів тертя компонентів по сталевій поверхні здійснювали на спеціальних приладах (рис. 2.1). Прилад для визначення коефіцієнта тертя спокою (рис. 2.1) складається з станини 1, закріпленої на ній рухомій сталевій площині 2 і механізму 3 повороту цієї площини.

Наважка зерна містилася у верхній частині рухомої сталевій площини при її горизонтальному положенні. Потім за допомогою механізму повороту площину плавно нахилили. Кут нахилу площини, при якому спостерігався початок ( $\alpha_n$ ) руху, і кут, при якому все зерно скочується з площини ( $\alpha_k$ ), вимірювали [41] оптичним квадрантом КО-1М. Коефіцієнт тертя зерна визначали за формулою

$$f_o = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \frac{\alpha_n + \alpha_k}{2} \quad (2.1)$$

Коефіцієнт тертя ковзання визначали на приладі (рис, 2.1 б), що має похилу сталеву поверхню зі змінним кутом нахилу до горизонту [40]. У верхній частині нахил сталевій поверхні обраний таким, що величина його більше кута тертя спокою для будь-якого компоненту. Похила поверхня в нижній частині плавно переходить в горизонтальну. Досліджуваний зразок фіксується у верхній частині похилої поверхні. Після звільнення він починає рівноприскорений рух вниз.

При переході на горизонтальну ділянку прискорення змінює знак і матеріал зупиняється. Коефіцієнт тертя ковзання визначається відношенням

$$f_c = \frac{Y_1}{Y_2}, \quad (2.2)$$

де  $Y_1$  – висота, з якої зерно починає рух, м;

$Y_2$  – довжина шляху, пройдена зерном після початку руху до зупинки, м.

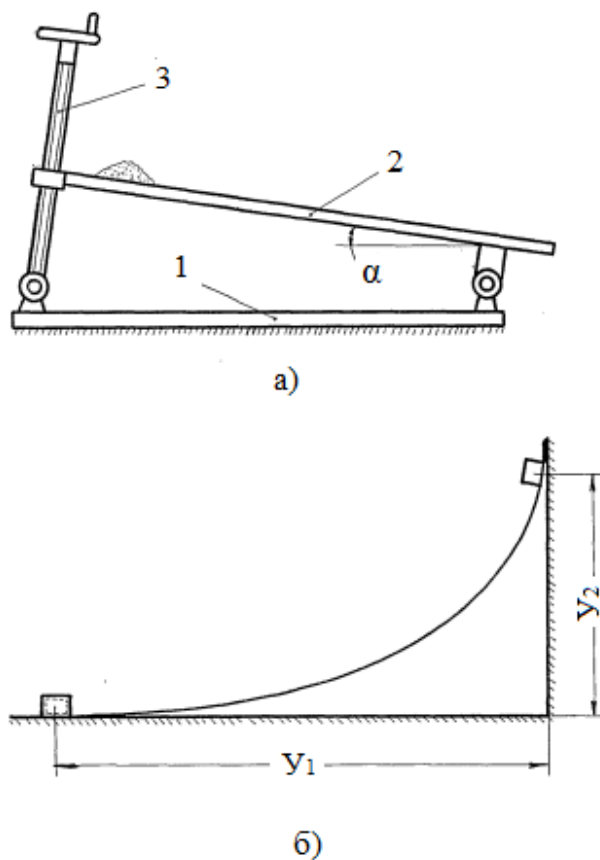


Рисунок 2.1 – Схема приладів:

а – для визначення коефіцієнта тертя спокою;

б – для визначенні коефіцієнта тертя ковзання.

Для оцінки пружних властивостей зерен користувалися методикою, яку застосовували для таких же цілей С.Д. Птіцин, Б.В. Жиганков і В.В. Гортинський. Сутність методики полягала в тому (рис. 2.2), що зерна, падають з висоти 1 м,

відбиваються від похилої, під кутом  $30^\circ$  до горизонту металевої пластинки 1 і потрапляли в вічка 2, розташовані в горизонтальній площині концентрично від місця падіння зерна. Для обмеження бокового переміщення зернівок під час падіння прилад обладнаний скляною трубкою 3.

Непрямою характеристикою пружних властивостей зерен вважали відстань  $z$ , на яку відскакує зернівка після відбивання від похилої площини: з підвищенням пружності ця відстань повинна збільшуватися. Правда, зерна гречки і домішок не мають сферичної форми, тому відстань  $z$  залежить від положення зернівки в момент зіткнення з пластинкою. Однак, при наявності масових вимірів середнє їх значення может бути характеристикою пружних властивостей окремих компонентів суміші.

### 2.3 Результати експериментів та їх обговорення

На рис. 2.3 показано розподіл ядра гречки і домішок за розмірами при просіюванні на наборі сит з отворами різної форми.

Полігони розподілу ядриці, нелущених зерен і сміттевої домішки в цілому перекриваються, як при сортуванні на ситах з круглими, так і з прямокутними і трикутними отворами.

При цьому розподіл по крупності на ситах з трикутним отворами (рис. 2.3), які використовуються для сортування зерен по площі і формі поперечного перерізу, показує, що і для сміттевої домішки, і для ядриці, і для нелущених зерен найбільш чисельною є йракція  $\frac{\Delta 6,0}{\Delta 5,0}$  (тобто отримана проходом сита  $\Delta 6,0$  і сходом з сита  $\Delta 5,0$ ).

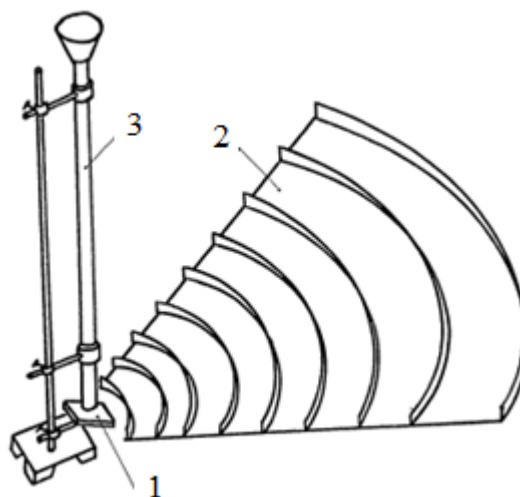
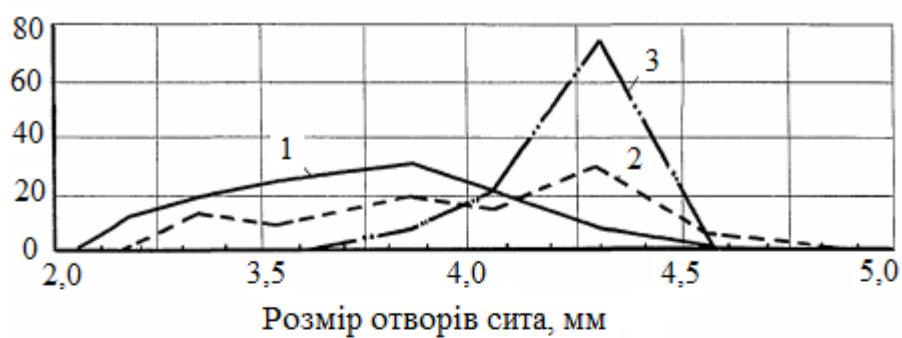
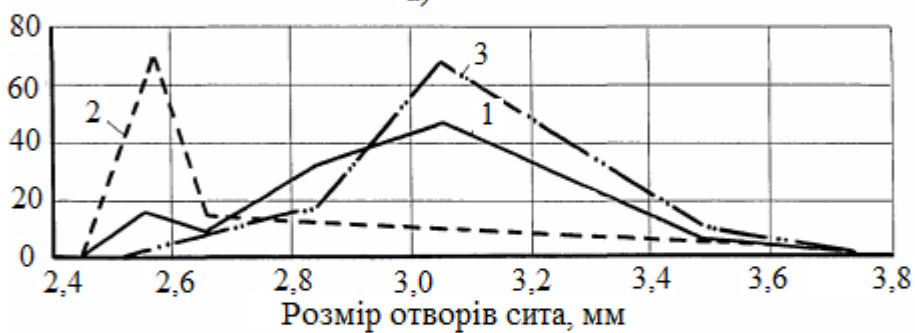


Рисунок 2.2 – Прилад для визначення пружних властивостей зерен



а)



б)



в)

Рисунок 2.3 – Полігони розподілу за розмірами при просіюванні на ситах з круглими (а), прямокутними (б) і трикутними (в) отворами:

1 – ядро гречки; 2 – смітна домішка; 3 – нелущені зерна гречки.

При сортуванні на ситах з круглими отворами найбільша кількість смітної домішки і нелущених зерен гречки складають фракцію  $\frac{\varnothing 4,5}{\varnothing 4,2}$ , а ядриця  $\frac{\varnothing 4,0}{\varnothing 3,8}$

(рис. 2.3 а). При сортуванні ж на ситах з продовгуватими отворами найбільшу частку смітної домішки складає фракція  $\frac{2,6 \times 20}{2,4 \times 20}$ , а нелущених зерен і ядриці – фракція, що отримується проходом сита  $3,4 \times 20$  мм і сходом з сита  $3,0 \times 20$  мм (рис. 2.3 б).

Отже, незважаючи на різницю в формі зернівок, площа поперечного перерізу і у ядриці, і у нелущених зерен, і у смітних домішок, що надходять на контроль крупи, приблизно однакові. Смітні домішки і нелущені зерна мають ширину, приблизно однакову, але трохи більшу, ніж у ядриці, і в той же час смітна домішка має меншу товщину, ніж ядриця і нелущені зерна гречки, для яких вона однакова.

Полігони розподілу ядриці, нелущених зерен і смітневої домішки перекриваються, тобто ні зміна розміру, ні зміна форми отворів сита не дозволяють отримати скільки-небудь значної кількості ядриці, практично вільної від домішок.

У таблиці 2.1 представлена характеристика ядриці і домішок, що надходять на контроль крупи, по щільності і абсолютній вазі (масі 1000 зерен).

Порівнюючи щільність і масу 1000 зерен компонентів суміші, що надходить на контроль крупи, з літературними даними, приведеним в розділі 1 і характеризують ці компоненти на операції сортування продуктів лущення, можна відмітити, що вони практично збігаються. Тільки щільність нелущених зерен в крупі вище їх щільності в продукті, що надходить на сортування продуктів лущення.

Таблиця 2.1 – Щільність і маса 1000 зерен ядриці і домішок, що надходять на контроль

Компоненти суміші	Густина, $\bar{\rho} \times 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>		Маса 1000 зерен, $\bar{q} \times 10^3$ кг	
	Середнє арифметичне $\bar{\rho}$	Довірчий інтервал середнього арифметичного $\pm \varepsilon$	Середнє арифметичне $\bar{q}$	Довірчий інтервал середнього арифметичного $\pm \varepsilon$
Ядриця	1,31	0,002	25,20	1,29
Нелущені зерна гречки	1,20	0,015	22,10	3,70
Смітна домішка:				
- пшениця	1,37	0,006	35,10	1,28
- жито	1,36	0,034	35,20	2,26
- ячмінь	1,30	0,010	34,40	3,27
- овес	1,21	0,037	30,90	1,19
- вівсюг	1,19	0,034	21,40	1,81
- татарська гречка	1,26	0,075	21,00	0,50
- дика редька	0,81	0,031	11,90	0,40

З таблиці 2.1 видно, що всі значення щільності поділяють на три групи. Першу групу утворюють пшениця і жито, щільність яких відповідно 1,37 і  $1,36 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Друга група – це ядриця і ячмінь з щільністю 1,31 і  $1,30 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> відповідно. До третьої групи відносяться всі інші компоненти суміші, щільність яких становить  $1,26 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> і нижче. Відзначимо, що різниця в щільності між зазначеними групами становить не менше  $0,04 - 0,05 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

З літературних даних [24] відомо, що за такої різниці в щільності компонентів зернова суміш здатна розшаруватися в результаті самосортування.

Таким чином, досліджувана суміш має виражену здатність до самосортування по щільності.

Маса 1000 зерен пшениці, жита, ячменю, вівса вище, ніж у ядриці. Висока маса 1000 зерен пшениці і жита пояснюється високою щільністю зерен цих компонентів. У той же час більша, ніж у ядриці, маса 1000 зерен ячменю і вівса в співвідношенні з їх щільністю вказує на те, що обсяг зернівок цих компонентів в середньому більше обсягу зернівок ядриці. Відповідно, при самосортуванні по крупності овес і ячмінь, який має щільність рівну щільності ядриця, повинні концентруватися в верхніх шарах продукту, як відповідно більш крупні компоненти [24].

У інших домішок (нелущені зерна гречки, вівсюг, татарська гречка, дика редька,) маса 1000 зерен менше, ніж у ядриці, але і щільність їх значно нижче.

Дані таблиці 2.2 показують, що коефіцієнт тертя спокою по сталі для ядра і домішок, які направляються на контроль крупни, практично збігається з літературними даними, що характеризують ядро і домішки, що надходять на сортування продуктів лущення.

Крім того з табл. 2.2 видно, що всі домішки по величині коефіцієнта тертя спокою  $\bar{f}_o$  можна об'єднати за трьома групами: а) коефіцієнт дорівнює або близький коефіцієнту тертя  $\bar{f}_o$  ядриці, б) коефіцієнт тертя значно вище і в) коефіцієнт тертя значно нижче коефіцієнта тертя  $\bar{f}_o$  ядриці. До першої групи входять нелущені зерна гречки, пшениці, вівсюг. До другої групи належать жито, татарська гречка. Третя група – ячмінь, овес, дика редька.

Аналіз значущості відмінностей між значеннями коефіцієнтів тертя ковзання ядра і домішок, показує, що нелущені зерна, овес, татарську гречку можна об'єднати в групу, що характеризується коефіцієнтом  $\bar{f}_c$  рівним або близьким по величині коефіцієнту  $\bar{f}_c$  ядриці. У всіх інших компонентів домішки коефіцієнт тертя ковзання по сталі значно вище, ніж у ядриці.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт тертя по сталі ядра і домішок, що надходять на контроль крупи

Компоненти суміші	Коефіцієнт тертя спокою		Коефіцієнт тертя ковзання	
	Середнє арифметичне $\bar{f}_o$	Довірчий інтервал середнього арифметичного $\pm \varepsilon$	Середнє арифметичне $\bar{f}_c$	Довірчий інтервал середнього арифметичного $\pm \varepsilon$
Ядриця	0,42	0,028	0,31	0,014
Нелущені зерна	0,42	0,019	0,31	0,016
Смітна домішка:				
- пшениця	0,41	0,016	0,37	0,023
- жито	0,48	0,055	0,38	0,024
- ячмінь	0,36	0,018	0,34	0,022
- овес	0,37	0,021	0,30	0,024
- вівсюг	0,40	0,022	0,33	0,02 9
- татарська гречка	0,46	0,028	0,33	0,022
- дика редька	0,38	0,016	0,40	0,020

У таблиці 2.3 представлені результати визначення пружних властивостей зерен і їх статистичні характеристики.

З даних таблиці видно, що майже всі домішки мають більшу пружність, ніж ядриця. Виняток складають нелущені зерна гречки і плоди дикої редьки: для них величини  $\bar{z}$ ,  $M_o$ ,  $M_e$  менше, ніж для ядриці. При цьому слід відмітити, що у дикої редьки і нелущених зерен щільність значно нижче, ніж у ядриці (табл. 2.1).

У вівсюга значення  $\bar{z}$  і  $M_e$  близькі відповідним значенням для ядриці. Однак, вівсюг має більш високі, ніж у ядриці, значення  $M_o$ , тобто найбільш ймовірна відстань, на яку відіб'ється зернівка вівсюга, більш велика, ніж у ядриці, або іншими словами – відстань, на яку відбивається найбільша кількість зернин, у вівсюга більше, ніж у ядриця. Це дозволяє віднести вівсюг також до більш пружних компонентів.

Таблиця 2.3 – Характеристика пружних властивостей ядра і домішок, що надходять на контроль круп

Компонент	Дальність відскакування середньоарифметична, $\bar{z}$ , мм	Середньоквадратичне відхилення, $\sigma$ , мм	Коефіцієнт варіації, $\varphi$	Довірчий інтервал середнього арифметичного, $\pm \sigma$ , мм	Мода розподілу, $M_o$ , мм	Медіана розподілу, $M_e$ , мм
Ядриця	320	149	0,47	10	222	255
Нелущені зерна	303	130	0,43	8	195	238
Смітна домішка:						
- пшениця	413	144	0,35	14	384	367
- жито	437	154	0,35	28	528	440
- ячмінь	387	144	0,37	10	340	334
- овес	355	149	0,42	10	280	288
- вівсюг	328	128	0,39	8	253	254
- дика редька	214	87	0,41	6	170	160
- татарська гречка	338	136	0,40	18	335	295

## Висновки до розділу

Таким чином, вивчення фізичних властивостей ядриці, нелущених зерен гречки і основних компонентів смітної домішки, що надходить на контроль крупи, показує, що:

1. Вже згадана зернова суміш має виражену здатність до самосортування по щільності. При цьому більша частина домішок повинна, концентруватися в верхніх шарах продукту. Таким чином, представляється можливим навіть на ситових пристроях, створивши попередньо умови для розшарування суміші внаслідок самосортування, виділити проходом більшу частину ядриці, практично не містить домішок, крім пшениці і жита;

2. Компоненти даної зернової суміші розрізняються між собою коефіцієнтами тертя по сталі і пружними властивостями. При цьому домішки, за винятком нелущених зерен і дикої редьки, в середньому мають вищі показники пружних властивостей, ніж ядриця. Отже є передумови до використання відмінностей в фрикційних і пружних властивостях для поділу компонентів зернової суміші, що надходить на контроль крупи;

3. Аналіз експериментальних даних показує, що жодна з досліджених фізичних властивостей окремо не може забезпечити повного поділу ядра і домішок. Технологічні прийоми ефективного очищення ядриці від домішок при контролі крупи слід шукати на основі комплексного використання здатності суміші до самосортування по щільності і відмінностей за формою, фрикційним і пружним властивостям компонентів.

### 3 РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ ЯДРА І ДОМІШОК

#### 3.1 Експериментальна установка, матеріали і методика дослідження

Дослідження проводили на експериментальній установці УКД-3, що дозволяє надавати робочому органу круговий поступальний рух в горизонтальній площині з регульованою кутовою швидкістю і радіусом коливань (ексцентриситетом). Кінематична схема установки наведена на рис. 3.1.

Установка складається з електродвигуна 1, фрикційного варіатора швидкостей 2, кривошипного механізму 3 з пристроєм для регулювання величини ексцентриситету 9, механізму управління варіатором 4, платформи 5. До платформи кріпиться дерев'яна рама 6, на якій встановлювали різні варіанти робочого органу 7. Конструкція рами 6 дозволяє швидко змінювати варіанти робочих органів і окремо виводити фракції, що утворюються при сортуванні оброблюваної зернової суміші. Всі вузли і механізми установки змонтовані, на звареній станині 8. Очищення сортувальної ситової поверхні робочих органів проводилося за допомогою гумових кульок Ø 25 мм (по типу застосовуваних в розсівах А1-БРУ). Для забезпечення безперервної і рівномірної подачі продукту на робочий елемент установки використовували бункер ємністю 120 кг, обладнаний вібрлотковим живильником, продуктивність якого регулюється рейковою заслінкою.

Для експериментів використовували продукт, зазначений в розділі 2.

Відбір зразків зерна, проводили в ході отримання експериментальних фракцій, відбір здійснювався при сталому режимі сортування. Потім вручну по ГОСТ 10839-64 виділяли наважки для аналізу. Зміст домішок в усіх фракціях визначали ручним розбиранням.

Для оцінки технологічної ефективності сепарувальних пристроїв запропоновано багато критеріїв. При цьому в літературі відсутня єдина думка про перевагу застосування того чи іншого критерію. Крім того, аналіз запропонованих

критеріїв технологічної ефективності показав [4], що однозначна оцінка процесу сепарування хоча і можлива, але досить невизначена. У відповідність з цим технологічна ефективність елементарного ситового сепаратора в експериментах оцінювали в основному двома показниками: виходом очищеної ядриці, що утворює проходову фракцію, ( $P_{np.}, \%$ ) і ступенем видалення домішок в сходових фракціях ( $\eta_i, \eta_i, \%$ ).

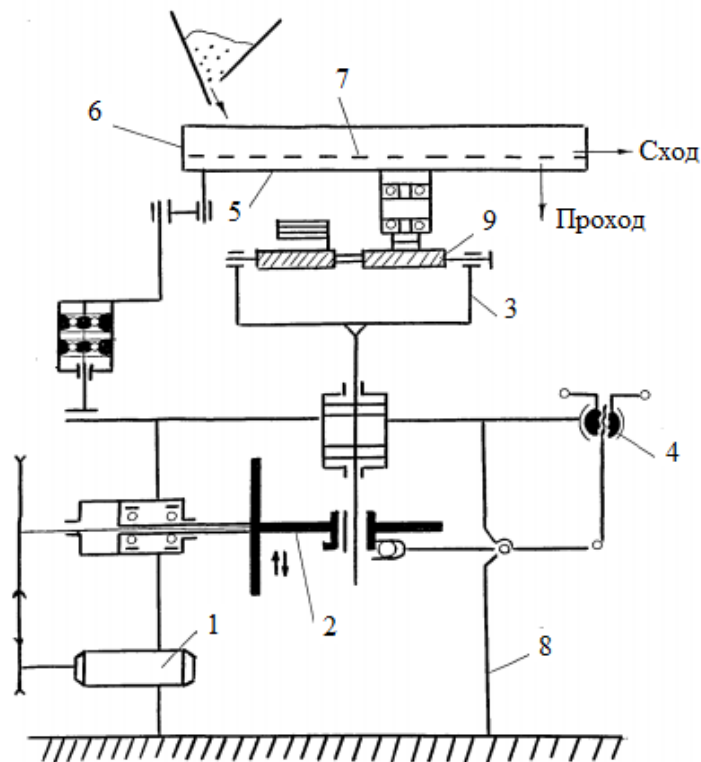


Рисунок 3.1 – Кінематична схема експериментальної установки УКД-3

$$P_{np.} = \frac{q_{np.}}{q_o} \cdot 100, \% \quad (3.1)$$

$$\eta_i = \frac{\Pi_1}{\Pi_0} \cdot 100, \% \quad (3.2)$$

де  $q_{np.}$  – кількість продукту, що надходить в проходову фракцію, кг/хв;

$q_o$  – кількість продукту, що надходить на сепарувальний орган (навантаження), кг/хв;

$P_1$  – кількість будь-якого компонента домішки, видаленого в сход, кг/глин;

$P_0$  – кількість того ж компонента домішки у вихідній суміші, кг/хв.

### 3.2 Розробка технологічної схеми елементарного ситового сепаратора

Основною передумовою для розробки технологічної схеми елементарного ситового сепаратора є виявлена при дослідженні фізичних властивостей здатність зернової суміші, що надходить на контроль гречаної крупи, до розшарування шляхом самосортування.

Як показує літературний огляд (розділ 1), якість готової крупи ядриці багато в чому залежить від операцій ситового сепарування, а найбільш перспективною машиною, що використовується в теперішній час для цих операцій на підприємствах з виробництва гречаної крупи, є розсів шафового типу. У зв'язку з цим, в якості базової моделі елементарного ситового сепаратора використана ситова рамка розсійника А1-БРУ розміром 800×400 мм.

Відомо [24], що при ситовому сепаруванні спостерігається два взаємопов'язаних явища: самосортування і власне просіювання продукту.

У нашому випадку, коли відмінність в розмірах компонентів суміші, що надходить на контроль крупи незначні, самосортування виявляється вирішальним фактором, що визначає ефективність вилучення домішок при сортуванні на ситах.

В існуючій ситовій рамці, яка є робочим органом розсійника А1-БРУ, продукт, що надходить на сортування, відразу не вступає в контакт з ситовою поверхнею, що займає всю площу рамки. При цьому відразу не починається просіювання продукту, що порушує процес розшарування суміші і призводить до потрапляння домішок в проходову фракцію (ядрицю).

Щоб забезпечити нормальний перебіг процесу самосортування суміші, в приймальній частини ситової рамки слід організувати спеціальну ділянку, на якому просіювання не повинно відбуватися. Цю ділянку назовемо ділянкою розшарування. За цією ділянкою повинна розташовуватися ситова ділянка поділу, однак, до кінця ситової ділянки в результаті просіювання товщина шару

продукту зменшується і можливо попадання раніше впливних, внаслідок самосортування домішок в проходову фракцію. З метою запобігання цьому явищу в сходових частинах ситової рамки також слід організувати спеціальну ділянку – ділянку стабілізації, на якій також не повинно бути просіювання.

Таким чином, технологічна схема елементарного ситового сепаратора представляється в такий спосіб (рис. 3.2).

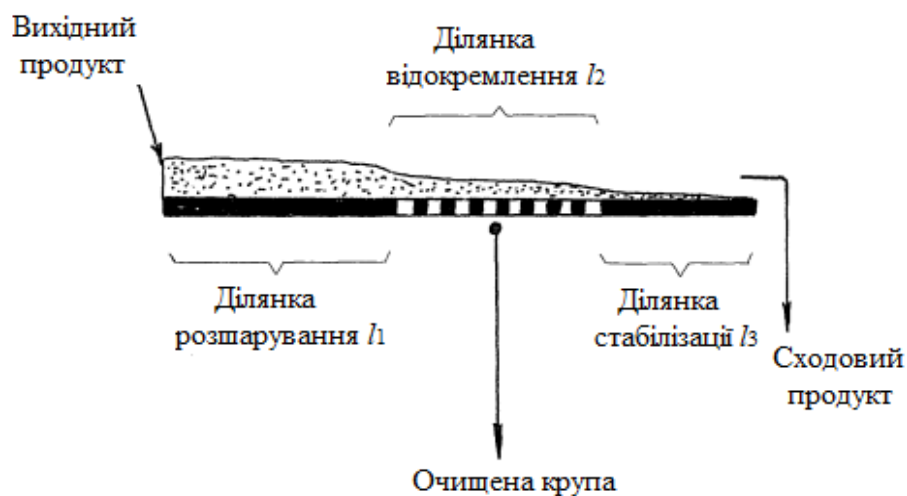


Рисунок 3.2 – Технологічна схема елементарного ситового сепаратора

По довжині сепаратор розділений на три ділянки. Ділянка розслоювання, на якій внаслідок самосортування відбувається спливання нелущених зерен і смітних домішок, що мають щільність меншу, ніж ядро гречки. Крім того, на цій ділянці відбувається орієнтування домішок продовгувастої форми (овес, ячмінь, пшениця та ін.) великий вівсюг в горизонтальній площині [35], що ускладнює їх просіювання через отвори сита надалі. В такому стані суміш надходить на ділянку ситової поверхні – ділянка поділу. Тоді в прохід повинні підти нижні шари, тобто ядриця, в якій відсутні домішки. Внаслідок просіювання товщина продукту на ситі зменшується, але домішки, що спливали не встигнувши досягти ситової поверхні, вже потрапляють на ділянку стабілізації  $l_3$  і йдуть сходом.

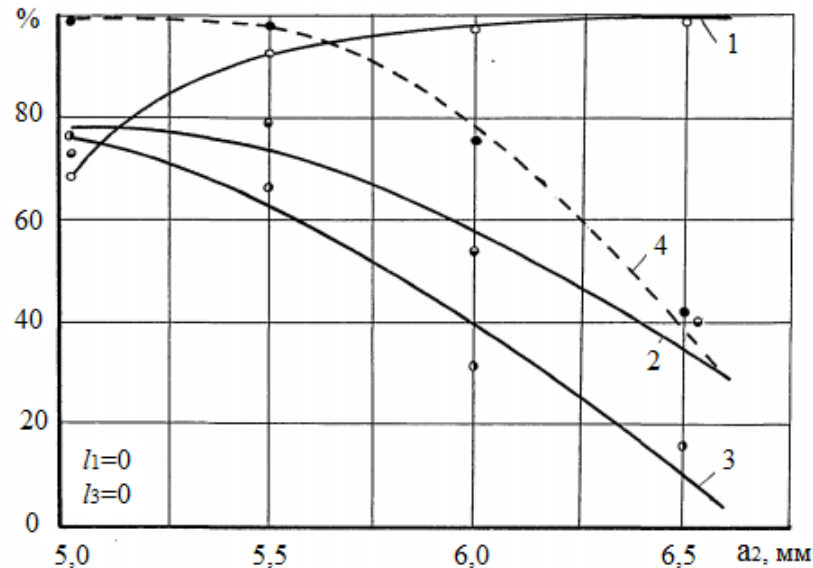


Рисунок 3.3 – Вплив розміру отворів сита на технологічні показники елементарного сепаратора:

- 1 – кількість прохідної фракції,  $P_{np}$ ; 2 – коефіцієнт вилучення смітної домішки,  $\eta^c$ ; 3 – коефіцієнт вилучення нелущених зерен гречки,  $\eta^n$ ;  
4 – коефіцієнт вилучення дикої редьки,  $\eta_{d.p.}$ .

Ділянка розширення  $l_1$  і ділянка стабілізації  $l_3$  утворені шляхом часткової заміни сита суцільним металевим листом відповідно в приймальних і сходових частин ситової рамки.

Розглянемо вплив розміру отворів сита на ділянці розділення  $l_2$  на основні технологічні показники сепаратора.

Експерименти проводили за таких умов: навантаження  $-q_0 = 12 - 14$  кг/хв, ексцентриситет  $-R = 25$  мм, частота коливань  $-n = 190$  хв<sup>-1</sup>. Значення навантаження вибрано за умови роботи розсійника А1-БРУ, встановленого на контролі крупи. Величини ексцентриситету і частоти коливань обрані з технічної характеристики 'розсійника А1-БРУ, як середні.

Всі домішки, що містяться в продукті, що надходить на контроль крупи, відносяться до категорії важковідокремлюваних, і для їх вилучення в практиці

переробки гречки рекомендується [8] застосовувати сита з трикутними отворами. Тому в зоні поділу  $l_2$  встановлювали сита з трикутними отворами.

Результати дослідів показують (рис. 3.3), що із збільшенням розміру отворів зростає кількість прохідної фракції  $P_{np}$  з одночасним зниженням коефіцієнта вилучення смітної домішки  $\eta^c$  і нелущених зерен  $\eta^h$ . Однак, збільшення виходу прохідної фракції не пропорційно зниженню коефіцієнтів вилучення домішок. Так, зі зміною номера сита від  $\Delta 5,5$  до  $\Delta 6,0$  кількість проходу збільшується незначно – на 4 %. тоді як ефект вилучення смітної домішки знизився на 40 %, а ефект вилучення нелущених зерен – на 50 %.

Кількість прохідної фракції різко збільшується при переході від сита  $\Delta 5,5$  до сита  $\Delta 6,0$  (майже на 30 %), в той же час ефект вилучення нелущених зерен знижується тільки на 12 %, а смітної домішки – практично залишається на одному рівні. Подальше збільшення номера сита з  $\Delta 5,5$  до  $\Delta 6,0$  підвищує вихід прохідної фракції приблизно на 2 %, проте знижує  $\eta^c$  на 15 %,  $\eta^h$  на 23 %.

Крім того, результати дослідів показали, що ефект з видалення дикої редьки, яка є основним засмітником і на видалення якої зверталася особлива увага, різко зменшується зі збільшенням номера сита з  $\Delta 5,5$  до  $\Delta 6,0$  (практично від 100 % до 80 %).

При сортуванні на ситі  $\Delta 5,5$  зміна довжини ділянок  $l_1$  і  $l_3$  практично не впливає на ефект виділення дикої редьки, який становить 99,8 – 100 %.

Таким чином, ділянка поділу  $l_2$  повинна бути виконана з сита  $\Delta 5,5$ .

### 3.3 Залежність технологічної ефективності сепарувального елемента від розмірів ділянок розшарування і стабілізації

При обраному значенні розміру отворів сита на ділянці поділу розглянемо вплив довжини зони розшарування  $l_1$  на ефективність роботи елементарного сепаратора.

Як видно з графіка (рис. 3.4), зі збільшенням довжини ділянки  $l_1$  знижується кількість прохідної фракції  $P_{np.}$  збільшується ефект вилучення домішок, причому збільшення довжини ділянки розшаровування позначається, в основному, на збільшенні ефекту вилучення нелущених зерен  $\eta''$ , в той час як ефект вилучення смітної домішки  $\eta^c$  практично не змінюється. Однак, при сортуванні на ситах з отворами більшого розміру зміна довжини ділянки істотно впливає і на ефект вилучення смітної домішки, але абсолютні значення ефекту значно нижче, ніж при використанні сита  $\Delta 5,5$ .

Цікавим є порівняння впливу зміни величини  $l_1$  і номера сита на ефект вилучення смітної домішки і нелущених зерен при постійному значенні виходу прохідної фракції (при  $l_3 = 0$ ). Такі дані представлені в таблиці 3.1.

З таблиці видно, що номер сита більш істотно впливає на ефект вилучення смітної домішки та нелущених зерен, ніж збільшення довжини зони розшаровування  $l_1$ . Застосування ж номера сита менше  $\Delta 5,5$  недоцільно через значне зниження виходу прохідної фракції.

Таблиця 3.1 – Залежність вилучення домішок від зміни довжини ділянки і номера, сита в зоні поділу  $l_2$  ( $P_{np.} = 88\%$ )

Номер сита	Довжина ділянки, мм		Ефект вилучення, %	
	$l_1$	$l_2$	Смітної домішки, $\eta^c, \%$	Нелущених зерен, $\eta''$ ,
$\Delta 5,5$	200	600	84,0	78,0
$\Delta 6,0$	400	400	72,2	60,9
$\Delta 6,5$	600	200	64,1	50,8

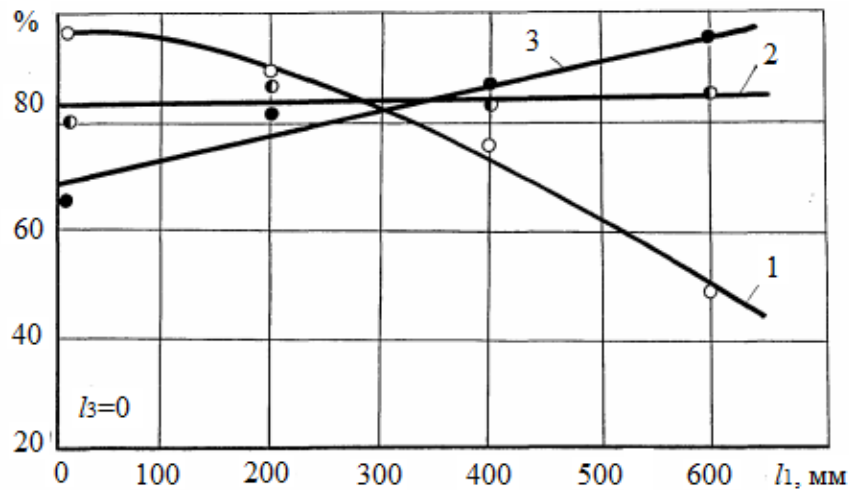


Рисунок 3.4 – Залежність технологічних показників елементарного сепаратора від довжини ділянки розшаровування:

1 – кількість прохідної фракції,  $P_{пр}$ ; 2 – коефіцієнт вилучення смітної домішки,  $\eta^c$ ; 3 – коефіцієнт вилучення нелущених зерен гречки,  $\eta^h$ .

Досліди для визначення довжини ділянки стабілізації  $l_3$  також були проведені на ситі  $\Delta 5,5$  (рис. 3.5). З графіка видно, що зі збільшенням  $l_3$  від 0 до 400 мм кількість прохідної фракції  $P_{пр}$  знижується приблизно на 14 %, при цьому ефект вилучення смітної домішки практично не змінюється, а нелущених зерен – зростає.

Зауважимо, що збільшувати довжину ділянки стабілізації  $l_3$  понад 200 мм недоцільно, тому що це не призводить до покращення ефекту вилучення нелущеного зерна. Аналогічний результат спостерігається при різних значеннях довжини ділянки розслоювання  $l_1$ .

Таким чином, результати проведених експериментів доводять доцільність запропонованої технологічної схеми елементарного ситового сепаратора на базі робочого елемента розсійника А1-БРУ.

Встановлено, що:

- довжину ділянки стабілізації  $l_3$  слід прийняти рівною 200 мм;
- на ділянці поділу  $l_2$  має бути встановлено сито  $\Delta 5,5$ ;

- ділянка розшарування  $l_1$  повинна бути максимально довгою, але таким, щоб в поєднанні з довжиною ділянки поділу  $l_2$  забезпечити найбільший вихід очищеної крупи заданої якості.

Експерименти показують, що для досягнення необхідної якості прохідової фракції досить прийняти  $l_1 = l_2 = 300$  мм.

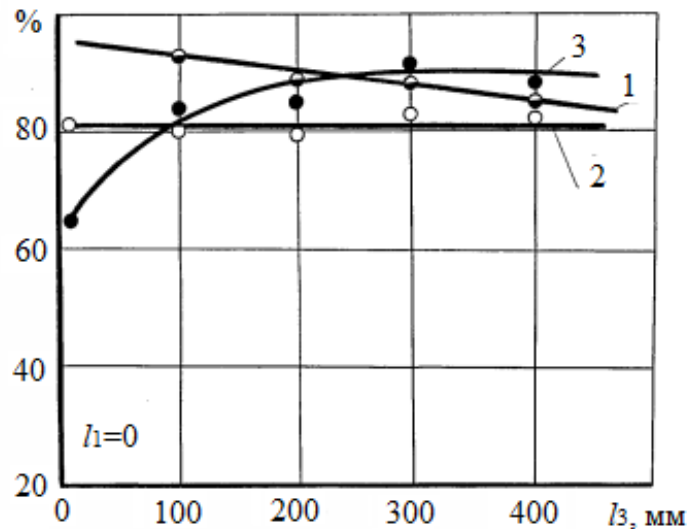


Рисунок 3.5 – Вплив довжини ділянки стабілізації на технологічні показники елементарного сепаратора:

1 – кількість прохідової фракції,  $P_{пр}$ ; 2 – коефіцієнт вилучення смітної домішки,  $\eta^c$ ; 3 – коефіцієнт вилучення нелущених зерен гречки,  $\eta^h$ .

При цій умові і інших оптимальних параметрах вихід очищеної ядриці склав 70 %, а ефективність вилучення смітної домішки – 82,2 %, нелущених зерен – 91,9 %.

3.4 Дослідження залежності технологічної ефективності елементарного ситового сепаратора від кінематичних параметрів і навантаження

Вплив кінематичних параметрів: ексцентриситету ( $R$ , мм) і частоти коливань при круговому поступальному русі в горизонтальній площині ( $n$ ,  $\text{хв}^{-1}$  –

на ефективність видалення домішок досліджували при постійному навантаженні 12 – 14 кг/хв.

Залежність виходу прохідної фракції від частоти коливань при різному значенні ексцентриситету показано на рис. 3.7 а. Зі збільшенням частоти коливань кількість продукту, що надходить в прохід, зменшується, і чим більше радіус коливання, тим сильніше позначаються зміни частоти на кількості прохідної фракції.

З цього ж рисунка видно, що при постійній частоті коливань зменшення ексцентриситету призводить до збільшення виходу прохідної фракції. Однак, необхідно стежити за тим, щоб поєднання  $R$  і  $n$  забезпечувало умови досить ефективного транспортування продуктів, інакше стає неможливим нормальне сортування.

Зі збільшенням частоти коливань коефіцієнт вилучення засмічених домішок зростає (рис. 3.7 б.), причому зростає практично з однаковою інтенсивністю незалежно від радіуса коливань. Однак, при постійному значенні  $n$  збільшення ексцентриситету  $R$  також сприяє зростанню коефіцієнта видалення смітної домішки. При збільшенні  $R$  на однакову величину (10 мм) приріст коефіцієнта  $\eta^c$  виявляється різним. Так, коефіцієнт вилучення смітної домішки  $\eta^c$  зростає приблизно на 8 % при збільшенні радіуса коливань з 15 до 25 мм на 5 % - при зміні  $R$  з 25 до 35 мм, і лише на 2 % – при збільшенні радіуса коливань з 35 до 45 мм.

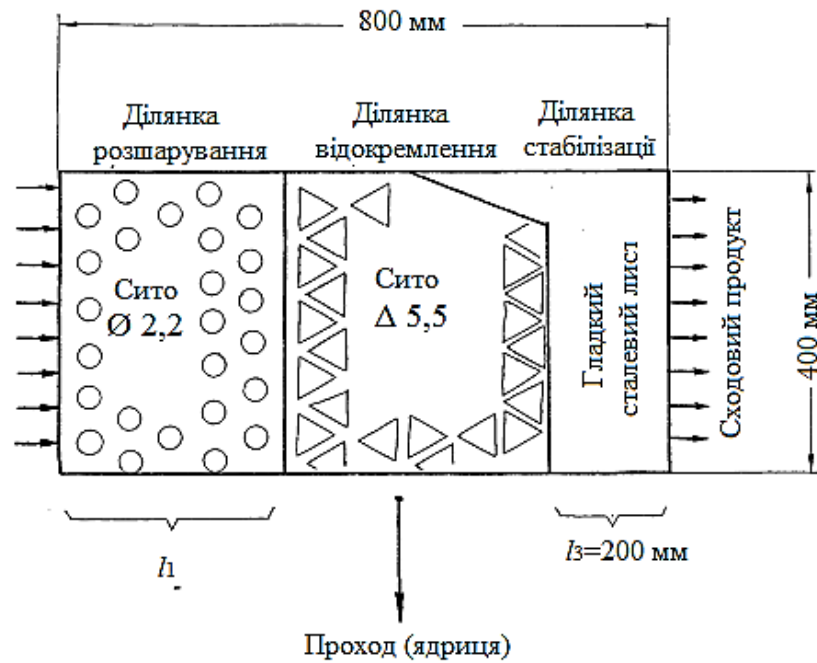


Рисунок 3.6 – Рекомендована схема ситового сепарувального елемента для очищення ядриці від домішок

Що ж стосується ефекту видалення нелущених зерен  $\eta''$ , то він практично не залежить від частоти коливань і визначається величиною радіуса коливань робочого елемента (рис. 3.7 в). Чим більше  $R$ , тим вище значення коефіцієнта  $\eta''$  хоча значення  $\eta''$  при  $R = 45$  мм і при  $R = 35$  мм відрізняються несуттєво.

У наступній серії дослідів досліджували вплив навантаження ( $q_0$ , кг/хв,) на технологічні показники сепаратора (рис. 3.8).

На рис. 3.8 а показана залежність виходу прохідної фракції від навантаження на сепаратор. Видно, що зі збільшенням навантаження частка прохідної фракції зменшується. Це пояснюється тим, що зерно не встигає просіятись і йде сходом.

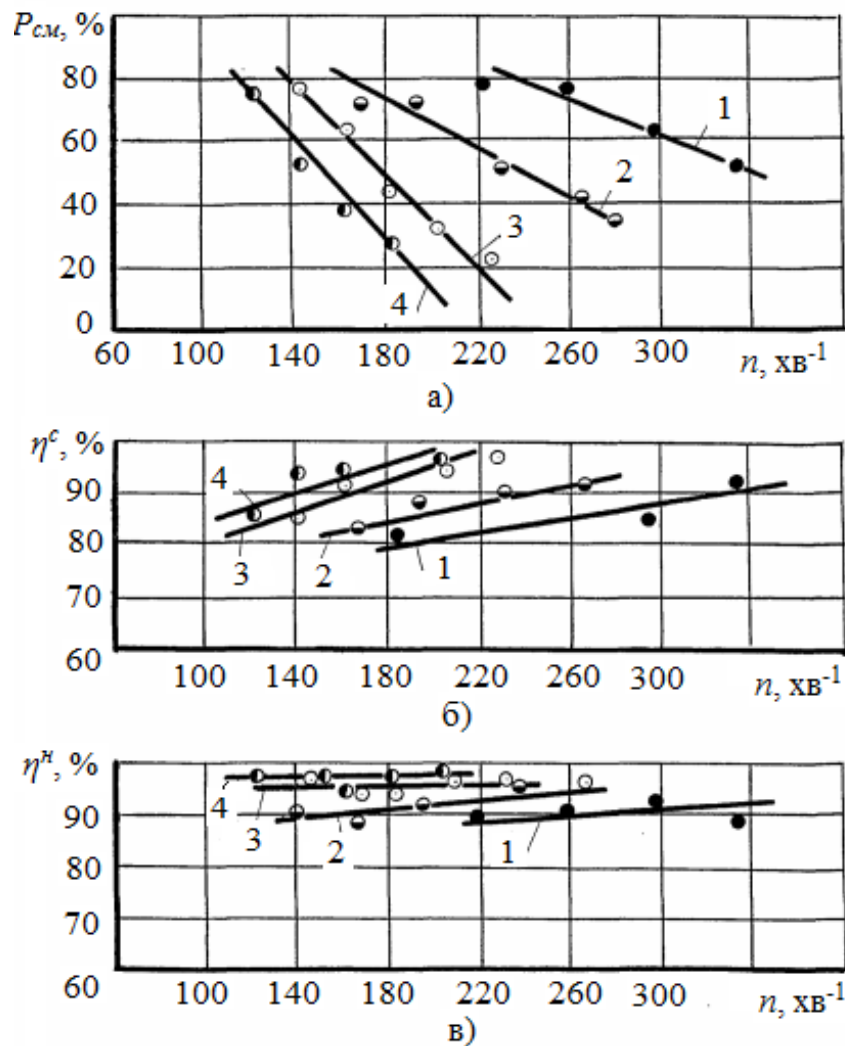


Рисунок 3.7 – Вплив частоти коливань сепаратора на кількість прохідової фракції (а), коефіцієнт вилучення смітної домішки (б) і нелущених зерен гречки (в):  
 1 – радіус коливань 15 мм; 2 – радіус коливань 25 мм; 3 – радіус коливань 35 мм;  
 4 – радіус коливань 45 мм.

Вплив навантаження на ефект видалення домішок приведена на рис. 3.8 б. Отримані залежності показують, що підвищення навантаження на робочий елемент призводить до зростання коефіцієнтів видалення смітної домішки і нелущених зерен. Подібне зростання коефіцієнтів  $\eta^c$  і  $\eta^h$  можливо пояснюється загальним збільшенням кількості продукту, що йде сходом. Тому становить інтерес розгляду залежності вмісту домішок в сходових продуктах від навантаження (рис. 3.8 в).

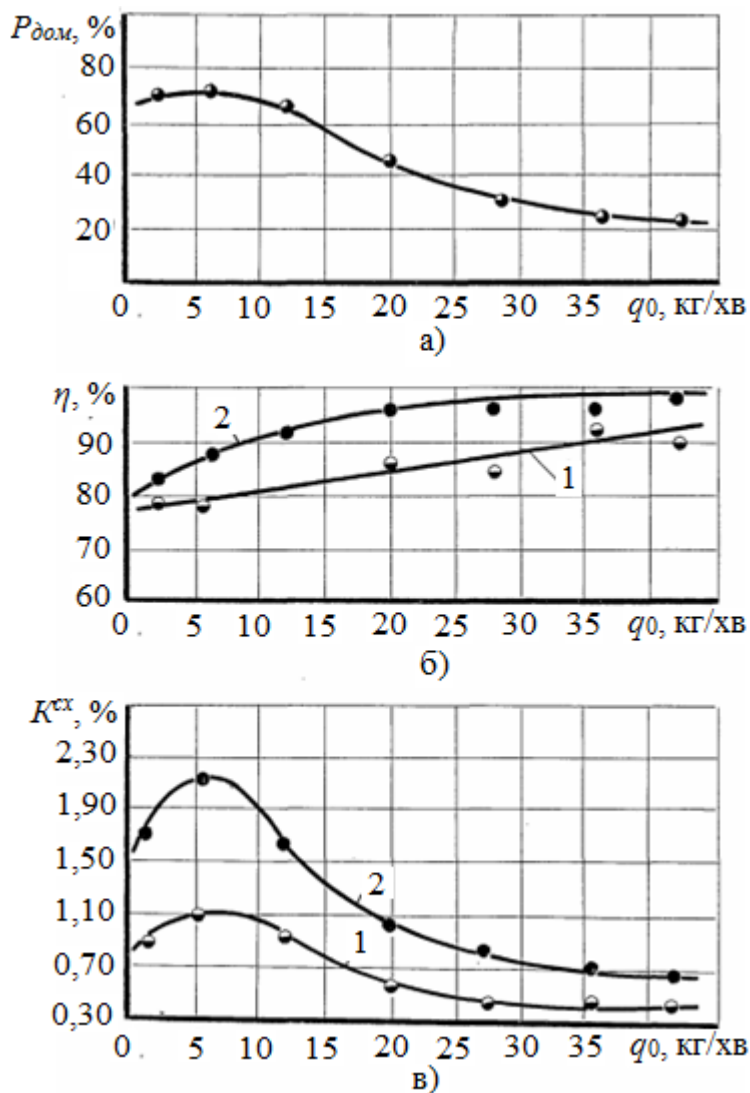


Рисунок 3.8 – Залежність виходу проходової фракції (а), ефекту видалення (б) і вмісту домішок в сході (в) від навантаження:  
1 – смітна домішка; 2 – нелущені зерна гречки.

Аналіз графіків, представлених на рис. 3.8, дозволяє зробити висновок, що зростання коефіцієнтів вилучення домішок в сход з ростом навантаження пояснюється підвищенням концентрації домішок в сходових продуктах тільки при навантаженні до 6 кг/хв, а подальше ж зростання коефіцієнтів  $\eta^c$  і  $\eta''$  відбувається за рахунок загального збільшення кількості продукту, що йде сходом.

Досить високий вміст домішок в сході наприклад, в 2 рази більше, ніж у вихідній суміші, спостерігається при навантаженні 12 – 15 кг/хв. При

навантаженні понад 20 кг/хв сепаратор, практично втрачає своє функціональне призначення, тому що в цьому випадку концентрація домішок в сході наближається до концентрації домішок у вихідній суміші (рис. 3.8 в).

Але найбільший вміст домішок в сходових продуктах при необхідній якості проходу (ядриці) спостерігається при навантаженні 6 – 8 кг/хв. Тому зазначене навантаження слід признати оптимальним.

Отже, для ефективного виділення домішок слід прийняти ексцентриситет  $R = 35$  мм, частоту коливань  $n$  прийняти незмінною при дотриманні умов нормального транспортування продуктів, навантаження 6 – 8 кг/хв.

### Висновки до розділу

Розроблений на базі ситової рамки розсійника А1-БРУ елементарний ситовий сепаратор за умови реалізації всіх елементів конструкції, оптимальних навантажень і ексцентриситету і при найменшій згідно технічної характеристики розсійника А1-БРУ частоті коливань  $n = 180$  хв<sup>-1</sup> при обробці продукту, що надходить на контроль крупи, забезпечує такі технологічні показники: вихід очищеної ядриці не менше 60 %, коефіцієнт вилучення смітної домішки 92 %, нелущених зерен – 95 % (рис. 3.7 б і 3.7в). Загальний вміст домішок в ядриці при цьому не перевищує 0,2 %,

Однак, розроблений сепаруючий елемент все таки не забезпечує повного виділення ядріщ. Так, як 25 – 35 % ядриці попадає разом з домішками в сходову фракцію, яка може бути віднесена до кінцевого продукту переробки гречки.

Очевидно, що для виділення ядріщ з цієї фракції необхідно крім здатності до самосортування використовувати і інші фізичні властивості ядра і црімесей, як наприклад, ударно-фрікціоні. Тому при проведенні виробничих випробувань пропонуємо в технологічну схему операції круповідокремлення пропонуємо встановити додатково падді-машину, що дасть змогу отримувати кінцевий продукт високої якості.

## 4 ПЕРЕВІРКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЯДРИЦІ

### 4.1 Результати перевірки досліджуваної технології контролю ядриці

Виробнича перевірка запропонованої технологічної схеми контролю ядриці проводилася в товаристві з обмеженою відповідальністю «ДАлекс» протягом двох тижнів. За цей час перероблені різні партії зерна гречки з вмістом важковідокремлюваної смітної домішки від 2,5 до 5,5 %. Досліджувана технологічна схема приведена на рис. 4.1.

Перед перевіркою схеми провели порівняльні випробування технологічної ефективності звичайної ситової рамки розсійника А1-БРУ і розробленого на її основі ситового сепарувального елемента. Випробування, проведені в розсіві відбору проділу на нижній групі сит, показали, що новий сепаруючий елемент (довжина ділянки розшаровування прийнята рівною 100 мм) забезпечує більш високий коефіцієнт вилучення домішок, ніж звичайна ситова рамка: 72,4 % і 59,5 % відповідно. Отримані результати показують доцільність установки нового ситового сепаратора в розсіві відбору проділу на нижній групі сит і в кру поконцентраторі. Також до складу технологічної схеми додатково було включено падді-машину МСХ-М, щоб збільшити кількість фізичних властивостей суміші за яким буде відбуватися її поділ, тим самим покращити якість кінцевого продукту.

Лабораторними дослідженнями встановлено (розділ 3), що оптимальний кінематичний режим роботи сепарувального елемента забезпечується при радіусі кругових коливань  $R = 35$  мм і мінімальній частоті, допустимої за умовами транспортування продукту. У зв'язку з цим для розсівів А1-БРУ, якими обладнаний цех з виробництва крупи ТОВ «ДАлекс» і які задіяні на контролі ядриці.

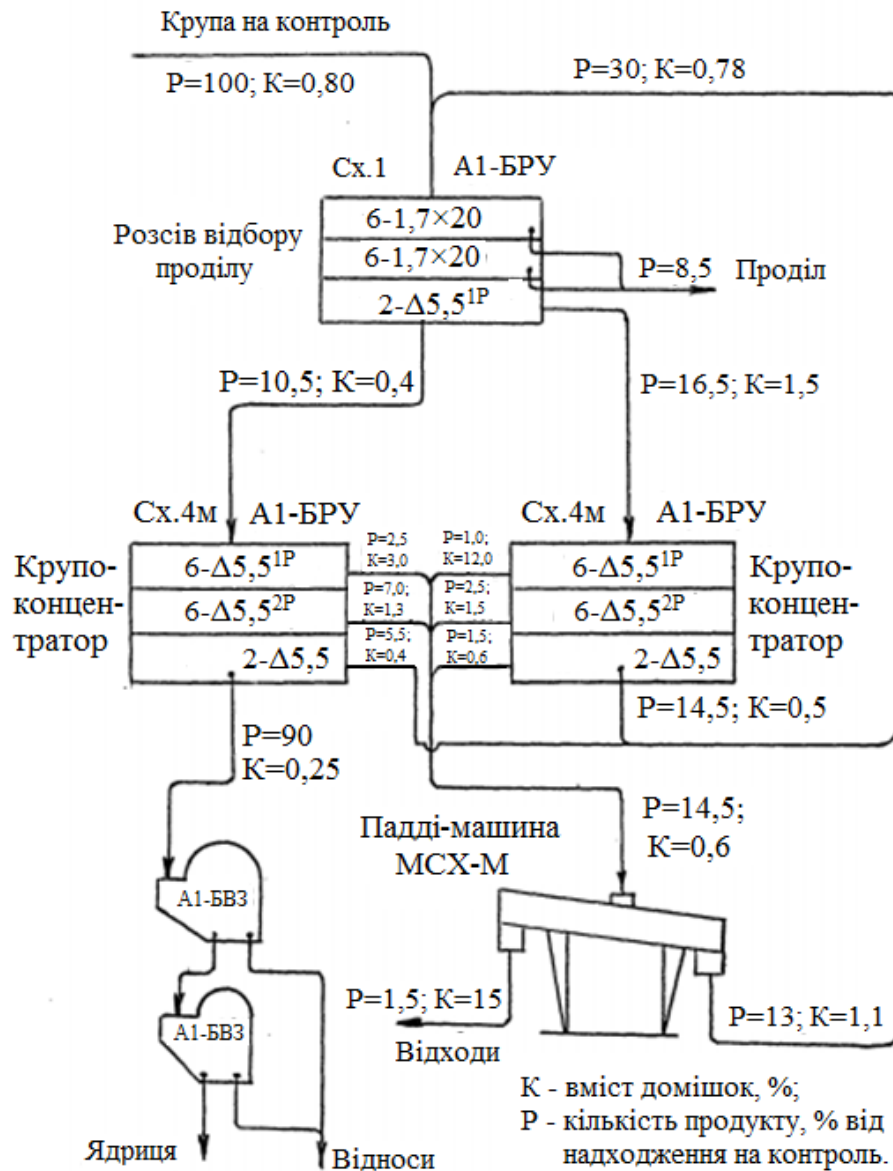


Рисунок 4.1 – Досліджувана технологічна схема контролю ядриці

З метою досягнення умов сепарування, найбільш близьких до оптимальних, з передбачених конструкцією розсійників кінематичних параметрів були встановлені найбільший ексцентриситет  $R = 30$  мм і найменша частота коливань  $n = 200$  хв<sup>-1</sup>.

У крупоконцентраторі на другій групі сит встановлені відбивні елементи, що мають довжину ділянки розшарування 200 мм.

Крупоконцентратор забезпечує високий ступінь очищення крупи як при обробці фракції з підвищеним вмістом домішок (сходова фракція розсійника відбору проділу), так і фракції з більш низьким вмістом домішок (проходова

фракція того ж розсійника): в першому випадку зниження вмісту домішок в середньому становить приблизно 80 %, у другому – близько 60 %. Високий і коефіцієнт загального вилучення домішок: 89,7 % в першому випадку і 67,4 % – у другому. Основна кількість домішок виділяється на I і II групах сепарувальних елементів. При цьому на першій групі більшою мірою виділяється смітна домішка, а нелущені зерна – на другій. Вихід очищеної ядриці з крупоконцентратора в середньому не менше 65 %.

Випробування показали також, що коливання навантаження на крупоконцентратор незначно відбиваються на кількості сходового продукту (кг/хв), тобто забезпечується стабілізація навантаження на падді-машину.

У крупоцех ТОВ «Далекс» встановлена падді-машина МСХ-М виробництва Україна з ексцентриситетом  $R = 92$  мм. Виробнича перевірка роботи падді-машини при контролі ядриці проводилася протягом 2022 року.

Машина показала стійку роботу, яка характеризувалася високою технологічною ефективністю: коефіцієнт вилучення нелущених зерен гречки склав в середньому 61 %, смітної домішки – 76,5 %. Такі сміттєві домішки, як ячмінь, овес, вівсюг, плоди дикої редьки, видаляються дуже добре: коефіцієнт вилучення їх може досягати 100 %. Коефіцієнт вилучення пшениці і жита, татарської гречки становить в середньому 40 %.

Найбільш високий коефіцієнт вилучення домішок ( $\eta = 92$  %) отримано при поєднанні частоти коливань і кута нахилу каналів падді-машини, що забезпечує вихід верхнього сходу в кількості, найбільш близькому до оптимального значення, триманого при лабораторних дослідженнях. Навантаження в цьому досліді і рівень засміченості ядриці також відповідають оптимальним значенням (розділ 3).

Випробування показали, що досліджувана технологія контролю круп, заснована на застосуванні падді-машини і крупоконцентратора для гречки забезпечує виробництво ядриці з вмістом домішок в 2 рази меншим, ніж за технологією, що застосовується на підприємстві: вміст нелущених зерен і сміттєвої домішки 0,48 % при контролі за старою схемою, 0,23 % – за новою.

Кількість відходів залежить від засміченості крупи, що надходить на контроль, режиму роботи падді-машини і складає 1 – 4 % від надходження на контроль. Концентрація домішок у відходах становить 15 – 65 %.

Коефіцієнт очищення ядра при контролі що застосовується на підприємстві склав в середньому тільки 27,3 %, тоді як за новою технологією його середнє значення 62,7 %, що навіть вище теоретичних необхідних для забезпечення вироблення крупи 1-го сорту, визначеного при математичному моделюванні процесу вилучення домішок.

Таким чином, результати виробничих випробувань свідчать про високу технологічну ефективності нового обладнання, застосованого при контролі ядриці, підтверджуючи тим самим основні результати лабораторних досліджень, спрямованих на підвищення ефективності поділу ядра гречки і домішок і послужили основою для розробки нової технології вироблення гречаної крупи з пониженим вмістом засмічених домішок і нелущених зерен гречки.

З врахуванням сказаного і даних про фактичні виходи крупи по сортам, також вважаючи, що приблизно половина крупи переходить в більш низький сорт за іншими показниками якості наприклад, по вмісту зіпсованих ядер, можна очікувати наступний вихід крупи табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Очікуваний вихід крупи по сортам при впровадженні нової технології, %

Крупа	При переході на вироблення ядриці вищого сорту	Крупа існуючого асортименту
Крупа ядриця - вищий сорт	20,0	-
- перший сорт	30,0	50,0
- другий сорт	12,0	12,0
Крупа проділ	5,0	5,0
Всього крупи	67,0	67,0

## Висновки до розділу

Передбачені ГОСТ 5550-74 і діючими тимчасовими нормами асортименту і показниками якості ядриці за вмістом нелущених зерен і сміттевої домішки встановлені з урахуванням можливостей технології, застосовуваної на круп'яних підприємствах в даний час. Однак досягнуті при виробничих випробуваннях показники технологічної ефективності операції контролю свідчать про те, що практичне використання нової технології дозволить виробляти ядрицю з вмістом домішок, в 2 рази меншим, ніж діюча технологія, тобто не вище 0,4 %. Така ядриця знаходиться на рівні вимог вищого гатунку для інших видів круп (вівсяна недроблена, пшоно шліфоване) і тому можна запропонувати ввести в асортимент гречаної крупи ядрицю вищого сорту.

Пропонована технологія, забезпечуюче більш високу ступінь очищення крупи, дозволить ядрицю, що виробляється в даний час 2-м сортом за вмістом домішок, довести до рівня 1-го сорту, а крупу 1-го сорту перевести в вищий сорт.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 5.1 Розробка карти безпеки праці

Розробка карт безпеки працівників є важливим кроком у забезпеченні безпеки на робочому місці. Основне завдання карти безпеки – надати співробітникам необхідну інформацію про потенційні ризики та заходи безпеки, яких необхідно дотримуватися при роботі на заводі.

Основні елементи, які можуть бути включені в карту безпеки персоналу підприємств з виробництва гречаної крупи наведені на рис. 5.1.

<i>I. Загальна інформація</i>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вимоги картки поширюються на всіх працівників всіх підрозділів ТОВ «Далекс»;</li> <li>2. Термін дії картки: 5 років (до 05.06.2028);</li> <li>3. Проходження інструктажу працівником: кожні <b>6 місяців</b>;</li> <li>4. Відповідальність за невиконання положень цієї картки: дисциплінарна, матеріальна, адміністративна, кримінальна;</li> <li>5. До роботи допускаються особи, яким не менше <b>18 років</b> та які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд та відповідний інструктаж.</li> </ol>	
<p style="text-align: center;"><i>II. Обов'язки працівника</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;</li> <li>2. Користуватися спецодягом та засобами індивідуального захисту;</li> <li>3. Працювати тільки на справному обладнанні;</li> <li>4. Не допускати сторонніх осіб на робоче місце;</li> <li>5. утримувати робоче місце в чистоті, не захарашувати його.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>III. Головні небезпечні фактори</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Захаращеність робочого місця;</li> <li>2. Відсутність спеціальних пристосувань, інструменту, обладнання;</li> <li>3. Підвищена температура обладнання;</li> <li>4. Підвищена температура, вологість, рухливість повітря робочої зони;</li> <li>5. Недостатня освітленість робочої зони;</li> <li>6. Незахищені токоведучі частини електрообладнання;</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><i>IV. Вимоги безпеки перед початком роботи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отримати завдання від керівника робіт.</li> <li>2. Одягти спецодяг і привести його в порядок.</li> <li>3. Підготувати робоче місце до виконання робіт, прибрати всі непотрібні речі.</li> <li>4. Впевнитись, що робоче місце достатньо освітлене.</li> <li>5. Підібрати та підготувати необхідні інструменти, пристосування, обладнання.</li> <li>6. Перед вмиканням обладнання необхідно переконатись, чи нема у машині сторонніх предметів, чи надійне кріплення механізмів.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>V. Вимоги безпеки під час роботи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перед вмиканням у роботу пропарювача зерна необхідно перевірити надійність кріплення всіх елементів.</li> <li>2. Шнекова частина пропарювача не повинна торкатись внутрішньої поверхні корпусу.</li> <li>3. технічне обслуговування та налаштування пропарювача можливе при розвантаженому обладнанні і при вимкненому електродвигуні.</li> <li>4. Категорично забороняється працювати на пропарювачі без огороджувального щитка корпусу.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><i>VI. Вимоги безпеки після закінчення роботи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Після закінчення роботи необхідно вимкнути обладнання.</li> <li>2. Прибрати робоче місце. Звільнити його від відходів виробництва, винести сміття.</li> <li>3. Почистити, помити інвентар, інструмент, скласти його в відведене для нього місце.</li> <li>4. Зняти спецодяг, покласти його в відведене для цього місце; прийняти душ.</li> <li>5. Доповісти керівникові про всі недоліки, які мали місце під час роботи.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>VII. Вимоги безпеки в аварійній ситуації</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. негайно відключити від мережі електрообладнання, відключати від систем газ.</li> <li>2. Не допускати в небезпечну зону сторонніх осіб.</li> <li>3. Повідомити про те, що сталося керівника робіт.</li> <li>4. В усіх випадках виконувати вказівки керівника робіт по усуненню небезпечного стану.</li> </ol>

Рисунок 5.1 – Картка безпеки праці оператора цеху з виробництва гречаної крупи

## 5.2 Утилізація відходів виробництва

Виробничий процес на підприємствах з виробництва круп має значний вплив на навколишнє середовище. Цей ефект можна охарактеризувати такими основними аспектами, як забруднення повітря в результаті викиду пилу і токсичних речовин, забруднення зернових продуктів, викиди стічних вод, промисловий шум.

1. Одним з найважливіших завдань у системі природоохоронних заходів ТОВ «ДАлекс» є забезпечення чистоти повітря, оскільки забруднення повітря є основною загрозою.

В процесі очищення зерна від домішок, а також при переміщенні зерен утворюється значна кількість мінерального та органічного пилу. Пил утворюється також при лущенні зерна гречки. Щоб запобігти винесення і забруднення пилу в атмосферу навколишньої території підприємства, на заводі передбачена система всмоктування, яка всмоктує пил з усіх точок випуску. Повітря надійно очищається циклонами і фільтрами різних конструкцій.

Прибирання пилу на підприємстві, включаючи дах будівлі, проводиться за графіком із зазначенням періодичності прибирання конкретної виробничої ділянки (щозміни, щодня, щомісяця, щокварталу та інше). Графік прибирання пилу затверджується директором підприємства.

Заходи з охорони навколишнього середовища ТОВ «ДАлекс» в першу чергу спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та побуту для співробітників, а також є ключовим фактором підвищення продуктивності праці.

### Висновки до розділу

У цьому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено карту безпеки праці для операторів зерноочисного цеху ТОВ «ДАлекс», обговорено та визначено методи утилізації відходів виробництва та вплив на екологічну безпеку в даній місцевості.

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Організація проведення дослідження

Метою проведення економічних розрахунків для демонстрації ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і здійсненності проектів, що демонструють технології та обладнання для вискооефективного видалення проходової фракції насіння гречки з метою отримання отримання однакового за розмірами круп'яного зерна і збереження їх корисних властивостей.

В результаті дослідження найбільш дорогими статтями кошторису є витрати на організацію дослідження: вартість прокатних станів, вартість дослідних зразків насіння, витрати на електроенергію, амортизацію і заробітну плату співробітників. Перелік завдань, передбачених в ході дослідження для встановлення впливу технологічних параметрів і режимів роботи просіювальної машини, наведено в таблиці 6.1.

Відповідно до плану дослідження будується мережевий графік – графічна модель, яка відображає майбутню роботу або процеси у вигляді окремих етапів і дозволяє розрахунками визначити оптимальний варіант її реалізації. На етапі впровадження мережеве розклад надає можливість оперативного управління ходом 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	Постановка проблематики	2
2-3	Патентний та літературний пошук	18
3-4	Розробка методик та послідовності виконання дослідів	5
4-5	Підготовка матеріалів необхідних для проведення досліджень	2
5-6	Підготовка експериментальної установки	23
6-7	Визначення геометричних параметрів насіння гречки	2

## Продовження таблиці 6.1

1	2	3
6-8	Визначення залежності технологічної ефективності сепарувального елемента від розмірів ділянок розшаровування і стабілізації	2
6-9	Визначення залежності технологічної ефективності елементарного ситового сепаратора від кінематичних параметрів і навантаження	4
6-10	Перевірка досліджуваної технології контролю ядриці	6
7-11	Обробка матеріалів наукових досліджень	1
8-11		1
9-11		3
10-11		2
11-12		Підготовка публікації
12-13	Формування матеріалу для оприлюднення	4

Згідно з планом дослідження будується мережевий графік. На стадії реалізації сітвовий графік забезпечує можливість оперативного управління ходом виконання роботи (рис. 6.1).

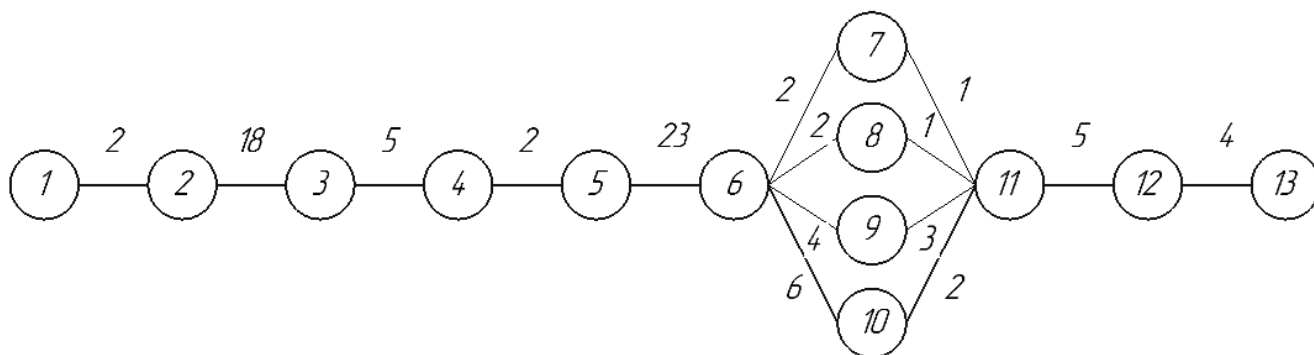


Рисунок 6.1 – Мережевий графік проведення дослідної роботи

Використовуючи мережевий графік, отримуємо повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-11-12-13}^1 = 3 + 15 + 3 + 4 + 2 + 25 + 1 + 1 + 5 + 4 = 63;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-11-12-13}^2 = 3 + 15 + 3 + 4 + 2 + 25 + 3 + 1 + 5 + 4 = 65;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13}^3 = 3 + 15 + 3 + 4 + 2 + 25 + 8 + 3 + 5 + 4 = 72;$$

Шлях з максимальною тривалістю називається критичним. У нашому випадку важливий 72-й прохід з періодом в 3 дні.

## 6.2 Витрати на проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (6.1)$$

де  $m_1$  – кількість витраченого і-го матеріалу;

$C_1$  – – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Вартість та кількість основних матеріалів

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Насіння гречки, кг	100	18,00	1800,00
Всього			1800,00

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

Таблиця 6.3 – Витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник робіт	9000	49,72	20	994,40
Всього				994,40

Нарахування на заробітну плату цчасників досліджень складають:

$$H = \frac{994,40 \cdot 22}{100} = 218,77 \text{ грн.}$$

Затрати на електроенергію визначаємо:

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

де  $M$  – потужність електрообладнання, кВт;

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

$T$  – час роботи, год;

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

Затрати енергії на привід просіювальної машини складають:

$$E_{\text{од.в.}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1,68 = 43,55 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу персонального комп'ютера:

$$E_{\text{п.к.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 56 \cdot 1,68 = 76,21 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії складуть:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{од.в.}} + E_{\text{п.к.}} = 43,55 + 76,21 = 119,76 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування, що використовується в процесі проведення досліджень, розраховуємо за формулою:

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

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн;

$\Phi$  – вартість устаткування, грн;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Просіювальна машина	19380,00	20	3	53,09
Персональний компютер	11800,5	20	7	45,26
Всього				98,38

Накладні витрати становлять:

$$\frac{(994,40 \cdot 80)}{100} = 795,52 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат наведений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	1800,00
Заробітна плата	994,40
Нарахування на заробітну плату	218,77
Електроенергія	119,76
Амортизація	98,38
Накладні витрати	795,52
Всього	4026,73

Встановлено, що найбільшими є витрати на основні матеріали та витрати на заробітну плату.

### 6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціну досліджень розраховуємо за виразом:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де  $Ц$  – вартість дослідження, грн;

$C$  – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 4026,73 + \frac{30 \cdot 4026,73}{100} = 5234,80 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 5234,80 грн.

Висновки до розділу

Найбільшими є витрати на основні матеріали та витрати на заробітну плату, які складають 1800,00 грн та 994,40 грн. Загальна вартість досліджень становить 5234,8 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що коефіцієнт видалення домішок при контролі ядриці становить в середньому 35 – 40 %.

Встановлено, що виділення ядриці з суміші з нелущеними зернами гречки і смітною домішкою на зазначеній технологічній операції можливо тільки за комплексом фізико-механічних властивостей, що визначають самосортування суміші, з одного боку, і за відмінністю в пружних і фрикційних властивостях – з іншого.

Запропоновано технологічну схему елементарного ситового сепаратора, що дозволяє найбільшою мірою використовувати це явище для виділення ядриці.

Технологічна схема такого сепаратора передбачає організацію по ходу руху продукту, що очищається, трьох ділянок, розшарування, поділу та стабілізації.

Розроблений новий сепарувальний елемент на базі ситової рамки розсійника А1-БРУ для очищення гречаної крупи від домішок при контролі її.

Показано залежність технологічної ефективності очищення ядриці від розмірів ділянки розшарування і ділянки стабілізації нового сепарувального органу, визначені їх оптимальні розміри.

Встановлено оптимальні кінематичні параметри сепарувального елемента і навантаження. Частоту кругових горизонтальних коливань слід вибирати найменшою з дотриманням умов нормального транспортування продукту по робочому органу при радіусі коливань 35 мм і навантаженні від 6 – 8 до 15 кг/хв.

Вихід ядриця з вмістом домішок не більше 0,4 % становить 65 – 75 %, коефіцієнт вилучення нелущених зерен гречки 90 – 95 %, смітної домішки – 80 – 90 %. Застосування падді-машини для поділу ядра і домішок, що надходять на контроль крупи, технологічний ефект падді-машини на контролі крупи найкраще проявляється при поєднаннях кінематичних і технологічних параметрів, що забезпечують переміщення в верхній сход не більше 20 – 25 % продукту, що

надходить в машину. Оптимальне навантаження на робочий канал машини становить 0,6 – 1,1 кг/хв.

Встановлено, що сортування крупи з засміченістю в межах 8 – 16 % забезпечує найбільш високі показники вилучення домішок. Присутність лушпиння в оброблюваному продукті також знижує ефективність вилучення домішок. При забезпеченні оптимального технологічного режиму коефіцієнт загального вилучення домішок становить 65 – 90 % в залежності від співвідношення компонентів. Плоди дикої редьки, овес, вівсюг, ячмінь вдалаються практично повністю.

Запропоновано технологію контролю ядриці, що включає крупоконцентратор і падді-машину.

Запропонована технологія пройшла перевірку. Запропонована технологія дозволяє підвищити коефіцієнт очищення ядриці при контролі до 55 % і вище. Отримані при випробуваннях результати показують можливість виробництва ядриці поліпшеної якості, в якій вміст домішок не перевищує 0,4 %, що в 2 рази нижче допустимого ДСТУ в крупі 1-го сорту. На нашу думку ця ядриця може бути рекомендована, як вищий сорт.

Найбільшими є витрати на основні матеріали та витрати на заробітну плату, які складають 1800,00 грн та 994,40 грн. Загальна вартість досліджень становить 5234,8 грн.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Абдуєв М. М. Експериментальне дослідження характеристик нахиленого повітряного каналу при зміні вологості зернової суміші / М. М. Абдуєв // Механізація сільського господарства: Вісник ХДТУСГ.– Харків: ХДТУСГ, 2004. – Вип. 29. – С. 104 – 109.
2. Абдуєв М. М. Експериментальне дослідження порівняльних характеристик сепараторів у вигляді вертикального та нахиленого каналів / М. М. Абдуєв, М. В. Бакум, Ю. О. Манчинський, В. В. Хоменко // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХДТУСГ. – Харків: ХДТУСГ, 2004. – Вип. 24. – С. 106 – 110.
3. Абдуєв М. М. Теоретичне визначення доцільної області параметрів повітряного горохоочисника / М. М. Абдуєв, Ю. О. Манчинський // Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. праць НАУ. – Київ: НАУ, 2000. – Т. VII. – С.127 – 132.
4. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
5. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
6. Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційна технологія дезінфекції технологічного обладнання харчових виробництв. The 5th International scientific and practical conference “Prospects of modern science and education” (February 07 – 10, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. P. 609-612. <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.5>
7. Kovaliova O, Pivovarov O, Vasylieva N, Koshulko V. Obtaining of rice malt with the use of plasma-chemically activated aqueous solutions. Food science and technology.2022;16(4):64-76. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i4.2542>

8. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. *Food Science and Technology*. 2022. 16 (3). P. 61-70. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2392>
9. Ковальова О.С. Інноваційна технологія виробництва гречаної крупи. The 14th International scientific and practical conference “Modern stages of scientific research development” (December 27 - 30, 2022) Prague, Czech Republic. International Science Group. 2022. С. 453-460. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.2.14>
10. Ковальова О. Особливості виробництва гречаного солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плазми водних розчинів / О.С. Ковальова, В.В. Колос, Є.С. Парамонова // Інтеграційна система освіти, науки і виробництва в сучасному інформаційному просторі: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 19-20 травня 2016 р., м. Тернопіль. Тернопіль: Крок, 2016. С. 35-37.
11. Чурсинов Ю.А., Ковалева Е.С. Применение органических кислот и их смесей в качестве стимулятора прорастания семенного материала. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2019. № 6. С. 31-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.30850/vrsn/2019/6/31-34>
12. Півоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солододорощення: монографія. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 242 с.
13. Чурсинов Ю. О., Ковальова О. С., Калина В. С., Пилипенко Г. О., Хомик Н. І., Lehmann Ch. Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 1. С.93-107. DOI: <http://dx.doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-82-92>
14. Kovalova O.S., Chursinov Yu.O., Kofan D.D. Research of hydrothermal processing of dry barley malt // *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2018. Vol.18, Issue 4. P.13-18. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i4.1190>

15. Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions. Food science and technology. 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 113-121 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1799>

16. Глонь О. В. Моделювання та оптимізація систем керування в умовах невизначеності: Автореф. дис. канд. техн. наук: 01.05.02 / Вінниц. нац. техн. ун-т. – Вінниця, – 2004. – 20 с.

17. Деклараційний патент України на корисну модель U 2011 01636. Назва винаходу (корисної моделі) – круповідокремлююча машина (падді-машина). Заявники: Кошулько В. С., Науменко М. М., Чурсінов Ю. О.

18. Деклараційний патент України на корисну модель U 2011 13888. Назва винаходу (корисної моделі) – круповідокремлююча машина (падді-машина). Заявники: Кошулько В. С., Науменко М. М., Чурсінов Ю. О., Міщенко М. І.

19. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 2, кн. 2) Зернозбиральні машини / П. М. Заїка // – Х.: Око, 2004. – 404с.

20. Кіндрацький Б. І. Багатокритеріальний структурно-параметричний синтез машинобудівних конструкцій: Автореф. докт. техн. наук: 05.02.02. / Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Л., 2004. – 36с.

21. 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.

22. 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.

23. Кузмич А.Я. Дослідження процесу сепарації дрібного зерносолломистого вороху та обґрунтування параметрів робочих органів очисток комбайнів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Укр. акад. аграр. наук, Нац. наук. центр “Ін-т

механізації та електрифікації сільського господарства”. – Глеваха (Київська обл.), 2003. – 18 с.

24. Лузан П. Г. Обґрунтування параметрів та режимів роботи інерційно-гравітаційного решітчастого сепаратора зерна: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Кіровоград. держ. техн. ун-т. – Кіровоград, 2001. – 19 с: укр.

25. Мазнєв Г. Є. Економічне обґрунтування інженерних рішень в сфері АПК / Г. Є. Мазнєв, М. М. Турченко, М. Д. Щетинін // Навч. посібник. – Харків: ХДТУСГ, 2001. – 401с.

26. Манчинський Ю. О. Математична модель руху компонентів насіннєвих 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.

27. Pivovarov, O., Kovaleva, O., & Chursinov, J. (2020). Prevention of biofouling of industrial reverse water supply systems by plasma water treatment (Doctoral dissertation, Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing).

28. Павленко В. С. Лабораторний практикум з деталей машин та основ конструювання. За ред. проф. Д. В. Чернілевського / В. С. Павленко и др. // – К.: ІСДО, 1995. – 144с.

29. 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.

30. Симкіна Р. А. Моделі і алгоритми системи підтримки прийняття рішень з ремонтного обслуговування обладнання: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / Харк. нац. ун-т радіоелектроніки. – Х., 2004. – 20с.

31. Guzik, Paulina & Kulawik, Piotr & Zając, Marzena & Migdał, Władysław. (2021). Microwave applications in the food industry: an overview of recent developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62. 1-20. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1922871>.

32. Ainhoa Vicente, Marina Villanueva, Pedro A. Caballero, José María Muñoz, Felicidad Ronda, Buckwheat grains treated with microwave radiation: Impact on the techno-functional, thermal, structural, and rheological properties of flour, *Food Hydrocolloids*, Volume 137, 2023, 108328, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108328>.

33. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko V., Aleksandrova A. Study of use of antiseptic ice of plasma-chemically activated aqueous solutions for the storage of food raw materials. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15, Issue 4. P. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2260>

34. Hu, Q., He, Y., Wang, F. et al. Microwave technology: a novel approach to the transformation of natural metabolites. *Chin Med* 16, 87 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.

35. Kovalova, O., Vasylieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., Didukh, N., Balandina, I., Obolentseva, L., Hirenko, N. (2023). Development of buckwheat groats production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (126)), 59–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290584>

36. Ekezie, Flora-Glad & Sun, Da-Wen & Han, Zhang & Cheng, Jun-Hu. (2017). Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. *Trends in Food Science & Technology*. 67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.014>.

37. 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).

38. Верещинский О.П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці: дис. ... д-ра техн. наук / О.П. Верещинский. – Київ: НУХТ, 2014. – 388 с.

39. 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).

40. Експертиза та контроль якості продуктів харчування: Навчально-методичний посібник з напрямку підготовки «Ветеринарна медицина» / П.М. Гаврилін, О.Г. Прокушенкова, В.Г. Єфімов [та ін.]. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2012. 200 с.

41. ДСТУ 4161-2003. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги.

42. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв/ О.В. Богомолів, О.І. Шаповаленко, О.М. Сафонова, [та ін.]: Навч. посібник. Харків: «Еспада». 2006. 296с.

43. Маковецька Ю. Сучасне керування відходами відповідно до принципів циркулярної економіки. Посібник курсу ZWA deep level, 2021. 140 с. Режим доступу: <https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/posybnic-lekciye-book-5.pdf>.

44. Інноваційні методи обробки продовольчої сировини / С.Ю. Миколенко, О.В. Гончарова, А.М. Пугач, А.В. Купченко, В.С. Кошулько, Я.В. Гезь: Монографія. Дніпро: Журфонд, 2017. 224 с.

45. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/31826/1/hotel%20industry.pdf#page=213>

46. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/37612/1/1.pdf>

47. <https://core.ac.uk/download/pdf/270038417.pdf>

48. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14898/1/Pyvghmv.pdf>

49. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/15427/1/makaroni.pdf>

50. [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17892/1/Konspekt\\_lekcij\\_Bezvidhodni\\_tehnologiji\\_konservnyh\\_vyrobnictv.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17892/1/Konspekt_lekcij_Bezvidhodni_tehnologiji_konservnyh_vyrobnictv.pdf)

51. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1339/3/kvmnrkthkmvihuvep.pdf>.
52. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/455/3/751.pdf>.
53. [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/35368/1/181\\_Haidashchuk%20Bohdan%20Mykhailovych.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/35368/1/181_Haidashchuk%20Bohdan%20Mykhailovych.pdf).
54. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/20610/1/sword%202015.pdf>.
55. <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/article/view/264787>.