

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій**  
**Кафедра технології зберігання і переробки зерна**

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту(декан факультету)

«До захисту допущено»  
В. о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)  
**Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО**  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис) **Тетяна ЯНЮК**  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

з спеціальності \_\_\_\_\_ 181 «Харчові технології» \_\_\_\_\_  
(шифр та назва спеціальності)

на тему: \_ Дослідження крупності гречаного борошна при різних  
способах подрібнення гречки \_\_\_\_\_

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 6М

КРУГЛЯК Олександр Валентинович

Керівник

ШАРАН Андрій Васильович  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент

Олена БІЛИК  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що в цій дипломній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2024 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра «Технології зберігання і переробки зерна»

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Технології зберігання і переробки зерна»

(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

**В. о. завідувача кафедри**  
**Технології зберігання і**  
**переробки зерна**

Тетяна ЯНЮК

“ ” 2024 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кругляка Олександра Валентиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження крупності гречаного борошна при різних способах подрібнення гречки»

керівник роботи доц., к.т.н., доцент Шаран А.В.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “06” 11 2023 року №906-КС

2. Строк подання здобувачем роботи

3. Вихідні дані до роботи: борошно гречане. Продуктивність борошномельного заводу 130 т/добу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, огляд літературних та інтернет джерел, об'єкти і методи дослідження, експериментальна частина, технологічна частина, соціально-економічна значущість роботи, загальні висновки, список використаних літературних джерел

5. Перелік графічного матеріалу



## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Дослідження крупності гречаного борошна при різних способах подрібнення гречки» присвячена дослідженню крупності борошна гречаного при використанні різних способів помелу гречаних крупів в борошно.

У Вступі наведено актуальність дослідження крупності гречаного борошна при різних способах подрібнення.

В першому розділі проведено огляд літературних джерел. Розглянуто характеристики гречки як сировини. Показано можливості застосування гречаного борошна в харчових виробництвах та розглянуто показники якості борошна гречаного. Проаналізовано технології виробництва борошна гречаного.

В другому розділі розглянуто об'єкт і предмет досліджень та методики подрібнення борошна гречаного. Наведено методики гранулометричного аналізу борошна гречаного.

В третьому розділі наведено результати досліджень гранулометричного аналізу гречаного борошна при різних способах подрібнення.

В четвертому розділі наведено наукове обґрунтування та опис технології підготовки крупів гречаних та технології помелу крупів гречаних в борошно для заводу продуктивністю 130 т/добу. Здійснено розрахунок технологічного обладнання.

В п'ятому розділі розроблено план НАССР для запропонованого технологічного процесу виробництва гречаного борошна.

## ANNOTATION

The qualification work on the topic "Investigation of the grain size of buckwheat flour with different methods of grinding buckwheat" is devoted to the study of the grain size of buckwheat flour when using different methods of grinding buckwheat groats into flour.

In the Introduction, the relevance of researching the grain size of buckwheat flour with different grinding methods is given.

In the first section, a review of literary sources is carried out. The characteristics of buckwheat as a raw material are considered. The possibilities of using buckwheat flour in food production are shown and the quality indicators of buckwheat flour are considered. Buckwheat flour production technologies are analyzed.

In the second section, the object and subject of research and methods of grinding buckwheat flour are considered. Methods of granulometric analysis of buckwheat flour are presented.

In the third section, the results of studies of granulometric analysis of buckwheat flour with different grinding methods are given.

The fourth section provides a scientific rationale and description of the technology for preparing buckwheat groats and the technology for grinding buckwheat groats into flour for a plant with a capacity of 130 t/day. The calculation of technological equipment has been carried out.

In the fifth section, the HACCP plan for the proposed technological process of buckwheat flour production is developed.

## ЗМІСТ

Вступ	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ІНТЕРНЕТ ДЖЕРЕЛ	9
1.1 Характеристика зерна гречки	9
1.2 Використання гречаного борошна	11
1.3 Технології помелу гречки та крупів гречаних в борошно	12
1.4 Показники якості борошна гречаного	15
1.5 Висновки до розділу 1	16
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	17
2.1 Об'єкт і предмет досліджень	17
2.2 Методика подрібнення крупів гречаних	17
2.3 Методика визначення гранулометричного складу борошна гречаного	19
2.4 Математична обробка експериментальних даних	20
2.5 Висновки до розділу 2	21
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	22
3.1 Дослідження крупності борошна гречаного отриманого подрібненням у вальцьовому верстаті	22
3.2 Дослідження крупності борошна гречаного отриманого подрібненням у дробарці дисмембраторного типу	26
3.3 Висновки до розділу 3	29
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	31
4.1 Наукове обґрунтування та розроблення технології підготовки крупів гречаних в борошно	31
4.2 Опис технологічного процесу підготовки крупів гречаних до переробки в борошно	33
4.3 Розрахунок обладнання технологічного процесу підготовки крупів гречаних в борошно	33
4.4 Наукове обґрунтування та розроблення помелу крупів гречаних в	35

борошно _____	
4.5 Опис технологічного процесу помелу крупів гречаних в борошно	36
4.6 Розрахунок обладнання для помелу крупів гречаних в сортове борошно _____	40
4.7 Висновки до розділу 4 _____	46
РОЗДІЛ 5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ _____	47
5.1 Характеристика готової продукції _____	47
5.2 Блок-схема процесу виробництва _____	50
5.3 Аналіз ризиків при виробництві борошна гречаного _____	51
5.4 Аналіз наявності критичний контрольних точок у технологічному процесі _____	54
5.5 Оформлення НАССР-плану для виробництва безпечного продукту	56
5.6 Розроблення плану НАССР для виробництва гречаного борошна	57
5.7 Висновки до розділу 5 _____	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ _____	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ _____	62
ДОДАТКИ _____	65

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Подрібнення зерна є однією із важливих наукових проблем, якій присвячено багато різних наукових робіт. В технологіях помелу зерна в борошно, процес подрібнення зерна є одним із найбільш енергоємних процесів. Від організації і ведення технологічного процесу подрібнення зерна залежить крупність кінцевих продуктів та їх якість, яка оцінюється або зольністю продукту або його білістю.

Подрібнення крупів гречаних в борошно є однією із важливих наукових проблем і перш за все із-за того, що Правила організації і ведення технологічного процесу не передбачають рекомендованих технологій помелу крупів гречаних в борошно, а в інших літературних джерелах недостатньо інформації щодо організації в ведення технологічного процесу помелу крупів гречаних в борошно. Різні джерела вказують на можливість вироблення або сортового гречаного борошна так і односортового борошна.

За своїми структурно-механічними властивостями ядро гречки суттєво відрізняється від зерен пшениці і перш за все своєю меншою міцністю, що відповідно впливає на організацію технологічного процесу крупів гречаних в борошно.

Відсутні дані щодо впливу вологості крупів на вихід і якість борошна, а також відсутня інформація щодо виходу та крупності кінцевого продукту. Викликає питання щодо кількості технологічних систем помелу.

Процес подрібнення крупів гречаних в борошно є важливим науковим питанням тому, що відсутня інформація щодо раціональних методів подрібнення крупів гречаних в борошно.

**Метою досліджень** є крупність гречаного борошна при помелі крупів гречаних в борошно при різних способах подрібнення.

Відповідно до сформульованої мети досліджень поставлено наступні завдання:

- дослідити крупність гречаного борошна при різних способах подрібнення;

- провести математичну обробку експериментальних даних;

- розробити технологічний процес помелу крупів гречаних в борошно.

**Наукова новизна** встановлено, що середньозважений розмір частинок борошна гречаного, яке отримано шляхом подрібнення у дробарці дисмембраторного типу був меншим ніж середньозважений розмір частинок борошна, яке отримано при дворазовому подрібненні крупів гречаних у вальцьовому верстаті.

**Практичне значення отриманих результатів.** При практичному застосуванні доцільно використовувати машини дисмембраторного типу для отримання частинок борошна якомога менших розмірів частинок.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувач особисто приймав участь у відбиранні зразків борошна, здійснював гранулометричний аналіз зразків та подальшу обробку даних. Усі результати обговорювалися із керівником роботи.

**Структура та об'єм роботи.** Кваліфікаційна робота складається із вступної частини, 5 розділів, висновків та списку використаних джерел. Пояснювальна записка викладена наб3 сторінках машинописного тексту, має 9 рисунків, 19 таблиці. Список використаних літературних джерел включає 20 бібліографічних джерел.

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ІНТЕРНЕТ ДЖЕРЕЛ

### 1.1. Характеристика зерна гречки

Зерно гречка є типовою круп'яною культурою. Практичне значення в культурі має лише один вид – гречка споживча. Плід гречки – сім'янка, яку в практиці зазвичай називають зерном. Воно має трьохгранну форму. Зерно гречки має гладку поверхню. Колір зерна буває сірий із рисунком та коричневий різних відтінків.

Зерно складається із наступних частин: плодової та насінневої оболонки, алейронового шару, ендосперму і зародка. Плодова оболонка охоплює усе ядро, але зростається із ним тільки в одному місці – в середині основи ядра, де добре помітне темне пляма. Оболонка має товщину близько 0,16 мм і складається і декількох рядів товстостінних клітин.

При натисканні на зерно плодова оболонка розпадається на три пластинки трикутної форми. Вміст плодової оболонки (плівчастість) гречки складає 17...25 %. Залежить від сорту, району та умов вирощування. Особливо має високу плівчастість щупле зерно гречки. Плівчастість щуплих зерен може досягати до 50 %.

Розміри зерен гречки коливаються в широких межах: довжина 5,0...7,2 мм; ширина – 2,9...4,0 мм; товщина 2,8...3,8 мм. Крупним вважається зерно, яке має довжину вище 6,0 мм, ширину – вище 3,4 мм та товщину – 3,2 мм. Маса 1000 зерен гречки становить від 12 до 40 г, частіше від 18 до 25 г.

Характерною особливістю хімічного складу плодової оболонки гречки є відносно низька її зольність. Під плодовою оболонкою міститься ядро трьохгранної форми, яке вкрите тонкою насінневою оболонкою. Насіннева оболонка складається із пустотілих клітин і губчастого шару. Насіннева оболонка містить пігмент, який розчинний у воді і який темніє при нагріванні. Цим пояснюється коричневий колір ядра гречки, яке було піддане

сушінню або термічній обробці. На частку насінневої оболонки припадає 1,5...2,0 % ваги зерна.

Алейроновий шар однорядний і складає 4...5 % ваги зерна. Ендосперм складається із крупних клітин, які заповнені крохмалем та білком. За консистенцією ендосперм борошнистий, володіє недостатньою міцністю і досить легко подрібнюється при переробці гречки на крупозаводах. Міцність ендосперму дещо збільшується під час пропарювання зерна, що дає можливість збільшити вихід цілої крупки (ядриці). Вага ендосперму становить 55...65 % ваги зерна.

Зародок гречки у вигляді пластинки, який має форму латинської букви S, більшою своєю частиною входить в ендосперм і лише частково знаходиться біля поверхні зерна. Таке розташування зародка є характерною особливістю анатомічної будови зерна гречки і під час переробки гречки зародок відокремити від ендосперму неможливо. Зародок становить близько 10...15 % ваги зерна.

За загальним хімічним складом плоди гречки відносяться до групи крохмалистих. За хімічним складом зерно гречки близьке до зерна зернових культур. Зерно містить (у % на суху речовину): крохмалю – 58...68 %; білків – 11...15 %; жирів – 2...3 %; цукрів – 0,4...0,8 %; клітковини – 12...15,5 %; золи – 2...3 %.

Білки зерна гречки повноцінні за амінокислотним складом. Але на відміну від інших зернових культур, в гречці у великій кількості містяться білки, які розчинні у воді (альбуміни), та білки, які розчинні у сольових розчинах (глобуліни). Із мінеральних речовин у гречці міститься багато фосфору та заліза. Дані щодо розподілу хімічних речовин по частинах зерна гречки наведено на таблиці 1.1.

Наведений хімічний аналіз вказує на те, що зерно гречки є цінною харчовою сировиною, особливо при додаванні його у продукти щоденного споживання такі як хлібобулочні вироби тощо. Треба зауважити, що білкові речовини гречки не здатні формувати клейковину і в суміші із білками інших

зернових культур не приймають участі в її утворенні. Тому борошно із зерна гречки різко відрізняється за своїми технологічними властивостями від борошна пшеничного або житнього і використовується для виробництва виробів, які не вимагають високої газотримуючої здатності (млинці, оладки, печиво).

Таблиця 1.1 – Хімічний склад частин зерна (у % на сухі речовини)

Частина плоду	Вага, %	Вміст				
		білок	жири	крохмаль	клітковина	зола
Ціле зерно	100	11,5- 15,5	1,8- 3,7	50-70	10-17	2,0-2,5
Плодова оболонка	19,0...27,0	3,0-5,0	0,5- 1,3	0,5-1,0	42-68	1,8-2,5
Ядро	75,0...80,0	13,5- 15,0	2,2- 3,0	67-77	1,5-1,8	2,3-2,4
Ендосперм	53,5...60,2	8,0-10,0	0,5- 0,7	87-90	0,6-0,7	0,3-0,4
Насіннева оболонка та алейроновий шар	3,4...4,7	---	---	---	---	---
Зародок	13,7...18,7	43,7	10-22	---	3,5-4,0	7,0- 10,0

Найбільш важливим показником, який характеризує якість гречки це вміст у ній ядра.

## 1.2. Використання гречаного борошна

Борошно гречане виготовляють із крупів гречаних. Каша із гречаних крупів характеризується високою поживною цінністю і добрим смаком. Невелика кількість гречки переробляється в борошно, яке використовується для випічки млинців та хліба із додаванням гречаного борошна.

В літературних джерелах зустрічається інформація щодо використання гречаного борошна для продуктів дитячого харчування і макаронних виробів. Можливе використання гречаного борошна для хлібобулочних та кондитерських виробів.

Із гречаного борошна виробляють горіхові пироги, гречано-сирні соуси, торти, різні печива. Гречане борошно використовується для підвищення поживної цінності хліба. За рахунок відсутності клейковини, гречане борошно добре підходить для виробництва безглютенових виробів. Оскільки таке борошно не містить клейковини, з метою забезпечення газоутримуючої та формоутримуючої здатності тіста в нього додають камеді ксантана та гуара в кількості 1,0 % до маси сипких компонентів. Для покращення смакових якостей і підвищення харчової цінності безглютенового хліба використовують гречане борошно в кількості 15...25 %. Гречане борошно сприяє збільшенню початкової та кінцевої кислотності тіста на 0,4...0,5 град.

### **1.3. Технології помелу гречки та крупів гречаних в борошно**

Помел зерна гречки у борошно відноситься до нетрадиційних помелів. Правила організації і ведення на борошномельних заводах не передбачають помели зерна гречки в борошно, як і помели інших круп'яних культур в борошно. Незважаючи на відсутність технологічних процесів в офіційних інструкціях, помели зерна круп'яних культур в борошно здійснюються на різних підприємствах України, про що свідчить хоча б виробництво хліба із додаванням гречаного борошна так і вівсяного печива, які зустрічаються в роздрібній торгівлі.

Згадки про технологічні процеси переробки зерна гречки в борошно зустрічаються в обмеженій кількості літературних джерел. Потреба у розробленні технологічних процесів помелу гречки в борошно необхідна оскільки є потреба в гречаному борошні для виробництва продуктів дитячого харчування, виробництва макаронних виробів та виробництва хлібобулочних

виробів. Обмежено зустрічається інформація, що при виробництві гречаного борошна технологічний процес помелу гречаних крупів в борошно складається із чотирьох драних систем і двох розмелювальних систем. Борошно відбирають проходом сит №43, 46, 49, 55. Технологічний процес дозволяє отримати до 62 % гречаного борошна. Існують схеми виробництва гречаного борошна із зеленої гречки. Гречане борошно грубого помелу є цінним дієтичним продуктом, який зберігає усі цінні властивості зерна гречки.

Гречане борошно контролюється за крупністю – залишок на ситі №045 не більше 5 %, прохід крізь сито №43 – не менше 50 %.

Пошук інтернет-джерел виявив, що в зустрічаються технологічні помели зерна гречки в борошно із виходом 90 %, при цьому виробляється борошно вищого, першого та другого сорту а також борошно «Старожитне». Види гречаних помелів наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Види гречаних помелів та норми виходу продукції.

Продукти помелу	Норми виходу продукції, %	
	Борошно, всього	90
Вищий сорт	35...40	---
Перший сорт	35...40	---
Другий сорт	15...20	---
Борошно «Старожитне»	---	90
Мучка кормова	8,5	8,5
Зернові продукти	0,5	0,5
Відходи III категорії із механічними втратами	0,7	0,7
Усушка	0,3	0,3
Разом	100	100

Дані, які наведено в табл. 1.2 вказують, що можлива реалізація як сортових помелів так і простих помелів. Даний факт потребує більш детального вивчення тому, що зерно гречки не володіє клейковиною, що аж ніяк не впливає на тістоведення. Крім того, плодові оболонки виділяються на етапі лущення, що зменшує зольність готової продукції. Гречане борошно добавляється до харчових продуктів у відносно невеликій кількості, тому особливого впливу колір борошна на кінцевий продукти не спостерігається. Найбільш важливою характеристикою може бути крупність гречаного борошна.

При переробці гречаних крупів в борошно розрахунок виходу продукції здійснюють за величиною усушки.

На території України борошно із крупів гречаних виробляють різні підприємства. Їх технологічні процеси невідомі, оскільки є комерційною таємницею відповідних компаній. Різні способи подрібнення можуть по різному впливати на пошкодження крохмальних гранул, адже гречка є «крохмальною культурою». У зв'язку із цим набуває великої актуальності питання щодо крупності борошна, яке виробляється вітчизняними підприємствами.

Міцність ядра зерна гречки нижче ніж міцність ядра зерна пшениці, тому можна гіпотетично припустити, що для подрібнення крупів гречаних в борошно необхідно прикласти менші зусилля ніж при подрібненні зерна пшениці. Актуальним питанням є пошук таких способів подрібнення, які б при мінімальній кількості обладнання давали б можливість отримати максимальний вихід борошна певної крупності.

Відомо, що крупність частинок пшеничного борошна впливає на процеси тістоведення. Виходячи із цього крупність борошна гречаного також може впливати на процеси тістоведення (газоутримуюча здатність, водопоглинальна здатність тощо), а також самосортування таких борошняних сумішей. Чим менше крупність частинок борошна тим більша питома поверхня частинок. В свою чергу це впливає на поглинання води в

процесі замішування тіста. Виходячи із цього крупність борошна має велике практичне значення.

#### **1.4. Показники якості борошна гречаного**

Відповідно до діючого ДСТУ 7702:2015 «Борошно гречане. Технічні умови», борошно повинно відповідати таким показникам якості.

За органолептичними показниками борошно гречане характеризується кремовим кольором, запах та смак мають відповідати борошно гречаному без сторонніх запахів та смаків.

За фізико-хімічними показниками, борошно гречане повинно відповідати наступним показникам. Вологість борошна повинна бути не більше 14,0 %; кислотність – не вище 6,0 град.; масова частка металомагнітних домішок – не більше  $3 \times 10^{-4}$  %; наявність мінеральних домішок не дозволяється; готовність до вживання – не більше ніж 5 хв.; будь-які інші сторонні домішки не дозволяються; зараженість шкідниками хлібних запасів не дозволяється.

Найбільш важливим із показників є крупність помелу, яка характеризується залишком на ситі із поліамідних монониток №27ПА-120 – не більше 2,0, проходом поліамідного сита №27ПА-120 – не менше 60 %.

Відповідно до діючого ДСТУ 7702:2015 на борошно гречане сито №27ПА-120 характеризується розміром отворів 250 мкм. Іншими словами, весь продукт який отримано проходом сита із отворами 250 мкм відноситься до борошна гречаного. В той же час ДСТУ 7702:2015 дозволяє змінювати крупність помелу відповідно до вимог замовника. Діючий стандарт на гречане борошно не передбачає виробництва сортового борошна із крупів гречаних.

Дослідження крупності подрібнення крупів гречаних в борошно є науковою проблемою, оскільки невідомо чи утворюються крупки в процесі подрібнення крупів. В залежності від того чи утворюються крупки чи ядро

гречки подрібнюється повністю буде залежати необхідність виділення драного та розмелювального процесів.

Враховуючи, що борошно гречане виробляється із крупів, а не із не лущеного зерна, то не перетравні оболонки в борошні будуть відсутні. Відтак можна вважати, що немає потреби в організації складного технологічного процесу помелу із застосуванням процесів збагачення, де необхідно чітко розділити оболонки від крохмалистої частини ендосперму. Для помелу крупів гречаних в борошно технологічний процес спрощується і його можна віднести до простих помелів.

### **1.5.Висновки до розділу 1**

- 1.Встановлено технологічні властивості зерна гречки.
- 2.Показано використання гречаного борошна в харчових продуктах.
- 3.Розглянуто особливості помелів крупів гречаних в борошно.
- 4.Показано актуальність дослідження крупності гречаного борошна

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1.Об'єкт і предмет досліджень

Об'єктом досліджень є технологія помелу гречки в борошно.

Предметом досліджень є крупність помелу крупів гречаних в борошно.

#### 2.2.Методика подрібнення крупів гречаних

Крупи гречані подрібнювали у двоярусному вальцьовому верстаті. Крупи гречані подавалися на першу пару вальців (верхню), після якої продукти подрібнення без просіювання одразу подавалися на другу (нижню) пару вальців. Принципову схему подрібнення крупів гречаних в борошно у двоярусному вальцьовому верстаті показано на рис. 2.1.

Зразки для просіювання відбиралися для аналізу крупності відбиралися після другої пари вальців. Режими подрібнення встановлювалися на максимальні параметри. Параметри роботи вальців невідомі і є комерційною таємницею компанії, на виробництві якої проводилися дослідження. У вальцьовому верстаті використані нарізні обидві пари вальців.

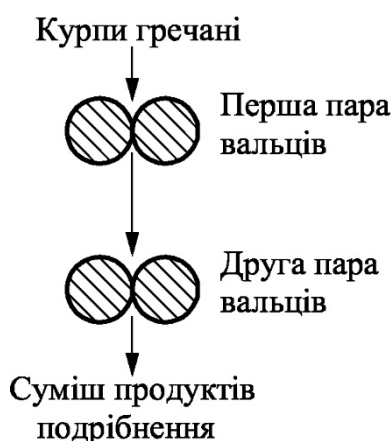


Рисунок 2.1 – Схема подрібнення крупів гречаних у двоярусному вальцьовому верстаті.

Наважка продуктів подрібнення крупів гречаних відбиралися в кількості 0,8...1,0 кг. Гранулометричному аналізу піддавалася уся відібрана наважка подрібненого продукту.

Подрібнення крупів гречаних у дробарці дисмембраторного типу здійснювали в дробарці, загальний вид якої показано на рис. 2.2. Подрібнення крупів гречаних здійснювали за один прохід. Швидкість обертання робочого органу дробарки становив 3000 об/хв.



а)

б)

Рисунок 2.2 – Дробарка дисмембраторного типу: а – загальний вид; б – робочі органи дробарки.

Принцип роботи дробарки дисмембраторного типу наступний. Робочий орган дробарки складається із рухомої і нерухомої частин. Як показано на рис. 2.2. Нерухома частина дробарки має чотири нерухомих концентрично розташованих рядів «пальців». На рухомій частині дробарки також розташовано чотири концентрично розташованих ряди «пальців». Продукт, який підлягає подрібненню подається у центральну частину робочого органу. Рухомі ряди пальців розганяють продукт із певною швидкістю, а нерухомі ряди пальці гальмують подрібнюваний продукт. За рахунок такого впливу робочих органів відбувалося інтенсивне подрібнення продукту.

Подрібнений продукт відбирався і проводився гранулометричний аналіз продукту подрібнення.

### 2.3.Методика визначення гранулометричного складу борошна гречаного

В подрібненому порошкоподібному продуктів досліджували гранулометричний склад за наступною методикою. Гречане борошно після подрібнення в обладнанні просіювали на наборі стандартних лабораторних сит. Марка і розмір отворів сит наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика лабораторних сит при дослідженні гранулометричного складу подрібненого продукту.

№ п/п	Номер сита або решітного полотна	Розмір отворів сита, мкм
1	0,045	45
2	0,056	56
3	0,071	71
4	0,09	90
5	0,112	112
6	49/52	132
7	41/43	160
8	33/36	200
9	27ПА-120	250
10	22,7ПЧ-150	300
11	17,5ПЧ-180	390
12	15,5ПЧ-200	450
13	12,5ПЧ-240	560
14	11ПЧ-240	670
15	9,3ПЧ-270	800

Безпосередньо просіювання здійснювали використовуючи лабораторний розсійник РЛУ-1 («ОЛИС», м.Одеса, Україна).

Набір стандартних лабораторних сит здійснювався з урахуванням модуля сита. Оскільки точно підібрати усі сита із абсолютно постійним

модулем не було можливості, то модуль сита підбирався з урахуванням, щоб його величина знаходилася в межах  $\Delta \approx 1,21$ .

Після просіювання подрібненого досліджуваного порошкоподібного зразка, продукт на ситі зважувався на технічних вагах і результат подавався у відсотках по відношенню до загальної маси продукту до просіювання.

#### 2.4. Математична обробка експериментальних даних

Обробку експериментальних даних виходу окремих фракцій та побудову гранулометричних характеристик здійснювали за допомогою програмного пакету MS Excel.

В подрібненому порошкоподібному зразку визначали середньозважений розмір частинок продукту. З цією метою використовували наступну формулу:

$$A = \frac{a_1 Q_1 + a_2 Q_2 + \dots + a_n Q_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n} \quad (2.1)$$

де,  $a_1, a_2, \dots, a_n$  - розмір частинок фракцій, мкм;  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  - вихід окремих фракцій, %.

Розмір частинок фракції визначався як середньоарифметичне із двох сусідніх лабораторних сит. Тобто, якщо фракцію отримано проходом сита 800 мкм та сходом сита 670 мкм, то розмір частинок виділеної фракції розраховувався як  $\frac{800+670}{2} = 735$  мкм.

Після розрахунку середньозваженого розміру частинок борошна розраховували діапазон розкиду частинок в суміші навколо середньозваженого значення.

Спочатку розраховували середньозважене відхилення  $\bar{x}$  за формулою []:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (2.2)$$

де  $\sum_{i=1}^n m_i x_i$  - сума відхилень розмірів частинок кожної фракції.

Наступним кроком розраховували відхилення від середнього розміру  $x_i$  за формулою:

$$x_i = \bar{d} - d_i \quad (2.3)$$

де  $\bar{d}$  - середньозважений розмір частинок, мкм;  $d_i$  - розмір частинок кожної окремої фракції, мкм.

Додаткову величину  $a_2$  визначали за такою формулою:

$$a_2 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i^2}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (2.4)$$

де  $\sum_{i=1}^n m_i x_i^2$  - сума квадратів відхилень.

Дисперсію розраховували за формулою:

$$S^2 = a_2 - \left| \bar{x} \right|^2 \quad (2.5)$$

Середнє квадратичне відхилення  $S$  визначали за формулою[]:

$$S = \sqrt{S^2} \quad (2.6)$$

Після проведеного аналізу робився аналіз щодо ефективного подрібнення крупів гречаних двома способами використовуючи середній розмір частинок суміші.

## 2.5. Висновки до розділу 2

1. Визначено об'єкт та предмет досліджень.
2. Наведено методики подрібнення крупів гречаних в борошно.
3. Наведено методику аналізу гранулометричного складу продуктів подрібнення.
4. Наведено методику обробки отриманих експериментальних даних.

## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Дослідження крупності борошна гречаного отриманого подрібненням у вальцовому верстаті

Дослідженнями гранулометричного складу борошна гречаного при двоетапному подрібненні крупів гречаних у вальцовому верстаті встановлено, що суміш є полідисперсною і має широкий діапазон розкиду частинок. На рис. 3.1 наведено диференціальну криву розподілу частинок борошна гречаного.

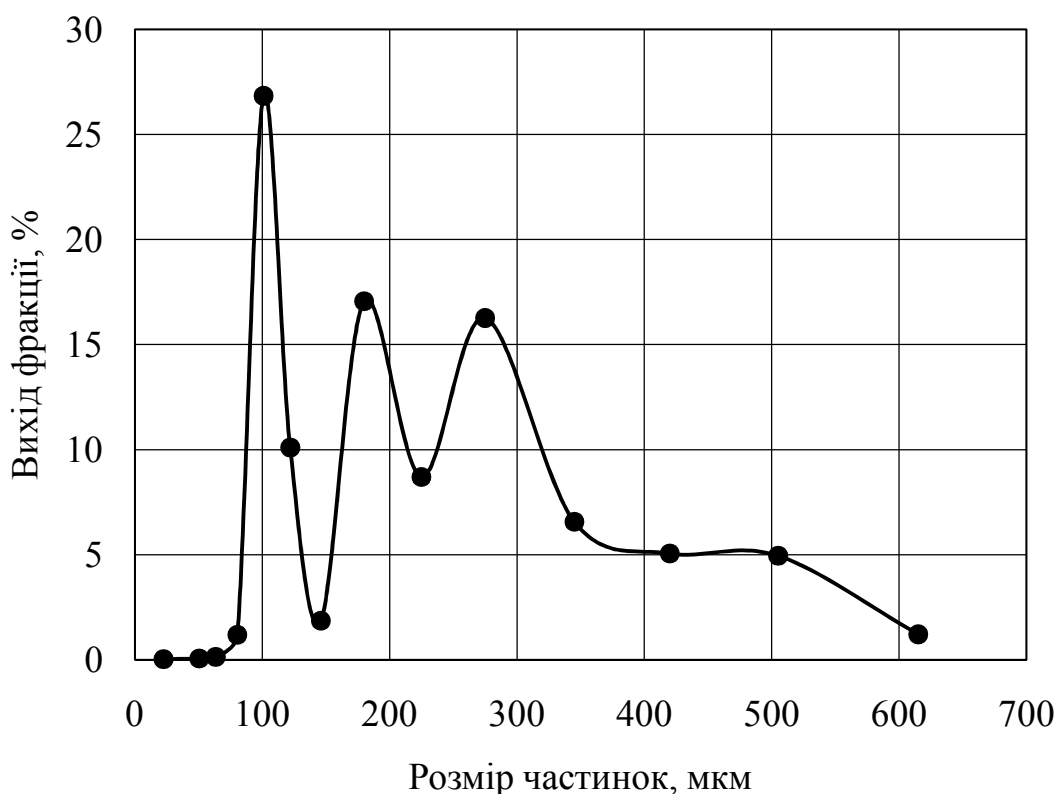


Рисунок 3.1 – Диференціальна крива розподілу частинок борошна гречаного за крупністю при двоетапному подрібненні крупів гречаних в борошно.

Як видно із даних рис. 3.1, борошно гречане має три найбільших фракції у суміші. Найбільша фракція мала розміри частинок 101 мкм; друга фракція мала розміри частинок 180 мкм і третя – 275 мкм. Розрахований

середньозважений розмір частинок становив 214,5 мкм. Таке велике значення пояснюється тим, що розмір частинок усіх фракцій коливався від 22,5 мкм до 615 мкм, але у сукупності отримуємо 214,5 мкм.

Диференціальна крива має три чітко виражених максимуми, що вказує на полімодальний характер цієї кривої. Нерівномірний розподіл частинок в суміші можна пояснити тим, що ядро гречки має неоднорідну міцність, яка впливає на вихід фракцій, а також на нерівномірність подрібнення може впливати нерівномірне прикладанням руйнівних зусиль до ядер крупи та крупних частинок подрібненого ядра.

На рис. 3.2 показано інтегральну криву розподілу частинок фракцій за крупністю.

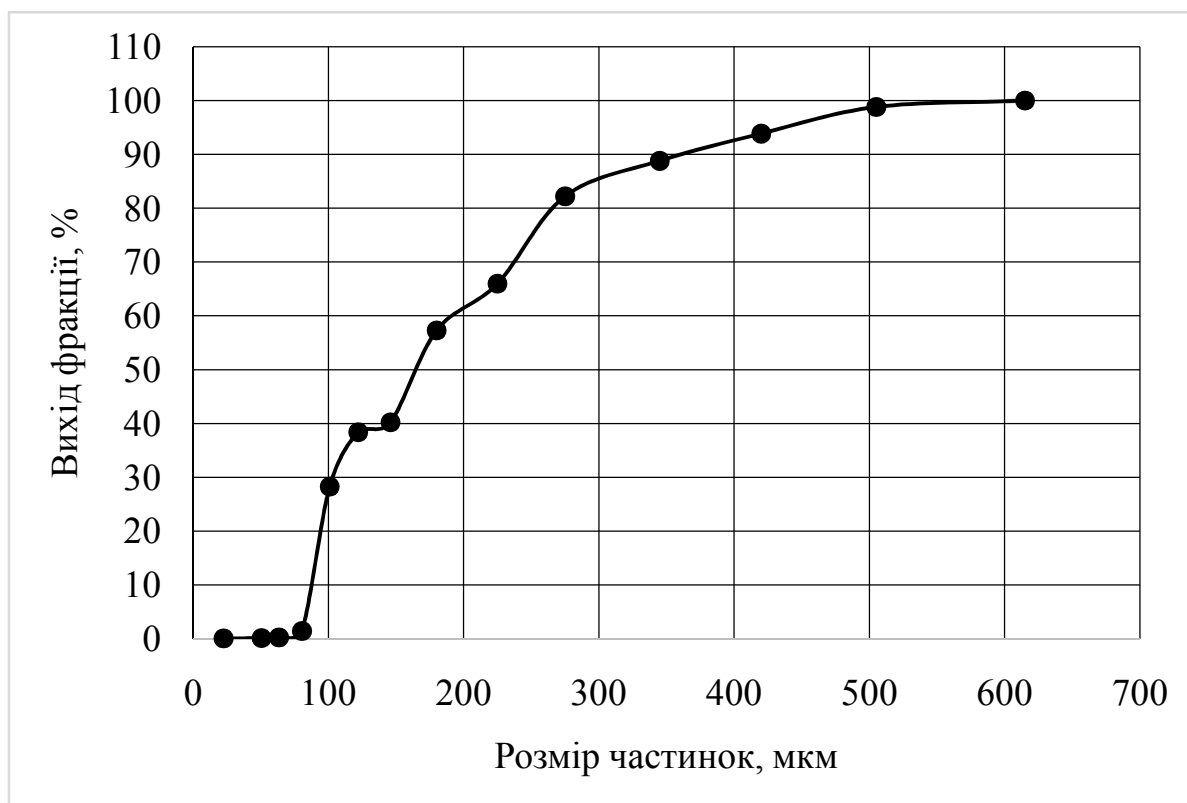


Рисунок 3.2 - Інтегральна крива розподілу частинок борошна гречаного за крупністю при двоетапному подрібненні крупів гречаних в борошно.

Інтегральна крива на рис. 3.2 має вигнутий по відношенню до осі OX вид, що вказує на переважання крупних частинок у суміші.

Наведені результати вказують, що двоетапне подрібнення крупів гречаних не є достатньо ефективним способом подрібнення крупів гречаних

в борошно. Хоч і середньозважений розмір частинок борошна гречаного вписується в рамки діючого стандарту. Із даних інтегральної кривої (рис. 3.2) можна зробити висновок, що до 25 % частинок у суміші мають розміри більші за 250 мкм, як регламентується стандартом на борошно гречане. 38,3 % частинок борошна мають розміри частинок менші 132 мкм, що відповідає частинкам борошна пшеничного вищого сорту. Решта частинок в утвореній суміші мають проміжне значення.

Розрахуємо середньоквадратичне відхилення навколо середньозваженого розміру частинок борошна гречаного. В табл. 3.1 наведено проміжні розрахунки середнього квадратичного відхилення.

Використовуючи дані табл. 3.1 розрахуємо основні статистичні показники середнього квадратичного відхилення розсіювання частинок відносно середньоарифметичного значення за формулами 2.2...2.6.

Розрахуємо середньозважене відхилення:

$$\bar{x} = -\frac{\sum_{i=1}^N m_i \times x_i}{\sum_{i=1}^N m_i} = -\frac{0}{100} = 0$$

Розраховуємо додаткову величину  $a_2$ :

$$a_2 = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \times x_i^2}{\sum_{i=1}^N m_i} = \frac{1485152,35}{100} = 14851,52$$

Розраховуємо дисперсію:

$$S_2 = a_2 - |\bar{x}|^2 = 14852,52 - 0 = 14852,52$$

Тоді середнє квадратичне відхилення буде становити:

$$S = \pm\sqrt{S_2} = \sqrt{14852,52} = \pm 121,8 \text{ мкм}$$

Розраховане середнє квадратичне відхилення характеризує розсіювання розмірів частинок навколо середньозваженого значення, яке становить  $214,5 \pm 121,8$  мкм. Чим менше ця величина, тим менше розсіювання розмірів частинок, тобто тим більш однорідна суміш за розмірами частинок. Більше значення середнього квадратичного відхилення характеризує нерівномірність подрібнення продукту, або іншими словами переподрібнення частинок в дрібних фракціях і недоподрібнення частинок – в крупних фракціях.

Диференціальна крива (рис. 3.1) також підтверджує зроблений висновок щодо розсіювання частинок відносно середньозваженого значення.

Таблиця 3.1 – Проміжні розрахунки середнього квадратичного відхилення

Середній розмір частинок фракції, мкм	Диференціальний вихід борошна, $m_i$ , %	Відхилення від середнього значення, $x_i$	Квадрати відхилення $(x_i)^2$	Величина відхилень $m_i \times x_i$	Величина квадратів відхилень, $m_i \times x_i^2$
22,5	0,03	192,0	36863,6	5,44	1043,53
50,5	0,06	164,0	26895,6	10,00	1639,85
63,5	0,13	151,0	22800,7	20,06	3028,60
80,5	1,19	134,0	17955,7	159,32	21348,14
101	26,84	113,5	12882,0	3046,10	345728,46
122	10,10	92,5	8556,0	934,59	86448,21
146	1,85	68,5	4692,1	127,01	8699,95
180	17,06	34,5	1190,2	588,66	20308,11
225	8,70	-10,5	110,3	-91,32	958,94
275	16,26	-60,5	3660,4	-983,86	59524,55
345	6,56	-130,5	17030,5	-856,35	111754,41
420	5,06	-205,5	42230,7	-1038,84	213482,40
505	4,95	-290,5	84390,9	-1437,21	417512,00
615	1,21	-400,5	160401,1	-483,58	193675,21
Всього	100			0	1485152,35

### 3.2. Дослідження крупності борошна гречаного отриманого подрібненням у дробарці дисмембраторного типу

Дослідженнями гранулометричного складу борошна гречаного при подрібненні крупів гречаних в дробарці дисмембраторного типу встановлено, що найбільший вихід фракції 46,3 % частинок в суміші мають розмір частинок 122 мкм.

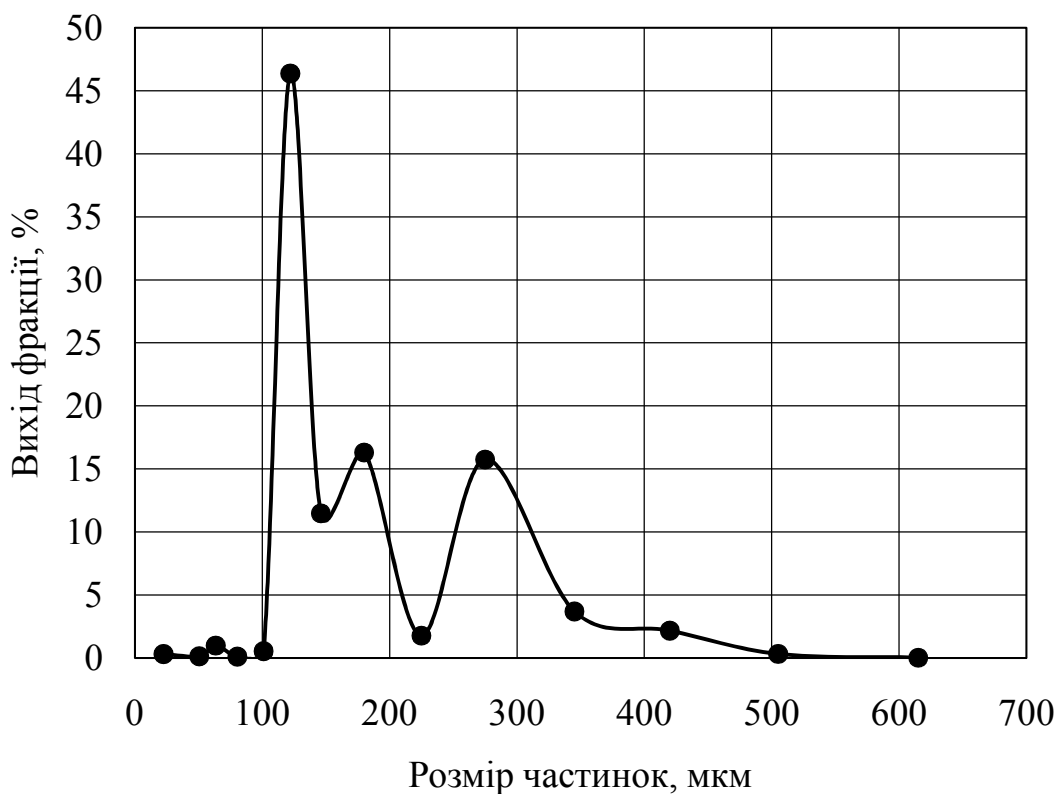


Рисунок 3.3 - Диференціальна крива розподілу частинок борошна гречаного за крупністю при подрібненні крупів гречаних в борошно у дробарці дисмембраторного типу.

Диференціальна крива має три максимуми, які вказують на полімодальний характер кривої. Як і в попередньому дослідженні, це можна пояснити нерівномірним прикладенням зусиль до частинок в процесі подрібнення з боку робочих органів дробарки та різною міцністю складових ядра крупів гречаних.

Із аналізу інтегральної кривої (рис. 3.4) можна бачити, що сумарний вихід борошна із розмірами частинок менше 132 мкм становить 48,4 %, що

на 10 % більше для продукту, який був подрібнений у двоярусному вальцовому верстаті. Вихід крупних фракцій (більше 132 мкм) знаходиться в межах до 15,0 %. 22 % частинок мають розміри більше 250 мкм. Решта частинок коливаються в діапазоні від 132 мкм до 250 мкм.

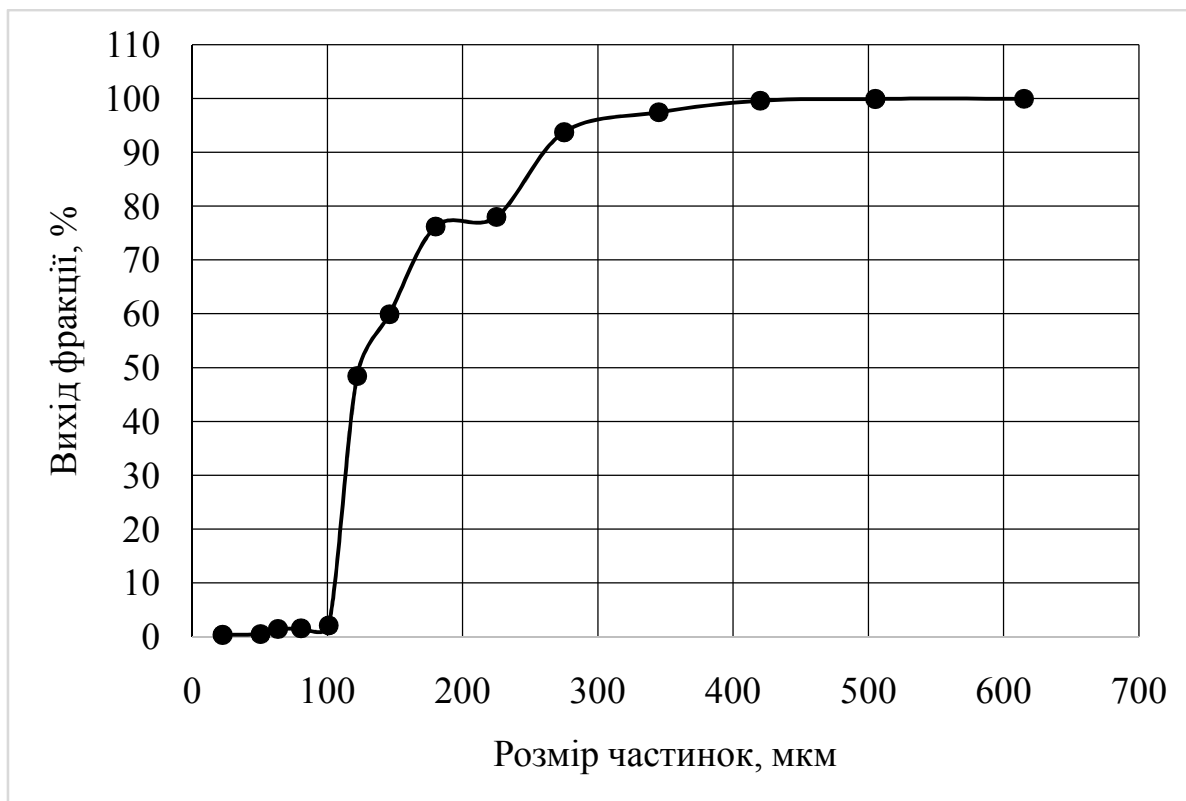


Рисунок 3.4 - Інтегральна крива розподілу частинки борошна гречаного за крупністю при подрібненні крупів гречаних в борошно у дробарці дисмембраторного типу.

Інтегральна крива має вигнутий характер, що аналогічно вказує на переважання крупних частинок у суміші. Хоча для точки 225 мкм спостерігається відхилення від вказаної особливості кривої.

Середній розмір суміші частинок подрібненого продукту становить  $175,4 \pm 79,06$  мкм. Проміжні розрахунки відхилення від середньозваженого значення наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Проміжні розрахунки середнього квадратичного відхилення

Середній розмір частинок фракції, мкм	Диференціальний вихід борошна, $m_i$ , %	Відхилення від середнього значення, $x_i$	Квадрати відхилення $(x_i)^2$	Величина відхилень $m_i \times x_i$	Величина квадратів відхилень, $m_i \times x_i^2$
22,5	0,31	152,9	23388,4	47,88	7323,04
50,5	0,14	124,9	15608,2	16,96	2119,42
63,5	0,98	111,9	12528,9	109,57	12264,16
80,5	0,11	94,9	9012,2	10,26	974,26
101	0,54	74,4	5540,2	39,99	2976,34
122	46,36	53,4	2855,1	2477,28	132368,02
146	11,48	29,4	866,3	337,85	9943,89
180	16,29	-4,6	20,9	-74,42	339,90
225	1,78	-49,6	2456,9	-88,25	4374,34
275	15,74	-99,6	9913,6	-1567,35	156056,97
345	3,69	-169,6	28753,1	-626,04	106156,60
420	2,17	-244,6	59813,2	-529,74	129557,20
505	0,32	-329,6	108614,6	-104,49	34437,41
615	0,03	-439,6	193219,4	-11,88	5221,94
735	0,07	-559,6	313115,6	-37,62	21052,42
Всього	100			0	625165,89

Використовуючи дані табл. 3.2 розрахуємо основні статистичні показники середнього квадратичного відхилення розсіювання частинок відносно середньоарифметичного значення за формулами 2.2...2.6.

Розрахуємо середньозважене відхилення:

$$\bar{x} = -\frac{\sum_{i=1}^N m_i \times x_i}{\sum_{i=1}^N m_i} = -\frac{0}{100} = 0$$

Розраховуємо додаткову величину  $a_2$ :

$$a_2 = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \times x_i^2}{\sum_{i=1}^N m_i} = \frac{625165,89}{100} = 6251,89$$

Розраховуємо дисперсію:

$$S_2 = a_2 - |\bar{x}|^2 = 6251,89 - 0 = 6251,89$$

Тоді середнє квадратичне відхилення буде становити:

$$S = \pm\sqrt{S_2} = \sqrt{6251,89} = \pm 79,06 \text{ мкм}$$

Порівнюючи результати досліджень середньозваженого значення суміші частинок борошна гречаного, яке отримано у двоярусному вальцьовому верстаті та у дробарці дезінтеграторного типу можна бачити, що борошно, отримане шляхом подрібнення крупів гречаних у дробарці дисмембраторного типу має менші розміри частинок ніж такий самий продукт отриманий у двоярусному вальцьовому верстаті. Крім того величина розсіювання навколо середньозваженого значення також менша.

Різниця між середньозваженими значеннями склала 39,1 мкм.

Результати досліджень вказую на те, що для більш «тонкого» подрібнення крупів гречаних в борошно необхідно збільшувати інтенсивність подрібнення продукту за рахунок розширення кількості подрібнюючого обладнання.

### **3.3.Висновки до розділу 3**

1.Встановлено, що для обох способів подрібнення розмір частинок борошна коливається в усьому досліджуваному діапазоні від 22,5 до 735 мкм.

2.Для обох способів подрібнення диференціальні криві є полімодальними, що вказує на нерівномірність прикладених зусиль та неоднорідну міцність крупів гречаних.

3. Середньозважений розмір частинок борошна гречаного отриманого шляхом двохетапного подрібнення крупів гречаних становить  $214,5 \pm 121,8$  мкм.

4. Середньозважений розмір частинок борошна гречаного отриманого шляхом подрібнення крупів у дробарці дисмембраторного типу становить  $175,4 \pm 79,06$  мкм.

5. Вихід борошна гречаного із розміром частинок менше 132 мкм був більше на 10 % у продукту, який отримано в дробарці дисмембраторного типу.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### **4.1.Наукове обґрунтування та розроблення технології підготовки крупів гречаних в борошно**

Технологічний процес підготовки крупів гречаних до помелу повинен включати контрольне просіювання та провіювання. Контрольне просіювання крупів гречаних необхідне для виділення крупних та дрібних частинок, які випадково потрапили до крупів. Провіювання здійснюють з метою виділення лузги гречаної (відходи III категорії). Після чого підготовлена крупа направляється на помел.

Розміри отворів решітних полотен для контрольного просіювання наступні:

- проходове решітне полотно – із розміром отворів 5,0...5,5 мм;
- сходове решітне полотно - номер 08.

Перед подачею крупів гречаних на очищення обов'язковими є операції зважування та виділення металоманітних домішок, які також можуть випадково потрапити в крупів.

Етап зважування потрібен для здійснення обліку крупів гречаних, які відпущені у переробку.

Виходячи із вище розглянутих операцій, схема технологічного процесу підготовки крупів гречаних до переробки може бути наступною (рис. 4.1).

Першочергово крупи гречані зважуються і дозуються, після чого здійснюється етап очищення від можливих домішок. Після виділення домішок за крупністю, проводиться очищення від легких домішок. Така організація забезпечує ефективне виділення можливих домішок в крупах гречаних перед помелом їх в борошно.

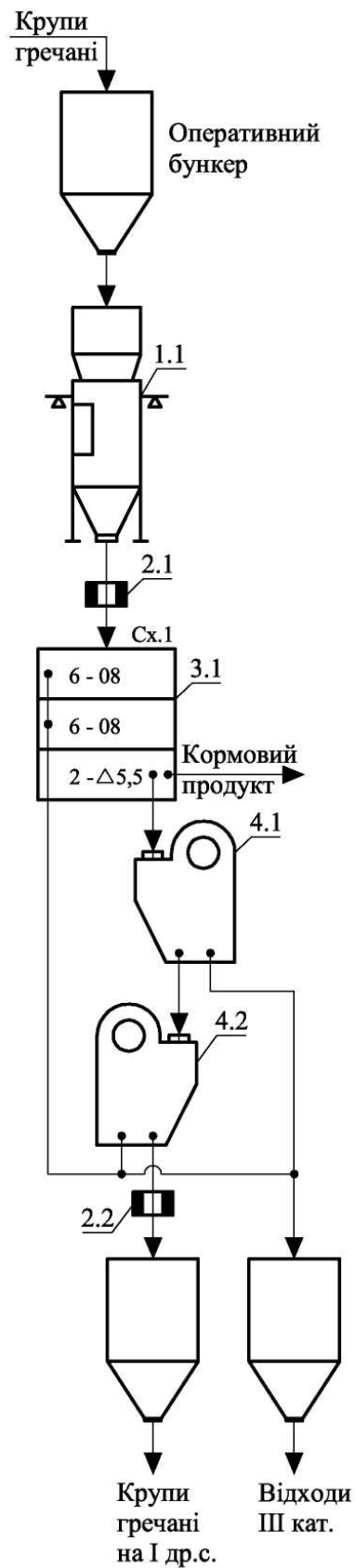


Рис. 4.1 – Схема технологічного процесу підготовки крупів гречаних до помелу в борошно: 1.1 – ваговий дозатор; 2.1, 2.2 – магнітна колонка; 3.1 – розсійник; 4.1, 4.2 – повітряний сепаратор.

## **4.2.Опис технологічного процесу підготовки крупів гречаних до переробки в борошно**

Крупи гречані подаються у оперативний накопичувальний бункер, який призначений для забезпечення ритмічності роботи лінії. Із бункера, крупи гречані подаються у ваговий дозатор (1.1), який зважує продукт і далі передає на очищення. Однією із задач вагового дозатора також є забезпечення постійного навантаження на технологічне обладнання.

Після зважування, потік крупів гречаних проходить через магнітну колонку (2.1), в якій виділяються можливі металоманітні домішки. І далі крупи гречані передаються на сортування у розсійник (3.1). Сходом розсійника виділяється зерно, яке направляється у кормовий продукт. Першим та другим проходом виділяються відходи ІІІ категорії, які направляються у бункер відходів. Третім проходом виділяються крупи гречані, які далі подаються на провіювання від легких домішок та лузги.

Пневмосепарування ядра гречки організоване в два проходи обладнання, яке здійснюється у повітряних сепараторах із замкнутим циклом повітря (4.1, 4.2).

Очищені крупи гречані подаються у накопичувальний бункер і далі у вальцьовий верстат І драної системи. Перед бункером передбачено магнітну колонку (2.2) для контрольного виділення металоманітних домішок перед подачею очищених крупів на подрібнення.

## **4.3.Розрахунок обладнання технологічного процесу підготовки крупів гречаних в борошно**

Відповідно до норм технологічного проектування борошномельних підприємств для борошномельних заводів із продуктивністю до 130 т/добу приймається одна лінія підготовки зерна або крупів.

Розрахункова кількість машин для даного етапу підготовки, шт., розраховується за наступною формулою:

$$n_m = \frac{Q_{з.б.}}{24 \cdot q_m} \quad (4.1)$$

де  $n_m$  – розрахункова кількість машин, шт.;  $Q_{з.б.}$  – продуктивність відділення підготовки крупів(або продуктивність потоку), т/год;  $q_m$  – паспортна продуктивність однієї машини, т/год.

Паспортна продуктивність розсійника РК-4 на сортуванні продуктів лущення становить 8 т/год, тоді кількість розсійників марки РК-4 буде становити:

$$n_m = \frac{130}{24 \cdot 8} = \frac{130}{192} = 0,67 \approx 1 \text{ розсійник}$$

Кількість повітряних сепараторів на першому етапі очищення крупів гречаних із замкнутим циклом повітря марки АСХ-5 із паспортною продуктивністю 5 т/год буде становити:

$$n_m = \frac{130}{24 \cdot 5} = \frac{130}{240} = 0,54 \approx 1 \text{ повітряний сепаратор}$$

На другому етапі очищення крупів гречаних використовується аналогічний повітряний сепаратор із такою ж самою продуктивністю.

Магнітна колонка Б8-БМП має технічну продуктивність 11 т/год. При такій продуктивності кількість магнітних колонок Б8-БМП на першому етапі очищення крупів гречаних від металомагнітних домішок буде становити:

$$n_m = \frac{130}{24 \cdot 11} = \frac{130}{264} = 0,49 \approx 1 \text{ магнітна колонка}$$

На етапі подачі підготовлених крупів гречаних також передбачається використання магнітної колонки цієї ж марки і з такою самою продуктивністю.

Кількість автоматичних вагових дозаторів на вході в лінії підготовки крупів гречаних  $n_6$ , шт., розраховується за наступною формулою:

$$n_6 = \frac{Q_{з.б.} \cdot 1000 \cdot C_6}{100 \cdot 24 \cdot V \cdot n_{63}} \quad (4.2)$$

де  $n_6$  – розрахункова кількість автоматичних вагових дозаторів, шт.;  $C_6$  – кількість продукту, яке надходить на зважування, %;  $V$  – ємність ковша дозатора, (100, 50, 20) кг;  $n_{63}$  – кількість зважувань за годину.

Розрахункова кількість вагових дозаторів буде складати:

$$n_e = \frac{130 \cdot 1000 \cdot 100}{100 \cdot 24 \cdot 50 \cdot 120} = \frac{13000000}{14400000} \approx 1 \text{ дозатор}$$

Відповідно до розрахунків необхідно мати один автоматичний ваговий дозатор.

#### **4.4.Наукове обґрунтування та розроблення технології помелу крупів гречаних в борошно**

Технологічний процес помелу крупів гречаних в борошно повинен передбачати наступні процеси: драний, розмелювальний, формування і контроль готової продукції.

Драний процес повинен включати 3...4 системи. Режим подрібнення на I та II драних системах повинен забезпечувати отримання борошна вищого та першого сорту та проміжних продуктів, які направляються у вальцьовий верстат 1 розмелювальної системи. Режим подрібнення на I та II драних системах характеризується проходом крізь сито №08.

Рекомендовані режими загального добутку продуктів: на I драній системі – 35...40 %; на II драній системі – 50...60 %. На інших системах режими подрібнення встановлюються на максимальний добуток борошна.

В драному процесі при помелі крупів гречаних отримують кормову мучку, в яку направляють перший сід III драної системи та сходові продукти IV драної системи.

Розмелювальний процес включає дві розмелювальні системи. Подрібнення продуктів в розмелювальному процесі здійснюють на вальцях із нарізною поверхнею для максимального подрібнення ядра гречки в борошно. На першій розмелювальній системі відбирають борошно гречане вищого сорту і першого, а на другій розмелювальній системі відбирають борошно другого сорту. Сходові продукти 2 розмелювальної системи направляють в кормову мучку.

Режими подрібнення за системами розмелювального процесу повинні забезпечити повний добуток ендосперму. Величина добутку має бути від 50 % до 70 % від маси продукту на системі.

Формування потоків борошна здійснюють в розмелювальному відділенні борошномельного заводу із потоків окремих технологічних систем.

Контроль борошна повинен забезпечувати виділення сторонніх домішок і необхідну крупність помелу.

Схему технологічного процесу для борошномельного заводу продуктивністю 130 т/добу наведено на рис. 4.2.

При сортових помелах крупів гречаних в борошно сортове слід приймати такі характеристики процесу: середнє питоме навантаження на вальцьову лінію – 120...150 кг/см×добу; середнє питоме навантаження на просіюючу поверхню – 1800...2300 кг/м<sup>2</sup>×добу.

#### **4.5.Опис технологічного процесу помелу крупів гречаних в борошно**

Технологічний процес помелу крупів гречаних в борошно для борошномельного заводу продуктивністю 130 т/добу включає драний та розмелювальний процеси і контроль борошна передбачає драний процес. Драний процес включає чотири драних системи, а розмелювальний процес включає дві розмелювальні процеси. Контроль борошна представлений системами для контролю борошна вищого, першого та другого сортів.

Підготовлені крупи гречані подаються у вальцьовий верстат I драної системи. Подрібнений продукт пневмотранспортом подається у розсійник для сортування. Перший схід направляється у вальцьовий верстат II драної системи, а другий схід направляється у вальцьовий верстат 1 розмелювальної системи. Перший та другий направляються на контроль борошна вищого сорту, а третій прохід направляється на контроль борошна першого сорту.

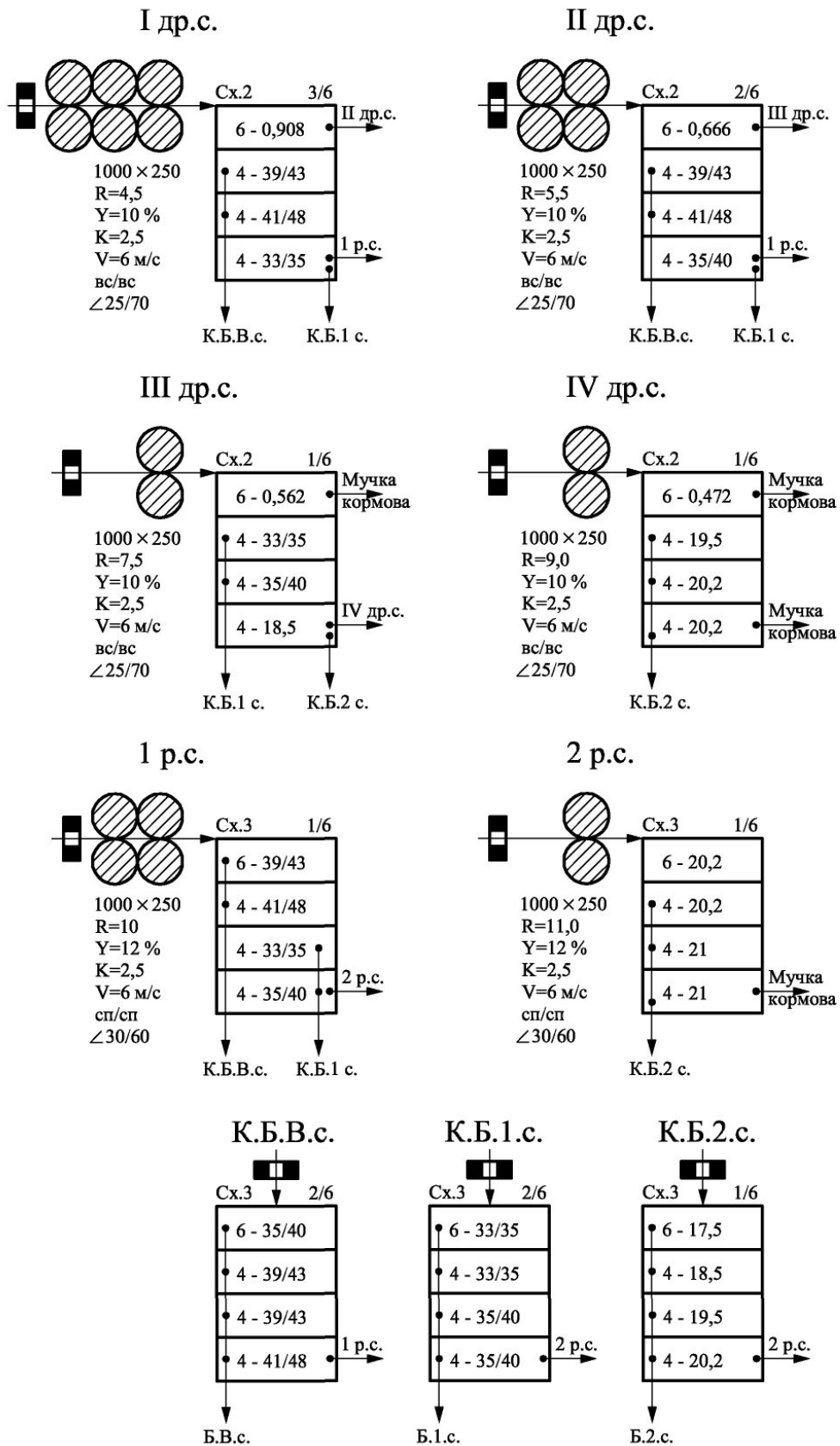


Рис. 4.2. – Схема технологічного процесу помелу крупів гречаних в борошно.

Після подрібнення у вальцьовому верстаті II драної системи, продукти подрібнення пневмотранспортом направляються у розсійник для сортування. Перший схід направляється у вальцьовий верстат III драної системи, а другий схід направляється у вальцьовий верстат 1 розмелювальної системи. Перший та другий направляються на контроль борошна вищого сорту, а третій прохід направляється на контроль борошна першого сорту.

Після подрібнення у вальцьовому верстаті III драної системи, продукти подрібнення пневмотранспортом направляються у розсійник для сортування. Перший схід направляється у кормову мучку, а другий схід направляється у вальцьовий верстат IV драної системи. Перший та другий направляються на контроль борошна першого сорту, а третій прохід направляється на контроль борошна другого сорту.

Після подрібнення у вальцьовому верстаті IV драної системи, продукти подрібнення пневмотранспортом направляються у розсійник для сортування. Перший та другий схід направляються у кормову мучку. Перший, другий та третій проходові продукти направляються на контроль борошна другого сорту.

Після подрібнення у вальцьовому верстаті 1 розмелювальної системи, продукти подрібнення пневмотранспортом направляються у розсійник для сортування. Сходовий продукт направляється у вальцьовий верстат 2 розмелювальної системи. Перший та другий проходи направляються на контроль борошна вищого сорту, а третій проходовий продукт направляється на контроль борошна першого сорту.

Після подрібнення у вальцьовому верстаті 2 розмелювальної системи, продукти подрібнення пневмотранспортом направляються у розсійник для сортування. Сходовий продукт направляється у кормову мучку. Перший, другий, третій та четвертий проходи направляються на контроль борошна другого сорту.

Контрольне просіювання потоків борошна вищого сорту направляє сходовий продукт у вальцьовий верстат 1 розмелювальної системи для

додаткового подрібнення, а проходові продукти направляються у готову продукцію (борошно вищого сорту).

Контрольне просіювання потоків борошна першого сорту направляє сходовий продукт у вальцовий верстат 2 розмелювальної системи для додаткового подрібнення, а проходові продукти направляються у готову продукцію (борошно першого сорту).

Контрольне просіювання потоків борошна першого сорту направляє сходовий продукт у вальцовий верстат 2 розмелювальної системи для додаткового подрібнення, а проходові продукти направляються у готову продукцію (борошно другого сорту).

Як в драному так і у розмелювальному процесі використано нарізні вальці. Перед вальцовими верстатами передбачається магнітні колонки для виділення можливих металоманітних домішок.

Орієнтовний вихід борошна гречаного за етапами технологічного процесу наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Орієнтовний вихід борошна за етапами технологічного процесу

Продукт	Етап технологічного процесу		
	драний	розмелювальний	всього
Борошно вищого сорту	28	12	40
Борошно першого сорту	25	10	35
Борошно другого сорту	10	5	15
Загальний вихід борошна	63	27	90

Технічні характеристики вальців вальцових верстатів для борошномельного заводу продуктивністю 130 т/добу наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики вальців вальцьових верстатів

Характеристика	Система					
	I др.с.	II др.с.	III др.с.	IV др.с.	1 р.с.	2 р.с.
Кількість рифлів на одиницю кола вальця, Р, шт.	4,5	5,5	7,5	9,0	10	11
Ухил рифлів, Y, %	10	10	12	12	12	12
Співвідношення колових швидкостей вальців, К	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Швидкість швидкохідного вальця, V, м/с	6	6	6	6	6	6
Взаєморозташування рифлів	вс/вс	вс/вс	вс/вс	вс/вс	сп/сп	сп/сп
Кути загострення рифлів, град.	25/70	25/70	25/70	25/70	30/60	30/60
Типорозмір вальців	1000×250	1000×250	1000×250	1000×250	1000×250	1000×250

#### 4.6. Розрахунок обладнання для помелу крупів гречаних в сортове борошно

Для розрахунку технологічного процесу розмелювального процесу складено кількісний баланс помелу, який подано у вигляді табл. 4.3, в яку внесено усі технологічні системи розробленої технологічної схеми.

Навпроти кожної системи записано кількість продукту, яка подається на систему і виходить із системи у відсотках до маси зерна, яке подається на I драну систему.

Складання кількісного балансу починають з драного процесу. Кількість зерна, яка надходить на I драну систему, прийнято 100 %.

Кількість вальцьових верстатів розраховано на основі розробленого теоретичного кількісного балансу помелу. Загальне питоме навантаження на вальцьову лінію розраховувалося за формулою:

$$q_{в.с} = \frac{Q_{р.в} \cdot 1000}{L_{заг}} \quad (4.3)$$

де,  $Q_{р.в}$  – продуктивність розмелювального відділення борошномельного заводу, т/добу;  $L_{заг}$  – загальна довжина вальцьової лінії, см.

На основі кількісного балансу помелу проведено розрахунок кількості вальцьових верстатів, який наведено в табл. 4.3.

Відповідно до проведеного розрахунку для помелу крупів гречаних в сортове борошно необхідно встановити п'ять вальцьових верстатів із типорозміром вальців 1000 × 250 мм. При такій кількості вальцьових верстатів, питома навантаження на вальцьову лінію буде становити:

$$q_{в.с} = \frac{130 \cdot 1000}{1000} = 130 \text{ кг/см} \times \text{добу}$$

Із літературних джерел відомо, що питома навантаження на вальцьову лінію повинно знаходитися в межах 120...150 кг/см×добу. Виходячи із проведених розрахунків, питома навантаження становить 130 кг/см×добу і відповідно знаходиться у вказаних межах. Це вказує на оптимальне завантаження вальцьових верстатів продуктами подрібнення.

Аналогічно здійснюється розрахунок просіюючої поверхні розсійників на основі теоретичного балансу помелу та паспортної просіюючої поверхні. Перед безпосереднім розрахунком просіюючої поверхні розсійників проведено розрахунок питомого нормативного навантаження по кожній окремій системі за такою формулою:

$$T = \frac{q_c \cdot K}{S_p} \quad (4.4)$$

де  $q_c$  – продуктивність однієї секції розсійника, кг/добу;  $K$  – кількість секцій в розсійнику, шт.;  $S_p$  – площа просіюючої поверхні одного розсійника (за паспортними даними на конкретний вид розсійника), м<sup>2</sup>.

Таблиця 4.3 – Теоретичний баланс помелу крупів гречаних в борошно

Система	Навантаження, %	Драний процес			Розмелювальний процес		Контроль борошна			Мучка кормова	Борошно			Разом
		II др.с.	III др.с.	IV др.с.	1 р.с.	2 р.с.	в.с.	1 с.	2 с.		в.с.	1 с.	2 с.	
I др.с.	100	50			26		14	10						100
II др.с.	50		25		1		14	10						50
III др.с.	25			15				5	4	1				25
IV др.с.	15								6	9				15
1 р.с.	27					5	12	10						27
2 р.с.	5,0								5	0				5
Разом		50	25	15	27	5	40	35	15	10				
К.б.в.с.	40										40			
К.б.1 с.	35											35		
К.б.2 с.	15												15	
Всього		50	25	15	27	5	40	35	15		40	35	15	

Таблиця 4.4 – Розрахунок вальцьових верстатів

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 см довжини вальцьової лінії, кг/см·добу	Довжина вальцьової лінії, см		Кількість верстатів, шт	Типорозмір	Фактичне навантаження на 1 см довжини вальцьової лінії, кг/см·добу
	%	кг/добу		розрахункова	фактична			
I др.с.	100	130000	500	260	300	1,5	1000×250	433
II др.с.	50	65000	350	186	200	1	1000×250	325
III др.с.	25	32500	400	81	100	0,5	1000×250	325
IV др.с.	15	19500	350	56	100	0,5	1000×250	195
1 р.с.	27	35100	250	140	200	1	1000×250	175,5
2 р.с.	5	6500	250	26	100	0,5	1000×250	65
					1000	5		

Для сортування продуктів подрібнення прийнято розсійники вітчизняного виробництва РШХ-6-18 із площею просіювання однієї секції розсійника  $4,425 \text{ м}^2$ . Розрахунок кількості секцій розсійників наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок розсійників

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 м <sup>2</sup> просіювальної поверхні, кг/м <sup>2</sup> ·добу	Просіювальна поверхня, м <sup>2</sup>		Кількість секцій у розсійнику	Фактичне навантаження на 1 м <sup>2</sup> просіювальної поверхні, кг/м <sup>2</sup> ·добу
	%	кг/добу		розрахункова	фактична		
I др.с.	100	130000	10169,5	12,78	13,27	3	9796,5
II др.с.	50	65000	9039,5	7,19	8,85	2	7344,6
III др.с.	25	32500	9039,5	3,595	4,425	1	7344,6
IV др.с.	15	19500	7909,6	2,465	4,425	1	4406,8
1 р.с.	27	35100	9039,5	3,88	4,425	1	7932,2
2 р.с.	5	6500	5649,7	1,15	4,425	1	1468,9
К.б.в.с.	40	52000	6779,7	7,67	8,85	2	5875,7
К.б.1 с.	35	45500	5649,7	8,05	8,85	2	5141,2
К.б.2 с.	15	19500	6779,7	2,88	4,425	1	4406,8
					61,945	14	

Середнє питоме навантаження на 1 м<sup>2</sup> просіюючої поверхні розсійників, кг/(м<sup>2</sup>·добу), розраховується за наступною формулою за формулою:

$$q_p = \frac{Q_{p.в} \cdot 1000}{S_{заг}} \quad (4.5)$$

де  $Q_{p.в}$  – продуктивність розмелювального відділення борошномельного заводу, т/добу;  $S_{заг}$  – загальна площа просіюючої поверхні розсійників (за даними табл. 4.5), м<sup>2</sup>.

$$q_p = \frac{130 \cdot 1000}{61,94} = 2098 \text{ кг/м}^2 \times \text{добу}$$

Для технологічного процесу продуктивністю 130 т/добу за розрахунками необхідно мати загальну просіюючу поверхню розсійників 61,94 м<sup>2</sup>. Таку площу просіювання має 14 секцій розсійників типу РШХ. Розсійники типу РШХ виготовляються у двох виконаннях, а саме на шість секцій та на чотири секції. Для чотирнадцяти секцій розсійників необхідно мати один розсійник на 6 секцій та два розсійники на 4 секції. Сумарно отримуємо 14 секцій:  $6+(2 \times 4)=6+8=14$  секцій.

Технічні характеристики схеми помелу крупів гречаних в борошно продуктивністю 130 т/добу наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики схеми помелу

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Значення
1	Загальна довжина вальцьової лінії	см	1000
	в тому числі:		
	на драних системах	см	700
	на розмелювальних системах	см	300
2	Відношення довжини вальцьової лінії розмелювальних систем до довжини вальцьової лінії драних систем	---	0,42
3	Питоме навантаження на вальцьову лінію	кг/см×добу	130
4	Загальна площа просіюючої поверхні розсійників	м <sup>2</sup>	61,9
	в тому числі:		
	на драних системах	м <sup>2</sup>	30,97
	на розмелювальних системах	м <sup>2</sup>	8,85
	на контролі готової продукції	м <sup>2</sup>	22,1
5	Відношення площі просіюючої поверхні розмелювальних систем до площі просіюючої поверхні драних систем	---	0,28
6	Питоме навантаження на просіюючу поверхню розсійників	кг/м <sup>2</sup> ×добу	2098

#### **4.7.Висновки до розділу 4**

1.Обґрунтовано схему технологічного процесу підготовки та помелу крупів гречаних в борошно.

2.Проведено опис технологічного процесу підготовки та помелу крупів гречаних в борошно.

3.Розраховано технологічне обладнання лінії підготовки крупів гречаних до помелу.

4.Розраховано технологічне обладнання розмелювального процесу крупів гречаних в борошно для борошномельного заводу продуктивністю 130 т/добу. Для забезпечення технологічного процесу помелу зерна в борошно необхідно встановити 5 вальцових верстатів із типорозміром вальців 1000×250 та 3 розсійники типу РШХ-6-18 та РШХ-4-18.

5.Розраховано теоретичний баланс розмелювального відділення.

## РОЗДІЛ 5

### СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ

#### 5.1. Характеристика готової продукції

Борошно гречане – це харчовий порошкоподібний продукт, який одержують із крупів гречаних пропарених або не пропарених або гречки продовольчої. Характеристика борошна гречаного наведена в табл. 5.1...5.3.

Таблиця 5.1 – Харчова та енергетична цінність 100 г борошна гречаного

Назва продукту	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, Ккал/кДж
Борошно гречане	9,0	2,0	76,0	335/1400,3

Таблиця 5.2 – Опис борошна гречаного

№ п/п	Характеристика	Опис
1	Офіційна назва продукту	Борошно гречане
2	Назва нормативних документів за яким виробляється продукт	ДСТУ 7702:2015 Борошно гречане. Технічні умови
3	Перелік сировини та матеріалів, які використовуються під час виробництва	Зерно гречки, крупи гречані, упаковка паперова або мішки тканинні або інші види пакувальних матеріалів
4	Біологічні, хімічні та фізичні характеристики продукту	У відповідності до ДСТУ 7702:2015. Вологість, кислотність, мінеральна домішка, крупність помелу, готовність до вживання, сторонні домішки
5	Рекомендації щодо подальшої обробки, необхідної для вживання	Сировина для хлібопекарських та кондитерських виробів
6	Тип упаковки	Паперова – від 0,5 кг до 5,0 кг; мішки тканинні – від 5,0 до 50 кг
7	Термін зберігання	12 місяців від дати його виробництва

8	Реалізація продукту	В торгіві мережі. Температура зберігання не вище 25 °С, відносна вологість повітря не більше 75 %
9	Інструкція щодо етикетки	Транспортне маркування ГОСТ 14192 та ДСТУ 7702:2015
10	Особливі умови реалізації, вимоги безпечності	Відсутні

Таблиця 5.3 – Характеристика показників безпеки гречаного борошна

Назва групи показників	Назва показника	Характеристика	Нормативний документ
Органолептичні показники	Колір	Кремовий	ГОСТ 15113.3 або ГОСТ 27758
	Запах	Властивий борошну гречаному без сторонніх запахів	
	Смак	Властивий борошну гречаному без сторонніх присмаків	
	Хруст на зубах	Не дозволяється	
Фізико-хімічні показники	Масова частка вологи, %, не більше	14,0	ГОСТ 15113.4 ГОСТ 9404
	Кислотність борошна, град., не більше	6,0	ГОСТ 26971 ГОСТ 15113.5
	Масова частка металомагнітної домішки, не більше	$3 \times 10^{-4}$	ДСТУ 5020
	Мінеральна домішка	Не дозволяється	ГОСТ 27558
	Крупність помелу, %: Залишок, %, не більше ніж на ситі з шовкової тканини №27 або з капронової тканини №29 або з поліамідної тканини №27ПА-120 згідно ГОСТ 44032	2	ГОСТ 15113.1 ГОСТ 275602
	Прохід, %, не менше ніж крізь сито з шовкової тканини №38 або з капронової тканини №43 або з поліамідної тканини №27ПА-120 згідно з ГОСТ 4403	60	
	Готовність до вживання, хв., не більше	5	ГОСТ 15113.3
	Сторонні домішки	Не дозволяється	ДСТУ 5020 ГОСТ 27559
Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не дозволяється	ГОСТ 27559	

Мікробіологічні показники безпеки	Загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1г, не більше ніж	$5 \times 10^4$	ГОСТ 26972
	Бактерій групи кишкових паличок, (коліформи) в 0,1 г	Не дозволено	ГОСТ 26972
	Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 50 г	Не дозволено	ДСТУ EN12824
	Плісневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж	$1 \times 10^2$	ГОСТ 10444.12
	Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж	$10^2$	ГОСТ 10444.12
Вміст токсичних елементів	Свинець	0,5 (0,3)	ГОСТ 26932
	Кадмій	0,1 (0,03)	ГОСТ 26933
	Ртуть	0,03	ГОСТ 26927
	Мідь	10,0	ГОСТ 26931
	Цинк	50,0	ГОСТ 26934
	Миш'як	0,2	ГОСТ 26930
Вміст радіонуклідів	Стронцій-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ), Бк/кг	5	ГН 6.6.1.1-130
	Цезій-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), Бк/кг	40	ГН 6.6.1.1-130
Інші небезпечні речовини	Пестициди, мг/кг	0,02	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4.000
	Афлатоксин В <sub>1</sub> мг/кг, не більше ніж	0,005	ДСТУ EN 12955 або МУ №4082
	Дезоксініваленол мг/кг, не більше ніж	0,5	МУ №5177
	Зеараленон, мг/кг, не більше ніж	1,0	МР №2964
	Т-2 токсин, мг/кг, не більше ніж	0,1	МР №3184
Вміст ГМО		Не нормується	

## 5.2.Блок-схема процесу виробництва

Блок-схема відображає послідовність технологічних процесів, які відповідають конкретному технологічному процесу виробництва борошна гречаного.

Блок-схема охоплює технологічний процес підготовки гречки до помелу та технологічний процес помелу подрібнення крупи гречаної в борошно.

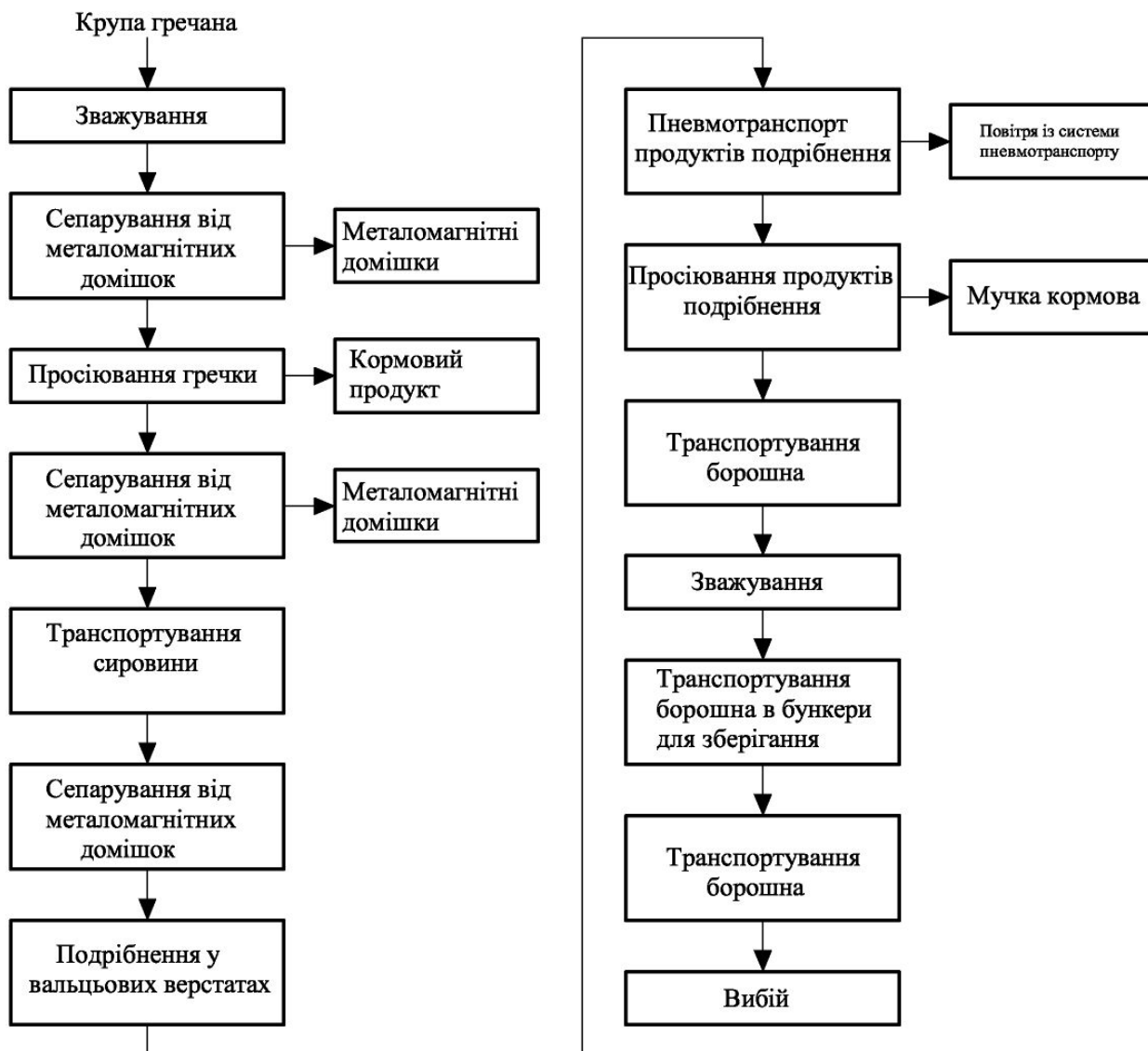


Рисунок 5.1. Блок схема процесу виробництва гречаного борошна.

### 5.3. Аналіз ризиків при виробництві борошна гречаного

Аналіз небезпечних факторів передбачає збір та оцінку інформації щодо безпеки та умов, які можуть призвести до їх виникнення. Аналіз небезпечних факторів є ключовим етапом плану НАССР. В залежності від того, наскільки ретельно здійснено цей аналіз, буде залежати ефективність плану НАССР.

Таблиця 5.4 – Ідентифікація небезпечних чинників в сировині та матеріалах

Сировина та матеріали	Нормативний документ	Небезпечні чинники		
		біологічні (б)	хімічні (х)	фізичні (ф)
Сировина	ДСТУ 7697:2015 Крупи гречані. Технічні умови ДСТУ 4524:2006 Гречка. Технічні умови	Шкідники хлібних запасів, небезпечні мікроорганізми	Свинець, кадмій, миш'як, ртуть, мідь, цинк, мікотоксини, радіонукліди, пестициди, ГМО	Шкідливі сторонні домішки, металомагнітні домішки, скло, пластик, пісок
Упаковка	ГОСТ 2226-88 Мешки бумажные. Технические условия	Кишкові палички, сальмонели та інші небезпечні хвороботворні мікроорганізми	Важкі метали, фарба, дезинфікуючі засоби, радіонукліди	Елементи упаковки

Таблиця 5.5 – Аналіз небезпечних факторів

Локалізація потенційного небезпечного чинника		Опис небезпечного чинника					Оцінка небезпечного чинника			Обґрунтування вибору та оцінки небезпечних факторів/Заходи управління
№ п/п	Назва етапу	Небезпечний чинник	Клас	Походження або джерело небезпечного чинника	Характер небезпечного чинника	Допустимий рівень в кінцевому продукті	Вірогідність виникнення	Вплив на здоров'я	Чи небезпечний фактор суттєвий?	Роз'яснення
	1	Приймання сировини	Сторонні домішки	X1	Токсичні елементи, радіонукліди, небезпечні речовини	Разом із сировиною.	Свинець-0,5 мг/кг; кадмій-0,1 мг/кг; ртуть-0,03 мг/кг; мідь-10 мг/кг; цинк-50 мг/кг; миш'як-0,2 мг/кг; стронцій-5 Бк/кг <sup>4</sup> цезій-40 Бк/кг; пестициди-0,02 мг/кг; афлатоксин В1-0,002 мг/кг; ДОН-0,5 мг/кг; зеараленон-1,0 мг/кг; Т-2-0,1 мг/кг;	0,1	3	Так
Ф1				Металомагнітні домішки	Разом із сировиною. Від обладнання	Не допускається	0,1	3	Так	Вимоги до постачальників

2	Сепарування від металомішочки	Сторонні домішки	Ф1	Металомішочки	Від обладнання. Разом із сировиною	Не допускається	0,1	3	Так	ододотримання нитарної ігієни під час транспортування. На наступних етапах становлення металомішочки, які застосовуються в сторонніх домішках
3	Просіювання	Сторонні домішки	Ф1	Сторонні домішки	Разом із сировиною	Не більше 0,7 %	0,1	3	ні	Здійснюється періодичний контроль лабораторією
4	Транспортування	Сторонні домішки	Ф1	Сторонні домішки	Може потрапити у готовий продукт від обладнання	Не допускається	0,1	3	Так	Здійснюється періодичний контроль лабораторією. Використовується металомішочки
5	Побрінення	Сторонні домішки	Ф1	Сторонні домішки	Може потрапити у готовий продукт від обладнання	Не допускається	0,1	3	Так	Здійснюється періодичний контроль лабораторією. Використовується металомішочки
			Б1	Шкідники хлібних запасів	Може потрапити у готовий продукт в обладнанні	Не допускається	0,1	3		

6	Пневмотранспортування продуктів	Сторонні домішки	Ф1	Сторонні домішки	Може потрапити у готовий продукт від обладнання	Не допускається	0,1	3	Так	Здійснюється періодичний контроль лабораторією. Використовується магнітні колонки
7	Просіювання продуктів подрібнення	Сторонні домішки	Ф1	Сторонні домішки	Може потрапити у готовий продукт від обладнання	Не допускається	0,1	3	Так	Здійснюється періодичний контроль лабораторією. Використовується магнітні колонки

#### 5.4. Аналіз наявності критичних контрольних точок у технологічному процесі

Таблиця 5.6 – Аналіз критичних контрольних точок

Етап	Ризик	Серйозність ризику	Контроль/Попереджувальні дії	Розподіл засобів контролю на ОПП та ККТ						
				П1: Чи можна вважати даний небезпечний фактор суттєвим? Так: це суттєвий небезпечний фактор. Переходьте до П2. Ні: це несуттєвий небезпечний фактор						
				П2: чи зможуть наступні етапи, гарантувати усунення суттєвого небезпечного фактору або його зниження до прийнятого рівня? Так: переходьте до наступного небезпечного фактору. Ні: переходьте до П3						
				П3: Чи існують заходи контролю на даному етапі, та чи дозволяють вони усунути або знизити до прийнятого рівня чи контролювати суттєвий небезпечний фактор? Так: переходьте до П4. Ні: модифікуйте процес або продукт та переходьте до П1						
				П4: Чи необхідно встановлювати критичні межі для заходів контролю на даному етапі? Так: переходьте до П5. Ні: керування цим небезпечним фактором здійснюється в ОПП						
П5: Чи необхідно проводити моніторинг заходів контролю, щоб можна було вжити дії одразу після втрати контролю? Так: цей небезпечний чинник керується за допомогою заходів контролю та ККТ. Ні: керування цим небезпечним чинником здійснюється в ОПП							КТ/ККТ/ОПП	Обґрунтування		
П1	П2	П3	П4	П5	КТ/ККТ/ОПП	Обґрунтування				

										рішення
Приймання сировини	X1	B	0,3	Так	Ні	Так	Так	Так	ОПП	Контроль на етапі приймання сировини
	Ф1	B	0,3	Так	Так	Так	Так	Так	ККТ	Встановлення магнітного захисту
Сепарування від металомагнітних домішок	Ф1	B	0,3	Так	Так	Так	Так	Так	ККТ	Періодичний контроль магнітного поля колонок
Просіювання гречки	Ф1	B	0,3	Так	Так	Так	Так	Так	ККТ	Контроль ефективності процесу просіювання. Очищення сировини на етапі зберігання
Транспортування сировини	Ф1	B	0,3	Так	Так	Так	Так	Так	ККТ	Встановлення магнітного захисту після транспортування
Подрібнення	Ф1	B	0,3	Так	Так	Так	Так	Так	ККТ	Встановлення магнітного захисту після обладнання
	B1	B	0,3	Так	Так	Так	Так	Так	ОПП	Періодичне очищення обладнання
Пневмотранспортування продуктів подрібнення	Ф1	B	0,3	Так	Так	Так	Так	Так	ОПП	Встановлення магнітного захисту після обладнання
Просіювання продуктів подрібнення	Ф1	B	0,3	Так	Так	Так	Так	Так	ККТ	Встановлення магнітного захисту після обладнання

## 5.5.Оформлення НАССР-плану для виробництва безпечного продукту

Таблиця 5.7 – Процедури моніторингу та коригувальних дій для критичних контрольних точок

Процедура моніторингу процесу	Небезпечний чинник, яким керують КТК	Критична межа	Процедура моніторингу					Коригувальні дії
			вимірювання або спостереження	прилади, які використовуються для моніторингу	часто	хто виконує моніторинг	протоколи	
КТК1. Приймання сировини	Металомагнітні домішки	Наявність протоколів випробувань. Наявність свідоцтва ознак наявності пестицидів	Перевірка наявності документів, які засвідчують якість товару	Спеціалізоване обладнання	Кожна партія	Лаборант	Журнал коригуючої дії	Заміна магнітів
	Вміст радіонуклідів, важких металів, пестицидів, мікотоксинів							Відмова у прийманні сировини при невідповідності вимогам безпечності
КТК 2. Сепарування від	Металомагнітні домішки	Наявність протоколів	Перевірка наявності документів	Спеціалізоване обладнання	Кожна партія	Лаборант	Журнал коригуючої дії	Заміна магнітів

метало-магнітних домішок		випробувать.	в, які засвідчують якість товару					
КТК 3. Просіювання гречки	Металомагнітні домішки	Наявність протоколів випробувать.	Перевірка наявності документів, які засвідчують якість товару	Спеціалізоване обладнання	Кожна партія	Лаборант	Журнал коригуючої дії	Заміна магнітів
КТК 3. Транспортування сировини	Металомагнітні домішки	Наявність протоколів випробувать.	Перевірка наявності документів, які засвідчують якість товару	Спеціалізоване обладнання	Кожна партія	Лаборант	Журнал коригуючої дії	Заміна магнітів
КТК 4. Подрібнення	Металомагнітні домішки	Наявність протоколів випробувать.	Перевірка наявності документів, які засвідчують якість товару	Спеціалізоване обладнання	Кожна партія	Лаборант	Журнал коригуючої дії	Заміна магнітів
КТК 5. Пневмотранспортування продуктів в подрібнення	Металомагнітні домішки	Наявність протоколів випробувать.	Перевірка наявності документів, які засвідчують якість товару	Спеціалізоване обладнання	Кожна партія	Лаборант	Журнал коригуючої дії	Заміна магнітів

## 5.6. Розроблення плану НАССР для виробництва гречаного борошна

Таблиця 5.8 – НАССР план для виробництва борошна

ККТ/ОПП	Етап	Опис	Небезпечний чинник	Критичні межі	Моніторинг				Корекції / коригувальні дії	Протоколи	Перевірка
					Що?	Як?	Частота?	Хто?			
ККТ1	Приймання сировини	X1	Радіонукліди, пестициди, важкі метали, мікотоксини	Свинець-0,5; кадмій-0,1; ртуть-0,03; мідь-10; цинк-50; мишьяк-0,2; стронцій-	Небезпечні речовини	Проведення аналізу продукту в лабораторії	Кожна партія	лаборант	У разі перевищення допустимих меж повертається постачальнику	Протоколи досліджень вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів

				90 – 5 Бк/кг; цезій-137 – 40 Бк/кг; пестицид и-0,005 мг/кг;							
		Ф 1	Металом агнітні домішки	Металом агнітні домішки- не більше $3 \times 10^{-4}$	Метал еві доміш ки	Провед ення аналізу продук ту в лабора торії	Кож на парті я	лабо рант		Прото коли дослід жень вхідно го контро лю	Резуль тати внутрі шніх аудитів
		М 1	Мікотокс ини	ДОН-0,5 мг/кг; зеаралено н-1,0 мг/кг; Т-2 токсин – 0,1 мг/кг	Небез печні речови ни	Провед ення аналізу продук ту в лабора торії	Кож на парті я	лабо рант	У разі перевищ ень допусти мих меж повертає ться постачал ьнику	Прото коли дослід жень вхідно го контро лю	Резуль тати внутрі шніх аудитів
К Т К 2.	Сепару вання від метало- магнітн их домішо к	Ф 1	Металом агнітні домішки	Металом агнітні домішки- не більше $3 \times 10^{-4}$	Метал еві доміш ки	Провед ення аналізу продук ту в лабора торії	Кож на парті я	лабо рант		Прото коли дослід жень вхідно го контро лю	Резуль тати внутрі шніх аудитів
К Т К 3.	Просію вання гречки	Ф 1	Металом агнітні домішки	Металом агнітні домішки- не більше $3 \times 10^{-4}$	Метал еві доміш ки	Провед ення аналізу продук ту в лабора торії	Кож на парті я	лабо рант		Прото коли дослід жень вхідно го контро лю	Резуль тати внутрі шніх аудитів
К Т К 4.	Подріб нення	Ф 1	Металом агнітні домішки	Металом агнітні домішки- не більше $3 \times 10^{-4}$	Метал еві доміш ки	Провед ення аналізу продук ту в лабора торії	Кож на парті я	лабо рант		Прото коли дослід жень вхідно го контро лю	Резуль тати внутрі шніх аудитів
К Т К 5.	Пневмо - транспо р- тування продукт ів подрібн ення	Ф 1	Металом агнітні домішки	Металом агнітні домішки- не більше $3 \times 10^{-4}$	Метал еві доміш ки	Провед ення аналізу продук ту в лабора торії	Кож на парті я	лабо рант		Прото коли дослід жень вхідно го контро лю	Резуль тати внутрі шніх аудитів

### **5.7.Висновки до розділу 5**

1.На основі аналізу контрольних критичних точок найбільш небезпечним є потрапляння металомагнітних домішок в готову продукцію.

2.На етапі приймання сировини важливим є контроль радіонуклідів, мікотоксинів та важких металів. У разі перевищення цих показників, партія сировини повинна повертатися постачальнику.

3.Розроблено план HACCP для виробництва гречаного борошна.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що для досліджуваних способів подрібнення розмір частинок борошна коливається в усьому досліджуваному діапазоні від 22,5 до 735 мкм.

2. Для обох способів подрібнення диференціальні криві є полімодальними, що вказує на нерівномірність прикладених зусиль та неоднорідну міцність крупів гречаних.

3. Середньозважений розмір частинок борошна гречаного отриманого шляхом двохетапного подрібнення крупів гречаних становить  $214,5 \pm 121,8$  мкм.

4. Середньозважений розмір частинок борошна гречаного отриманого шляхом подрібнення крупів у дробарці дисмембраторного типу становить  $175,4 \pm 79,06$  мкм.

5. Вихід борошна гречаного із розміром частинок менше 132 мкм був більше на 10 % у продукту, який отримано в дробарці дисмембраторного типу.

6. Запропоновано технологію підготовки крупів гречаних та подрібнення крупів в борошно.

7. Розраховано технологічне обладнання для заводу із продуктивністю 130 т/добу.

8. Запропоновано план НАССР для технологічного процесу виробництва гречаного борошна.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.ДСТУ 7702:2015 «Борошно гречане. Технічні умови».
- 2.Жигунов, Д. А. Мучные смеси из зерновых культур / Д. А. Жигунов, О. С. Волошенко. – Одесса : ОсвітаУкраїни, 2013. – 156 с.
- 3.Менеджмент якості та безпеки продукції в зернових технологіях: метод. рекомендації до викон. курсової роботи для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології зберігання і переробки зерна» денної та заочної форм навчання / уклад. О.Ю. Супрун-Крестова. – К.: НУХТ, 2019. – 36 с.
- 4.Мерко, И. Т. Проектирование зерноперерабатывающих предприятий с основами САПР / И. Т. Мерко, Н. Е. Погирной, Б. В. Касьянов, А. П. Чакар. – М. : Агропромиздат, 1989. – 367 с.
- 5.Мерко, І.Т. Технології мукомельного і круп'яного виробництва. Видання 2-е, перероб. і доп. / І.Т. Мерко. – Одеса ^ «Друкарський дім», 2010. – 472 с.
- 6.Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. – К.: ВІПОЛ, 1998. – 162 с.
- 7.Arslan A., Haros C. M., Yalcin E. &Gunes A. (2021). Wet milling of buckwheat cultivars and some quality properties of the fractions. *Food science and Technology International*. 28(4), pp. 320-330.
- 8.Cheng J., Lei S., Gao, L., Zhang Y., Cheng W., et. al. (2022). Effects of Jet Milling on the Physicochemical Properties of Buckwheat Flour and the Quality Characteristics of Extruded Whole Buckwheat Noodles. *Foods*, 11, 2722.
- 9.Christa K., Soral-Smietana M. (2008). Buckwheat Grains and Buckwheat Products – Nutritional and Prophylactic Value of Their Components – A Review. *Czech J. Food Sci.* 26(3), pp.153-162.
- 10.Cotovanu I., Mironeasa S. (2021). Buckwheat Seeds: Impact of Milling Fractions and Addition Level on Wheat Bread Dough Rheology. *Appl. Sci.* 11, 1731.

11. Jara P. A., Schoeninger V., Dias L. M., Siqueira V. C., Lourente E. R. P. (2022). Physicochemical Quality characteristics of Buckwheat Flour. *Engenharia Agricola*, 42(4).
12. Kohli H. K., Bhasin A., (2022). Effect of germination on the physicochemical properties of buckwheat. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7, pp. 426-425.
13. Martin-Garcia B., Pasini F., Verardo V., Gomez-Caravaca A. M., Marconi E., Caboni M. F. (2019). Distribution of Free and Bound Phenolic Compounds in Buckwheat Milling Fractions. *Foods*, 8. 670.
14. Pandey S., Senthil A., Fatema K. (2015). Effect of Hydrothermal Treatment on the Nutritional and Functional properties of Husked and Dehusked Buckwheat. *Journal of Food Processing and Technology*, 6(7).
15. Skrivan P., Chrpova D., Klitschova B., Svec I., Slukova M. (2023). Buckwheat Flour (*Fagopyrum esculentum* Moench) – A Contemporary View on the Problems of Its Production For Human Nutrition. *Foods*, 12, 3055.
16. Steadman K. J., Burgoon M. S., Lewis B. A., Edwardson S. E., Obendorf R. L. (2001). Buckwheat Seed Milling Fractions: Description, Macronutrient Composition and Dietary Fibre. *Journal of Cereal Science*, 33, pp. 271-278.
17. Stefan E.-M., Voicu G. Constantin G.-A., Ipate G., Munteanu M. (2018). Effect of Whole Buckwheat Flour on Technological Properties of Wheat Flour And Dough. *Engineering For Rural Development*, pp.1533-1538.
18. Tian X., Sun B., Wang X., Ma S., Qian L.L.X (2020). Effects of milling methods on rheological properties of fermented and non-fermented dough. *Grain & Oil Science and Technology*, 3, pp. 77-86.
19. Van Hung P., Maeda T., Tsumori R., Morita N. (2007). Characteristics of Fractionated Flours From Whole Buckwheat grain using a gradual milling system and their application for noodle making. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, pp. 2823-2829.
20. Zamaratskaia G., Gerhardt K., Knicky M., Wendin K. (2023). Buckwheat: an underutilized crop with attractive sensory qualities and health

benefits. *Critical Reviews in food Science and Nutrition*, doi:  
10.1080/10408398.2023.2249112.

## **Додатки**

**Матеріали** 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3–7 квітня 2023 р. – Київ: НУХТ. – Ч.1.

## 7. Гранулометричний аналіз гречаного борошна

**Олександр Кругляк, Андрій Шаран**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Дослідження гранулометричних характеристик тонкодисперсних зернових продуктів подрібнення та їх математичний опис є однією із наукових проблем. Гречане борошно є одним із нетрадиційних видів добавок, які використовуються при виробництві хлібобулочних виробів. При додаванні гречаного борошна до хлібобулочних виробів велике значення має розмір частинок борошна. Для усунення самосортування різних видів борошна в процесі транспортування необхідно мати частинки борошна з однаковими розмірами. Все це вимагає розуміння гранулометричних характеристик борошна.

**Матеріали і методи.** Просіювання зразка гречаного борошна здійснювалося за допомогою розсійника РЛУ-1 та стандартного набору сит з отворами від 45 до 1000 мкм із модулем  $\Delta \approx 1,21$  [1]. Тривалість просіювання становила 7 хв. Просіювання одного і того ж зразка борошна здійснювалося двічі з метою кращого висівання продуктів, які перебували на ситі. Після просіювання кожен фракцію зважували і розраховували її вихід у відсотках. Результати просіювання подавалися у вигляді інтегральних та диференціальних кривих.

**Результати.** На рисунку 1 показано інтегральну криву просіювання гречаного борошна. Крива має S-подібну форму. Із інтегральної кривої можна бачити, що кількість частинок із розміром більшим 160 мкм переважає ніж кількість частинок із розміром менше 160 мкм. Це вказує на переважання крупних частинок ніж дрібних.



Рис. 1 – Інтегральна крива розподілу частинок гречаного борошна за розмірами.

Середній розмір частинок суміші гречаного борошна становить 214 мкм. Це вказує на те, що гречане борошно досліджуваного зразка мало більший розмір частинок ніж борошно пшеничне вищого сорту.

**Висновки.** Для використання борошна гречаного в хлібобулочних виробках необхідно мати менші розміри частинок ніж отримано в даному дослідженні.

### Література

1. Chornyi, V., Kharchenko, Y., Mysiura, T., Popova, N., Zavalov, V. (2021). Investigation of particle size distribution of grinded amber by electropulse discharges in a liquid medium. *Archive of Mechanical Engineering*, 2021, 68(3) - pp. 337-348.