

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології зберігання і переробки зерна

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту

В.о. завідувача кафедри

_____ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис)

_____ Тетяна ЯНЮК
(підпис)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності _____ 181 «Харчові технології» _____
(шифр та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____ Технології зберігання і переробки зерна

на тему: «Дослідження виходу битих зерен пшениці в процесі луцення»

Виконав: студент 2 курсу, 6М групи

_____ Ботя Вячеслав Валентинович

Керівник Харченко Євген Іванович
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

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

“ ___ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Боті Вячеслава Валентиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження виходу битих зерен пшениці в процесі лущення»

Керівник роботи Харченко Євген Іванович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ___ ” _____ 2022 р.№

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1. Аналітичний огляд літератури; Роділ 2. Об'єкти та методи досліджень; Розділ 3. Експериментальна частина; Розділ 4. Технологічна частина; Розділ 5. Соціально-економічна ефективність роботи; Висновки. Список використаної літератури. Додаток.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

АНОТАЦІЯ

Ботя В.В. Дослідження виходу битих зерен пшениці в процесі лущення

Магістерська робота здобувача вищої освіти зі спеціальності 181 «Харчові технології» освітньої програми "Технології зберігання і переробки зерна", Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2023.

Магістерська робота присвячена дослідженню виходу битих зерен пшениці в процесі лущення.

У роботі представлено дослідження показників якості вихідної сировини; вплив крупності пшениці на вихід битих зерен, вплив швидкості обертання абразивних дисків на вихід битих зерен пшениці, вплив величини завантаження лущильника на вихід битих зерен пшениці. Підібрано принципова технологічна схема виробництва.

Ключові слова: зерно пшениці, биті зерна, ефективність процесу.

ANNOTATION

Botya V.V. Study of yield of broken wheat grains in the process of husking

Master's thesis of a student of higher education in specialty 181 "Food technologies" of the educational program "Grain storage and processing technologies", National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2023.

The master's thesis is devoted to the study of the yield of broken wheat grains in the process of husking.

The work presents a study of the quality indicators of raw materials; the effect of grain size on the yield of broken grains, the effect of the speed of rotation of abrasive discs on the yield of broken wheat grains, the effect of the load of the husker on the yield of broken wheat grains. The basic technological scheme of production has been selected.

Key words: wheat grain, broken grains, process efficiency.

ЗМІСТ

	Вступ	8
	РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	10
1.1	Характеристика зерна пшениці як об'єкту для процесу лущення	10
1.2	Класифікація способів лущення зерна в технологіях зберігання і переробки зерна	16
1.3	Використання процесу абразивного лущення в технологіях переробки зерна пшениці	17
1.4	Характеристика процесу лущення зерна пшениці	20
1.5	Аналіз явища утворення битих зерен	23
	РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	25
2.1	Об'єкти досліджень	25
2.2	Підготовка зерна пшениці до досліджень	25
2.3	Методика проведення лущення зерна пшениці	26
2.4	Методика визначення виходу битих зерен пшениці при різних параметрах лущення	28
2.5	Методика математичної обробки експериментальних даних	30
	РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	31
3.1	Показники якості досліджуваних фракцій зерна пшениці	31
3.2	Візуальний аналіз битих зерен пшениці	31
3.3	Вплив крупності пшениці на вихід битих зерен	33
3.4	Вплив швидкості обертання абразивних дисків на вихід битих зерен пшениці	39
3.5	Вплив величини завантаження луцильника на вихід битих зерен пшениці	41
	Розділ 4. Технологічна частина	44
4.1	Опис технологічної схеми	44
4.2	Технологічний контроль виробництва	49
4.3	Розрахунок технологічного обладнання	52

	Розділ 5. Соціально-економічна ефективність роботи	57
5.1	Розрахунок виробничої програми підприємства	57
	Висновки	59
	Список використаної літератури	60
	Додаток	62

ВСТУП

Актуальність теми. Процес лущення є одним із найбільш важливих етапів переробки зерна в круп'яному виробництві, а також використовується під час переробки зерна пшениці та жита в борошномельному виробництві.

В процесі переробки зерна пшениці утворюються лущені зерна, мучка та биті зерна. Дослідження закономірностей процесу лущення зерна пшениці проводились багатьма дослідниками як в Україні так і за кордоном. В Україні дослідження процесу лущення присвячені роботи Верещинського О.П., Жигунова Д.О., Єремєєвої О.А. та інші. За кордоном процесом лущення займалися Dexter J.E., Bottega G., Luo F., George E., Mousia Z., Rios G., Veha A., Giordano D., Marchini D., Singh S., Hareland G., Fares C. та інші.

Частково оцінку виходу битих зерен в процесі лущення зерна пшениці здійснили Верещинський О.П., та Єремєєва О.А. Однак ці дослідження носять фрагментарний характер і не відображають ряду інших параметрів. Були проведені дослідження виходу битих зерен для насіння гороху та люпину. Було встановлено, що вихід битих зерен у вигляді дрібки підкоряється прямолінійним залежностям, виходячи із цього можна припустити, що для зерна пшениці вихід подрібнених зерен також буде підкорятися лінійним залежностям. Це припущення потребує експериментального дослідження.

Метою досліджень є вивчення закономірностей утворення битих зерен в процесі лущення зерна пшениці.

На основі поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

- дослідити вплив крупності зерна на вихід битих зерен пшениці;
- встановити залежність ефективності лущення та крупності зерна пшениці;
- дослідити вплив швидкості обертання робочого органу лущильника на вихід битих зерен пшениці;

- дослідити вплив завантаження робочої камери лушильника на вихід битих зерен пшениці:
- встановити залежність ефективності лушення від крупності зерна пшениці:
- провести математичну обробку отриманих експериментальних даних.

Наукова новизна роботи. Вперше встановлено лінійну залежність виходу битих зерен в процесі лушення пшениці при збільшенні тривалості обробки зерна в лушильнику. Тривалість лушення, крупність зерна, швидкість обертання робочих органів лушильної машини та завантаження робочої камери лушильника мають зростаючий вплив при збільшенні вказаних факторів.

Практичне значення результатів досліджень. Для практичного використання рекомендується застосовувати швидкість обертання робочих органів лушильної машини 25 с^{-1} (1500 об/хв.). Вихід битих зерен при лушенні крупної пшениці та

Особистий внесок здобувача. Магістрантом особисто проводились експериментальні дослідження, обробка експериментальних даних та прийняття рішень щодо аналізу результатів досліджень. Отримані результати досліджень обговорювалися із керівником роботи.

Структура та об'єм магістерської роботи. Робота складається із вступної частини, 5 розділів, загальних висновків. Робота викладена на 61 сторінках машинописного тексту, має 7 рисунків, 15 таблиці. Список літератури включає 15 бібліографічних джерел.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Характеристика зерна пшениці як об'єкту для процесу лущення

Зерно пшениці – це одна із найбільш важливих зернових культур у світі, з яких виробляють велику кількість різноманітних харчових продуктів. Із зерна пшениці виробляють хлібобулочні вироби, крупи, спирт, солод. Пшениця та продукти її переробки використовується для відгодівлі сільськогосподарських тварин.

Пшениця є однією із давніх зернових культур. Цінність зерна пшениці полягає в тому, що воно здатне утворювати клейковину, яка має велике значення для випікання хліба, хлібобулочних та кондитерських виробів, виробництва макаронних виробів, манної крупи тощо.

Пшеничне борошно дає хліб кращої якості ніж хліб із інших зернових культур, таких як жито, ячмінь, овес, кукурудза тощо. Хліб із пшеничного борошна більш смачний та більш повніше засвоюється в процесі травлення.

Для України, зерно пшениці є цінною експортною культурою.

Зерно пшениці представлене великою кількістю видів. Відомо 27 видів зерна пшениці. Назви зерна пшениці як «м'яка» та «тверда» являють собою ботанічні класифікаційні терміни, їх неможна розглядати як фізичні поняття.

Усі сорти м'якої пшениці поділяють на три групи за хлібопекарськими властивостями, а саме за силою борошна – її особливостей, які проявляються в процесі тісто ведення і в кінцевому результаті визначають якість хліба.

До сильної м'якої пшениці відносять зерна. Борошно із якого утворює тісто із доброю пружністю (еластичністю), високою стійкістю, здатністю витримувати тривале бродіння. Сформоване тісто добре зберігає свою форму при розстоюванні та випіканні, а подовий хліб не розпливається. Хліб із сильного борошна має великий об'єм і добру пористість.

Сильне борошно використовують як покращувач для слабкого борошна. Сильна пшениця відрізняється від слабкою високим вмістом і

доброю якістю білкових речовин і клейковини. Чим вище змішувальна цінність сильної пшениці, тим менше необхідно її додавати до слабкої.

Слабка пшениця відрізняється від сильної низкими хлібопекарськими властивостями. Борошно із такого зерна характеризується невисокою водопоглинальною здатністю. Тісто утворюється «важке», нееластичне, під час бродіння і обробці швидко погіршує свої фізичні властивості, стає більш рідким, липким та мажеться. Хліб із слабого борошна незадовільної якості, із низьким об'ємом, грубий або із щільною пористістю, а подовий сильно-розпливається.

Для отримання хліба задовільної якості із слабого борошна пшениці до неї обов'язково необхідно добавляти сильну пшеницю. Слабку пшеницю без добавляння сильної використовують на кондитерські вироби (печиво, бісквіти, кекси, торти тощо). Слабка пшениця буває або із низьким вмістом білків та клейковини або із достатньою кількістю білку та клейковини, але низької якості.

Середня за силою пшениця володіє добрими хлібопекарськими властивостями, вона здатна давати хліб задовільної якості без додавання більш сильного борошна, але ефективно покращувати слабку пшеницю вона не здатна. Борошно із середньої за силою пшениці володіє проміжними показниками хлібопекарської якості між борошном із зерна сильної та слабкої пшениці.

Наведені властивості зерна можуть бути пов'язані із технологією переробки зерна в борошна. Жиганов Д.О. та інші [4] вивчали водопоглинальну здатність борошна різних регіонів України і відмітили, що низькі значення водопоглинальної здатності залежать від побудови схеми технологічного процесу та використання деяких технологічних прийомів. А саме мова йде про використання процесу луцення зерна при його підготовці до помелу на млинзаводах Черкаської та Вінницької областей України. Однак це твердження потребує додаткового дослідження тому, що конкретних даних не представлено як і не представлено посилань на

літературні джерела з цього питання. Тому питання впливу процесу лушення на водопоглинальну здатність борошна залишається відкритим і може бути досліджено в майбутньому.

Для технології переробки зерна пшениці в борошно, в тому числі і для технологічного процесу лушення велике значення має будова зерна пшениці. Це пов'язано із тим, що як процеси помелу так і процеси лушення призначені для відділення оболонок від крохмалистої частини ендосперму.

Зерно пшениці складається із трьох основних частин: зародку, ендосперму та оболонок, які суттєво відрізняються за вмістом різних хімічних речовин, біохімічними властивостями, а також харчовою цінністю.

Зародок у зерні пшениці з'єднаний із ендоспермом через так званий щиток, який призначений для зв'язку між зародком та ендоспермом. За допомогою щитка зародок переміщує різні органічних речовин до ендосперму і у зворотньому напрямі. При сортових помелах пшениці зародок виділяють у висівки або у вигляді окремого продукту. Також зародок може відбиватися в процесі обробки поверхні зерна, в тому числі і у процесі лушення, що призводить до утворення битих зерен.

Ендосперм є найбільш цінною частиною зерна пшениці і складається із алейронового шару, який є проміжним шаром між безпосередньо ендоспермом та оболонками. При виробництві сортового борошна намагаються більшу частину алейронового шару видаляти разом із борошном. Це пов'язано із тим, що хоч алейроновий шар і містить значну кількість білків, але він так само містить і значну кількість золи, як це показано в таблиці 1.1. Для цього також може бути використано процеси лушення зерна перед помелом.

Борошнисте ядро (ендосперм) – це найбільш важлива і цінна частина зерна пшениці. Клітини борошнистого ядра заповнені крупними та дрібними гранулами крохмалю, між якими містяться прошарки білків. Співвідношення крупних і дрібних гранул крохмалю, сили міцності між білковими та крохмальними гранулами та, товщина білкових прошарків характеризують

консистенцію ендосперму, яка може бути борошністою, скловидною та напівскловидною.

Таблиця 1.1 – Середні значення хімічного складу зерна пшениці і його анатомічних частин

Зерно і його анатомічні частини	Вміст у % на суху речовину							
	кількість	білків	крохмалю	цукрів	клітковини	пентозанів	жирів	золи
Ціле зерно	100	16,06	63,07	4,22	2,76	8,10	2,24	2,18
Борошністе ядро	81,6	12,91	78,92	3,54	0,15	2,72	0,68	0,45
Алейроновий шар	6,54	58,16	–	6,82	6,41	15,44	8,16	13,03
Оболонки	8,62	10,56	–	2,59	23,73	51,43	7,16	4,78
Зародок	3,24	37,63	–	25,12	2,46	9,74	15,04	6,32

Відповідно до ДСТУ 2422-94 «Зерно заготівельне і постачальне. Терміни і визначення» існує поняття твердозерності, яке означає структурно-механічні властивості зерна, які характеризують ступінь його твердості. В технологіях зберігання і переробки зерна твердозерність прямо не визначається, для цього використовується непряма характеристика, яка називається скловидністю.

Скловидність зерна пшениці характеризує консистенцію ендосперму зерна пшениці і здійснює значний вплив на структурно-механічні властивості зерна.

Скловидність зерна здійснює великий вплив на технологічні процеси переробки зерна пшениці в борошна та крупи. Це пов'язано із тим, що скловидність як непряма властивість, яка характеризує структурно-механічні властивості зерна і вказує на твердість пшениці, або іншими словами свідчить про те як це зерно буде вести себе в процесі помелу. Скловидність зерна пшениці також впливає і на процеси луцення зерна.

Оболонки поділяють на плодові та насінніві. Плодові оболонки вкривають окремі зерна і відносно легко їх можна відділити в процесі лущення або в оббивальних машинах. Насінніві оболонки міцно пов'язані із алейроновим шаром і для їх відокремлення необхідно прикласти значні зусилля. Частково насінніві оболонки можна відокремити в процесі абразивного лущення.

Важливими характеристиками є співвідношення складових частин зерен пшениці. Ці співвідношення дають можливість розуміти потенційні властивості зерна щодо виходу борошнистої частини ендосперму та оболонки у вигляді висівок в процесі помелу зерна в борошно або крупи. В зернах пшениці міститься до 82 % борошнистої частини ендосперму (ядра), 1,8...3,2 % зародка із щитком, 5,6...9,4 % сумарно плодових та насіннівих оболонки та 6,8...9,2 алейронового шару [6]. Наведені співвідношення є середніми значеннями і залежать від сорту зерна пшениці та умов його вирощування.

Для процесів лущення найбільш важливими є співвідношення оболонки та алейронового шару. Ці значення вказують на те, яку кількість оболонки та алейронового шару необхідно вилучити в процесі обробки.

Для зерна пшениці характерні так звані технологічні властивості зерна, до яких відносять загальний стан зернової маси, борошномельні та хлібопекарські властивості [6].

До властивостей, які характеризують загальний стан зернової маси відносять наступні показники якості: смак, запах, колір, вологість, засміченість сміттєвими і зерновими домішками, зараженість, кількість дрібної фракції зерна [6].

До борошномельних властивостей зерна пшениці відносять наступні показники якості: скловидність, крупність зерна, вирівняність за крупністю зерна об'ємна маса зерна (натура), маса 1000 зерен, густина, зольність, розмеле здатність і типовий склад зернової маси [6].

До хлібопекарських властивостей зерна пшениці відносять такі показники якості: вміст і якість клейковини, газо утворююча здатність, дисперсний склад борошна, фізичні властивості тіста і показники пробної випічки хліба [6].

Серед усіх технологічних властивостей зерна пшениці найбільший вплив на процес лушення можуть мати наступні показники якості зерна: вологість зерна; вміст дрібної фракції у зерні; скловидність зерна; крупність та вирівняність за крупністю зерна; об'ємна маса (натура) зерна; маса 100 зерен. Хлібопекарські властивості зерна характеризують поведінку кінцевого продукту і ніяк не впливають на процеси лушення.

Такі показники якості зерна пшениці як крупність, вирівняність за крупністю, об'ємна маса зерна (натура), маса 1000 зерен, кількість дрібної фракції у зерні мають великий вплив на процеси лушення. Усі ці показники напряду залежать від габаритних розмірів зерен. Перелічені показники якості можна вважати непрямими характеристиками крупності зерен пшениці. Зерна різної крупності луцаться порізному, яке можна зробити висновок із роботи [14] Кількість дрібної фракції має прями зв'язок із вирівняністю за крупністю зерен пшениці тому також має вплив на процеси лушення..

Скловидність зерна як непряма характеристика структурно-механічних властивостей, тобто мікротвердості зерна вказує можливість створення опору зернами процесу лушення. Вологість зерна впливає на структурно-механічні властивості зерна, а відтак і на процес лушення.

Проаналізувавши вище перелічені показники якості можна виділити дві групи властивостей зерна, які впливають на процес лушення пшениці, а саме перша група показників, які прямо або непрямо характеризують крупність зерен; друга група показників, які прямо або непрямо характеризують і впливають на структурно-механічні властивості зерна пшениці.

1.2.Класифікація способів лушення зерна в технологіях зберігання і переробки зерна

Відділення покривних тканин зерна від ядра, до яких відносяться квіткові, плодові та насінні оболонки називають лушенням і здійснюють у лушильних машинах різних конструкцій. Операція лушення є однією із основних технологічних операцій в процесі виробництва крупів із зерна круп'яних культур до яких відносяться гречка, просо, рис, овес, ячмінь, пшениця, кукурудза, горох, просо, сорго, сочевиця тощо. Під лушенням розуміють технологічну операцію видалення з поверхні зерна круп'яних культур квіткових. Плодових і насінних оболонок.

Після лушення отримують ядро, на поверхні якого знаходяться залишки оболонок, алейронового шару і зародка, які відокремлюють шляхом шліфування. Деякі крупинки додатково піддають поліруванню, яке вилучає із поверхні ядра залишки мучки, які утворилися при шліфуванні, згладжує подряпини від абразивних робочих поверхонь шліфувальних машин. Полірують рисову крупу, ячмінь.

Операції лушення, шліфування і полірування в технологіях борошномельного і круп'яного виробництва спрямовані на відділення із зернової маси баластних, нецінних у харчовому та біологічному відношенні складових речовин і надання продуктам фізичних та механічних властивостей.

Найбільш поширеним представником баластних речовин органічного походження можна вважати клітковину зерна, яка складається переважно із одерев'янілих структур, які утворюють стінки клітин квіткових, плодових та насінних оболонок. До баластних речовин мінерального походження належать солі, які накопичуються в алейроновому шарі зерна.

У зерноочисних відділеннях борошномельних заводів встановлюють тільки лушильне обладнання, яке застосовують при підготовці зерна пшениці і жита до помелів пшениці. В круп'яному виробництві використовують в

залежності від виду зерна лушильне, шліфувальне та полірувальне обладнання.

Наведені вище зернові культури відрізняються між собою анатомічною будовою, міцністю зв'язків оболонки та ядра, структурно-механічними властивостями. Для ефективного луцення кожної окремої зернової культури необхідно використати певний вплив на зерно, який викликає в плівках такі деформації, в результаті яких вони відокремлюються від ядра при мінімальному його пошкодженні і з найменшими витратами енергії. Цей вплив досягається в результаті контакту із зерном різних робочих органів машин, які впливають на нього стиском, зсувом, тертям, ударом, а іноді і поєднанням перерахованих способів.

Високу ефективність процесу луцення отримують лише при використанні машин, які призначені для луцення лише певної круп'яної культури. Це пояснюється тим, що в конструкції машини із більшою повнотою враховані анатомічні особливості будови і структурно-механічні властивості зерна, ядра та оболонки перероблюваної культури, а використаний спосіб механічного впливу на зерно і виникаючі види деформацій відповідають поставленій задачі: отримати високий коефіцієнт луцення при мінімальному подрібненні ядра.

Класифікація методів луцення зернових культур враховує форму зв'язків оболонки із ядром (табл. 1.2).

Виходячи із класифікації процесів луцення лише інтенсивні сили тертя та удару є рушійними силами процесу луцення зерна пшениці.

1.3. Використання процесу абразивного луцення в технологіях переробки зерна пшениці

Процес абразивного луцення використовується в борошномельному виробництві та круп'яному виробництві. Також процес абразивного луцення використовується в комбікормовому виробництві, при обробці плівчастих культур таких як ячмінь або овес.

В борошномельному виробництві луцення зерна пшениці в луцильниках із абразивними робочими органами дозволяє зменшити кількість оболонок безпосередньо у зерноочисному відділенні, тим самим скоротивши оберт продуктів помелу в розмелювальному відділенні.

Таблиця 1.2 – Класифікація методів луцення

Найменування		Гречка	Просо	Рис	Овес	Ячмінь, пшениця	Горох,
Характеристика зерна	Форма зв'язків зовнішніх оболонок із ядром	Усі три лепестки плодової оболонки вільно охоплюють ядро і з'єднані із ним тільки в одній точці	Квіткові плівки вільно охоплюють ядро і з'єднані із ним в одному місці - рубчик у	Квіткові плівки охоплюють ядро, але із ним не зростаються	Квіткові плівки щільно охоплюють ядро, але із ним не зростаються	Квіткові плівки міцно з'єднані із плодовим оболонкою по всій поверхні зерна і глибоко заходять в боріздку	Насінні оболонки щільно примикають до ядра по усій його поверхні
	Характеристика необробленого ядра при вологості 14 %	Ядро крихке	Ядро некрихке	Ядро крихке	Ядро еластичне	Ядро міцне	Ядро при ударі і стиску розколюється на сімядолі
Методи луцення	Використовуване обладнання	Вальцедекові верстати	Верстат із вальцями, які вкриті гумою	Луцильний постав, відцентровий луцильник	Наждачна оббивальна машина	Луцильний ЗШН	
	Способи впливу на зерно і види переважаючих деформацій	Нетривалий стиск і зсув, який викликає розімкнення і сколювання плівок			Стиск, зсув і тертя, які викликають	Багатократні удари по бічній та абразивну поверхню	Тривалі тертя абразивними поверхнями, що викликає зрізання оболонок

За даними дослідження Верещинського О.П. [1] оптимальним є лушення зерна пшениці при із індексом лушення від 6 до 9 %. Збільшення індексу лушення вище 9 % призводить до відколювання частинок ендосперму, що є небажаним із-за того, що зменшується зольність відокремлених оболонки, зростає їх вихід а в розмелювальному відділенні відбувається зниження виходу борошна. Лушення зерна пшениці в борошномельному виробництві при вказаних значеннях індексу лушення призводить до збільшення виходу круподунстових продуктів на I драній системі; покращується більшість борошна та збільшується загальний вихід борошна.

Лушення зерна пшениці в процесі підготовки зерна пшениці до помелу можна здійснювати різними способами. Для великих заводів потужністю більше 200 т/добу рекомендується лущити лише дрібну фракцію. З цією метою передбачається розділення основного потоку зерна пшениці на крупну та дрібну фракції за допомогою сепаратора. Крупна фракція обходить процес лушення, а дрібна направляється у лущильну машину. Процес лушення рекомендується здійснювати після основного етапу зволоження зерна пшениці. Лушення дрібної фракції зерна пшениці пов'язано із невисокою продуктивністю самого процесу лушення те великими енерговитратами для його реалізації. При лушення всього потоку на заводах великої та середньої продуктивності необхідно мати велику кількість лущильників, що є економічно не доцільним.

Для борошномельних заводів малої продуктивності рекомендується проводити лушення всього потоку зерна пшениці. Лущильники продуктивністю 3 т/год можуть забезпечити процес лушення малих млинзаводів. При цьому необхідно використати одну або два лущильні машини. Процес лушення також проводиться після основного процесу зволоження.

Можливе часткове лушення пшениці в процесі його підготовки перед направленням зерна на основний етап зволоження. Такий прийом дозволяє

зменшити кількість оболонок на поверхні зерен і відкрити доступ воді до центральних шарів ендосперму. В даному разі оболонки виступають таким собі бар'єром, який перешкоджає проникненню вологи в середину ендосперму.

В круп'яному виробництві процес луцення зерна пшениці є основною операцією виробничого процесу в луцильному відділенні. В цьому процесі процес луцення ведуть в декілька етапів таким способом, що зняти максимально можливу кількість оболонок без погіршення якості готової продукції. В круп'яному виробництві процеси шліфування та полірування в машинах із абразивними робочими органами також подібні до процесу луцення.

1.4.Характеристика процесу луцення зерна пшениці

Луцення зерна пшениці в луцильних машинах із абразивними робочими органами є складним багатофакторним процесом, який не має аналітичного опису і це суттєво ускладнює можливість моделювання виробничого процесу.

Луцення зерна пшениці в луцильних машинах із абразивними робочими органами є складним багатофакторним процесом, який не має аналітичного опису. За сукупністю дослідних даних, які наявні в літературних джерелах відомо, що на процес луцення впливає тривалість обробки, скловидність, вологість та крупність зерна, швидкість обертання робочих органів, зернистість абразивних кругів, ступінь завантаження луцильної машини зерном.

Процес луцення абразивними дисками має багато подібних явищ, які здійснюються під час різання металів абразивними кругами. В наукових основах процесу луцення вказується, що процес луцення абразивними робочими органами здійснюється за рахунок сил тертя. Однак це не є зовсім коректним, тому, що абразивні робочі органи зрізають поверхневі шари зерна, а не стирають його, хоч і сили тертя в цьому процесі також присутні.

З фізичної точки зору, процес різання матеріалів, в тому числі і лушення є процесом глибокого пластичного деформування та руйнування, який супроводжується тертям стружки (оболонок та мучки) о передню поверхню ріжучого клину.

В процесі лушення дійсна площа контакту абразивного колеса і зерен складається із великої кількості нерівностей, які піддаються пластичним деформаціям. Ця особливість пов'язана із тим, що шліфувальний круг складається із великої кількості дрібних абразивних зерен, які з'єднані між собою зв'язкою. Абразивні зерна, які розташовані на робочій поверхні круга, рухаючись, дряпають оброблювану поверхню і знімають з неї тонкий шар оболонок. В залежності від габаритних розмірів абразивних зерен на 1 см², поверхні круга міститься декілька сотень, а іноді і тисяч зерен. Всі ці зерна приймають участь у процесі лушення та у формуванні оброблюваної поверхні.

В процесі взаємодії зерна та робочої поверхні абразивних кругів можна виділити наступні особливості:

1. Хаотичне розташування абразивних зерен на поверхні круга і відсутність суцільної ріжучої кромки по утворюючій круга;
2. Неправильна геометрична форма абразивних зерен із заокругленими вершинами, які мають переважно від'ємні передні кути великої величини;
3. Висока швидкість різання і майже миттєве зняття великої кількості дрібних оболонок та частинок;
4. Інтенсивне ковзання абразивних зерен перед їх врізанням у поверхню зерен;
5. Хаотичний рух зерен в середині робочої зони лушительника.

Абразивні зерна виконують функції ріжучої частини круга і являють собою багатогранники неправильної форми. Вершини цих багатогранників виступають із круга і виконують роль ріжучих кромок. Геометрія цих кромок характеризується передніми та задніми кутами, які змінюються в широких

межах, які визначаються формою зерен та їх розташуванням на поверхні круга.

Абразивні круги, які використовуються в луцильних машинах не мають суцільної ріжучої кромки. У будь-якій осьовій площині абразивні зерна, які розташовані на поверхні круга, знаходяться на деякій відстані один від одного і виступають на різну висоту. Після оберту круга на деякий кут α кожне із цих зерен, зробить на поверхні зерна подряпини і знімуть тонкі стружки, але при умові, що ці зерна знаходяться в контакті із абразивною поверхнею. Ширина знятих оболонок залежить від поперечних розмірів зерен, а глибина від того, на яку висоту виступають зерна над поверхнею круга. Шар оболонок між подряпинами залишиться не зрізаними, але він буде зрізаний іншими зернами, які знаходяться в наступних осьових площинах. Чим швидше обертається круг, тим більша кількість оболонок зрізається в одиницю часу. По мірі обертання зерен, круг буде зрізати дрібні оболонки з все нових і нових ділянок поверхні зерен, покриваючи їх короткими подряпинами. Поверхня на лущених зернах формується в результаті сумарної дії усіх абразивних зерен круга.

Абразивні зерна круга виступають не однаково над його поверхнею, тобто розташовуються на різних рівнях від неї. Тому глибина різання оболонок не є постійною величиною. Відповідно, не всі зерна, які беруть участь в даній момент у різанні оболонок, працюють однаково. Одні із них лише ковзають по поверхні зерна, інші тільки зминають її, а треті знімають оболонки.

Особливістю правильного шліфування зерна та крупи полягає в тому, що до певного етапу шліфування, об'єм (форма) таких частинок зменшується майже пропорційно своїм початковим розмірам, тобто зберігається геометрична подібність. При такому рівномірному відділенню поверхневій шари за своїм складом суттєво відрізняється від основної частини ендосперму. На наступних етапах шліфування процес змінюється, частинки

помітно заокруглюються, все більше наближаючись до кульоподібних, одночасно у відходах починає з'являтися частка чистого ендосперму.

1.5. Аналіз явища утворення битих зерен

В круп'яному виробництві в процесі лушення зерна утворюється лущене зерно, дрібка, мучка та лузга. При лущенні таких культур як пшениця та ячмінь поняття дрібка не використовується натомість розламані зерна називають битими. Лушені зерна часто називають ядром.

Відповідно до ГОСТ 2629-94 «Крупи, побічні продукти і відходи. Терміни і визначення» ядром називають центральну частину зернівки, найбільш цінну в харчовому відношенні. Мучкою (кормовою) називають побічний продукт виробництва круп, який складається із подрібнених частинок ендосперму, плодових та насінневих оболонок, зародків (мучка рисова, гречана, просяна, вівсяна, ячмінна, горохова, кукурудзяна, пшенична). Лузгою називають зовнішні оболонки, виділені у процесі лушення зерна, з незначною домішкою мучнистих частинок.

В літературних джерелах наводяться дані щодо виходу битих зерен насіння гороху та люпину білого. Показано, що биті ядра мають лінійну залежність від тривалості лушення, а із збільшенням швидкості обертання робочих органів лущильної машини цей вихід також збільшується. Можна висунути гіпотезу, що для зерна пшениці також вихід битих зерен буде здійснюватися за лінійною залежністю від тривалості лушення. Ця гіпотеза потребує експериментального підтвердження.

Розглядаючи процес лушення зерна в першому наближенні можна виділити не тільки сили тертя або різання, як показано в підрозділі 1.4, але і сили удару. Захвачена робочими органами лущильної машини зернівка отримує прискорення і відкидається до решітного полотна. Зі збільшенням швидкості обертання робочих органів лущильної машини, відцентрові сили будуть зростати, що у свою чергу буде збільшувати сили удару зерен об

решітне полотно. Сили удару можуть бути одним із можливих факторів утворення битих зерен.

Також необхідно відмітити наявність так званого «масштабного фактору», який властивий усім твердим тілам. Зі збільшенням габаритних розмірів тіла в них збільшується ймовірність появи внутрішніх дефектів структури. По відношенню до зерна це означає, що чим більші габаритні розміри зерен тим більша ймовірність появи внутрішніх мікро тріщин. В свою чергу в процесі лушення такі зерна будуть давати більшу кількість подрібненого ядра. Це припущення також потребує експериментального підтвердження.

Особливістю зерна пшениці є те, що воно володіє борідкою, яку можна вважати однією із природних тріщин, яка сприяє утворенню битих зерен.

Ймовірно, як і у в процесі подрібнення зерна пшениці, наявність мікро тріщин в ядрі зерен пшениці також впливає на процес утворення битих зерен. Однак це потребує глибоких досліджень.

Висновки до розділу 1

1.Будова та властивості зерна пшениці здійснюють вплив на процес лушення, що треба враховувати здійснюючи обробку зерна пшениці.

2.Лушення зерна пшениці здійснюється в машинах із абразивними робочими органами.

3.Процес лушення використовується в борошномельному та круп'яному виробництві при переробці зерна пшениці.

4.Процес лушення є складним явищем, математичний опис якого відсутній, що ускладнює можливість його моделювання.

5.На утворення битих зерен може впливати крупність зерен та швидкість обертання робочих органів лущильної машини.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1.Об'єкт досліджень

Об'єктом досліджень є технологія луцення зерна пшениці в машинах із абразивними робочими органами.

Предметом досліджень є кількісна оцінка утворення битих зерен в процесі луцення пшениці в машинах із абразивними робочими органами.

2.2.Підготовка зерна пшениці до досліджень

Перед проведенням досліджень, зернову масу очищали від домішок та розділяли на три фракції за допомогою зерноочисного лабораторного сепаратора ЗЛС. Для розділення зерна пшениці на фракції були використані решітні полотна $3,0 \times 20$ мм, $2,4 \times 20$ мм та $1,8 \times 20$ мм. Сходом решітного полотна $3,0 \times 20$ мм отримували «крупну» фракцію зерна пшениці. Проходом решітного полотна $3,0 \times 20$ мм та сходом решітного полотна $2,4 \times 20$ мм отримували «середню» (проміжну) фракцію зерна пшениці. Проходом решітного полотна $2,4 \times 20$ мм та сходом решітного полотна $1,8 \times 20$ мм отримували «дрібну» фракцію.

Після розділення зерна пшениці на фракції, кожену фракцію пропускали через аспіраційний канал із шириною 60 мм з метою виділення усіх наявних легких домішок.

Перед проведенням процесу луцення від кожної фракції відбирали зразки зерна в кількості до 200 г і проводили в ручному режимі виділення усіх битих та пошкоджених зерен з метою забезпечення точності експериментів. Дослідження проводилися у двох повторностях. У випадку значних відхилень експериментальних даних проводилися додатково ще дві повторності. Такий підхід викликаний складністю візуального огляду та виділення в ручному режимі зерен як до луцення так і після луцення.

В кожній виділеній партії зерна пшениці визначали такі показники якості: натуру зерна пшениці; масу 1000 зерен; скловидність зерна пшениці та вологість зерна.

Об'ємну масу (натуру) зерна пшениці визначали за допомогою літрової пурки ПХ-2 («ОЛИС», Україна) у відповідності до стандарту ISO 7971-3:2009(E). «Cereals – Determination of bulk density, called mass per hektolitre».

Масу 1000 зерен пшениці визначали у відповідності до стандарту ISO 520:2010. «Cereals and pulses – Determination of the mass of 1000 grains».

Скловидність зерна пшениці визначали за допомогою діафаноскопу ДСЗ-3 («ОЛИС», Україна) відповідно до стандарту ГОСТ 10987-76 «Зерно. Методы определения стекловидности».

Вологість зерна пшениці визначали відповідно до стандарту ISO. 712:2009(E). «Cereals and cereal products. Determination of moisture content». Подрібнену наважку зерна пшениці масою 5 г висушували у лабораторній сушильній шафі СЕШ-3М при температурі 130 °С протягом 60 хвилин.

2.3.Методика проведення луцення зерна пшениці

Луцення виділених фракцій зерна пшениці (крупної, середньої та дрібної) здійснювали у лабораторному луцильнику (голендрі) УЛЗ-1 при різних змінних параметрах його роботи.

Після кожного етапу луцення здійснювали оцінки ефективності процесу за індексом луцення, який розраховували за формулою [Fares]:

$$I_{л} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (2.1)$$

де m_1 , m_2 – відповідно маса зерна пшениці до луцення та маса зерна після луцення, г.

Після луцення здійснювали очищення продуктів луцення від мучки шляхом очищення продукту в аспіраційно му каналі за схемою, яку показано на рис. 2.1.

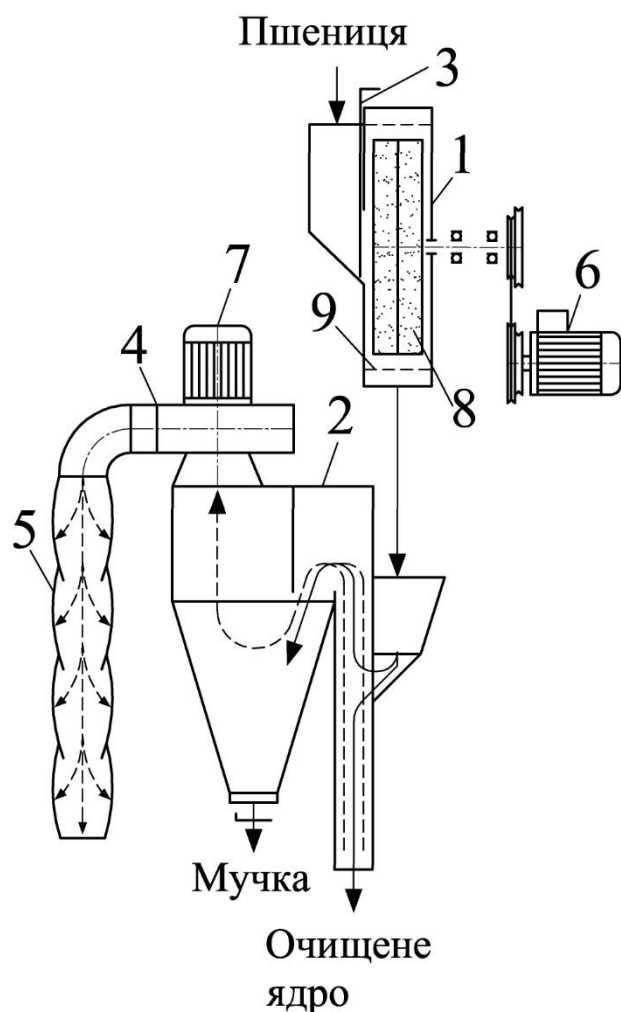


Рис. 2.1. Схема досліджень процесу лушення зерна пшениці: 1 – робочий простір лущильника УЛЗ-1; 2 – аспіраційний канал із шириною 60 мм; 3 – засувка; 4 – вентилятор; 5 – фільтрувальний рукав; 6 – електродвигун лущильної машини; 7 – привід вентилятора; 8 – абразивні круги; 9 – решітне полотно для виходу мучки з отворами діаметром 2,3 мм.

В аспіраційно му каналі візуально встановлювали таку швидкість повітряного потоку, щоб повітря забирало у бункер відносів лише мучку, а биті зерна потрапляли у основний потік зерна. Після кожного очищення здійснювався огляд аспіраційних відносів на предмет наявності битих зерен.

Після очищення лущених ядер пшениці від мучки та лузги, продукт зважували на технічних вагах і визначали індекс лушення з урахуванням битих зерен.

Після зважування, лушене ядро розбиралося в ручному режимі із ретельною перевіркою цілих зерен. Із продуктів лушення виділялися биті

зерна, які потім додатково зважувалися і розраховувався їх вихід по відношенні до початкової маси зерна.

2.4.Методика визначення виходу битих зерен пшениці при різних параметрах лущення

В процесі дослідження виходу битих зерен пшениці змінювали такі параметри процесу: крупність зерна пшениці; швидкість обертання робочих органів лущильника УЛЗ-1; величину завантаження робочої камери лущильника УЛЗ-1 зерном пшениці.

При визначенні впливу крупності зерна пшениці на вихід битих зерен дослідження проводилися в наступній послідовності. Кожну фракцію зерна пшениці («крупну», «середню» та «дрібну») лушили в лущильнику УЛЗ-1 при швидкості обертання робочих органів 25 с^{-1} (1500 об/хв.) та зміні тривалості лущення від 25 до 100 с із кроком 25 с. Маса наважки становила 100 г.

Дослідження впливу швидкості обертання робочих органів лущильника УЛЗ-1 на вихід битих зерен пшениці визначали на «середній» фракції при швидкостях обертання 25 с^{-1} (1500 об/хв.) та $41,6 \text{ с}^{-1}$ (2500 об/хв.) і зміні тривалості лущення від 25 до 100 с із кроком в 25 с. Маса наважки становила 100 г, натура зерна $744 \pm 2,5$ г/л, маса 1000 зерен $39,8 \pm 0,08$ г, скловидність зерна $53,6 \pm 1,8$ %, вологість зерна $12,1 \pm 0,067$ %.

Дослідження впливу завантаження робочої камери лущильника УЛЗ-1 на вихід битих зерен пшениці проводили на «середній» фракції зерна із натурою зерна $744 \pm 2,5$ г/л, масою 1000 зерен $39,8 \pm 0,08$ г, скловидністю зерна $53,6 \pm 1,8$ % та вологістю зерна $12,1 \pm 0,067$ %. Початкова маса зерна пшениці, яка була завантажена у лущильник змінювалася від 40 до 200 г із кроком в 40 г. Швидкість обертання робочого органу лущильника УЛЗ-1 становила 25 с^{-1} (1500 об/хв.). Тривалість лущення саме для цих досліджень була постійною і становила 25 с.

Завантаження робочої камери лушильника УЛЗ-1 оцінювали за коефіцієнтом завантаження робочої камери, який розраховувався за формулою:

$$K = \frac{V_g}{V_m} \quad (2.2)$$

де K – коефіцієнт завантаження зерном пшениці робочої камери лушильника УЛЗ-1; V_g – об'єм зерна завантаженого в лушильник, м³; V_m – об'єм робочої камери лушильника, м³.

Об'єм зерна завантаженого в лушильник розраховували з урахуванням попередньо визначеної його натури за формулою:

$$V_g = \frac{m}{\gamma} \quad (2.3)$$

де m – маса зерна «середньої» фракції пшениці, яка завантажувалася в лушильник УЛЗ-1, кг; γ – фактична натура зерна пшениці, кг/м³.

Об'єм робочої камери лушильника УЛЗ-1 визначали за наступною формулою:

$$V_m = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H - \frac{\pi d^2}{4} \cdot h \quad (2.4)$$

де D , d – відповідно діаметр решітного полотна лушильника УЛЗ-1 та абразивних кругів, м; H , h – відповідно висота решітного полотна лушильника та абразивних кругів, м.

Діаметр решітного полотна визначали штангенциркулем, значення якого становило $D = 0,165$ м, діаметр абразивних кругів становив $d = 0,15$ м. Висота решітного полотна становила $H = 0,058$ м, ширина абразивних становила $h = 0,04$ м.

Усі дослідження проводили при зернистості абразивних дисків 40 од. Після лушення в усіх дослідах визначали індекс лушення та вихід битих зерен за методикою описаною в п.2.3. Перед лушенням із наважок ретельно вибирали усі биті та пошкоджені зерна для отримання «чистоти» експерименту.

2.5.Методика математичної обробки експериментальних даних

Обробка експериментальних даних здійснювалася із застосуванням програмного забезпечення MS Excel та програмного забезпечення Advanced Grapher.

Програмне забезпечення MS Excel використовувалося для побудови рисунків та візуалізації отриманих експериментальних даних. Програмне забезпечення Advanced Grapher використовувалося для отримання математичних моделей та статистичних розподілів вибірок експериментальних даних.

Програмне забезпечення Advanced Grapher використовує метод найменших квадратів.

Отримані експериментальні дані подавалися у вигляді таблиць та рисунків для кращого сприйняття та аналізу результатів досліджень.

Висновки до розділу 2

1. Визначено об'єкт та предмет досліджень.
2. Визначено та описано методику проведення експериментальних досліджень.
3. Наведено методику обробки експериментальних даних.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Показники якості досліджуваних фракцій зерна пшениці

Перед проведенням основних досліджень визначали показники якості досліджуваних фракцій. Визначені показники якості зерна пшениці «крупної», «середньої» та «дрібної» фракцій наведено в табл. 3.1.

Інтервал надійності визначених показників якості зерна подано в абсолютних величинах.

Таблиця 3.1 – Основні показники якості досліджуваних фракцій зерна пшениці

Показник	Фракція		
	«крупна» (схід 3,0×20)	«середня» (прохід 3,0×20, схід 2,4×20)	«дрібна» (прохід 2,4×20, схід 1,8×20)
Натура зерна, г/л	750,5±1,2	744,0±2,5	680,8±4,2
Маса 1000 зерен, г	49,9±0,16	39,8±0,08	24,6±0,25
Маса 1000 зерен на сухі речовини, г	43,6±0,16	35,0±0,08	21,5±0,25
Скловидність зерна, %	46,4±3,4	53,6±1,8	45,2±2,8
Вологість зерна, %	12,5±0,04	12,1±0,067	12,4±0,04

3.2. Візуальний аналіз битих зерен пшениці

В процесі візуального відбирання битих зерен пшениці від цілих було виявлено закономірність, яка характерна для різних зерен. Спостерігалися чотири види зруйнованих зерен пшениці:

1.Зерна, які були зруйновані по борізді, тобто борідка була умовною лінією розділення зерен на дві частини. Такі зерна були переважно скловидними, що було видно по відкритому скловидному ендосперму;

2.Зерна, які зруйновані впоперек. До цих зерен відносилися переважно напівскловидні зерна. В поперечному перерізі добре видно борошністі та скловидні ділянки ендосперму;

3.Зерна із відколотими краями. До цих зерен відносились як напівскловидні зерна так і скловидні зерна;

4.Стерті зерна. До цих зерен відносилися лише низькоскловидні зерна.

Відповідно до цієї класифікації можна зробити такі висновки. Високо скловидні зерна розламуються по борізді або відколюються впоперек. Низько скловидні зерна навпаки або стираються робочими органами луцильної машини або утворюють дрібні відколоти частинки.

Як і відмічалось в розділі 1, боріздка має велике значення для утворення битих зерен в процесі луцення високо скловидних зерен. Високо скловидні зерна пшениці утворюють переважно крупні частинки битих зерен, в той час як борошністі та напівскловидні зерна стираються робочими органами луцильної машини.

Високоскловидні зерна пшениці давали переважно крупні биті частинки зерен, а низькоскловидні зерна давали більшу кількість борошністих частинок та дрібних частинок.

Проведений візуальний аналіз битих зерен дає можливість зробити висновок, що в процесі луцення зерна пшениці високоскловидні зерна будуть давати більше битих зерен і менше мучки, а низькоскловидні зерна будуть давати навпаки більшу кількість мучки, в той час як ядро може бути віднесено як до битих так і до луциених зерен, особливо при інтенсивній обробці таких зерен.

3.3. Вплив крупності пшениці на вихід битих зерен

Дослідженнями встановлено, що збільшення тривалості луцення пшениці призводить до збільшення виходу битих зерен для усіх фракцій крупності. Отримані залежності мали лінійний характер незалежно від крупності зерна. Відмінним був вихід битих зерен для кожної фракції, а також кут нахилу прямої відносно осі X. Результати досліджень наведено на рис. 3.1. Характеристики фракцій наведено в табл. 3.1.

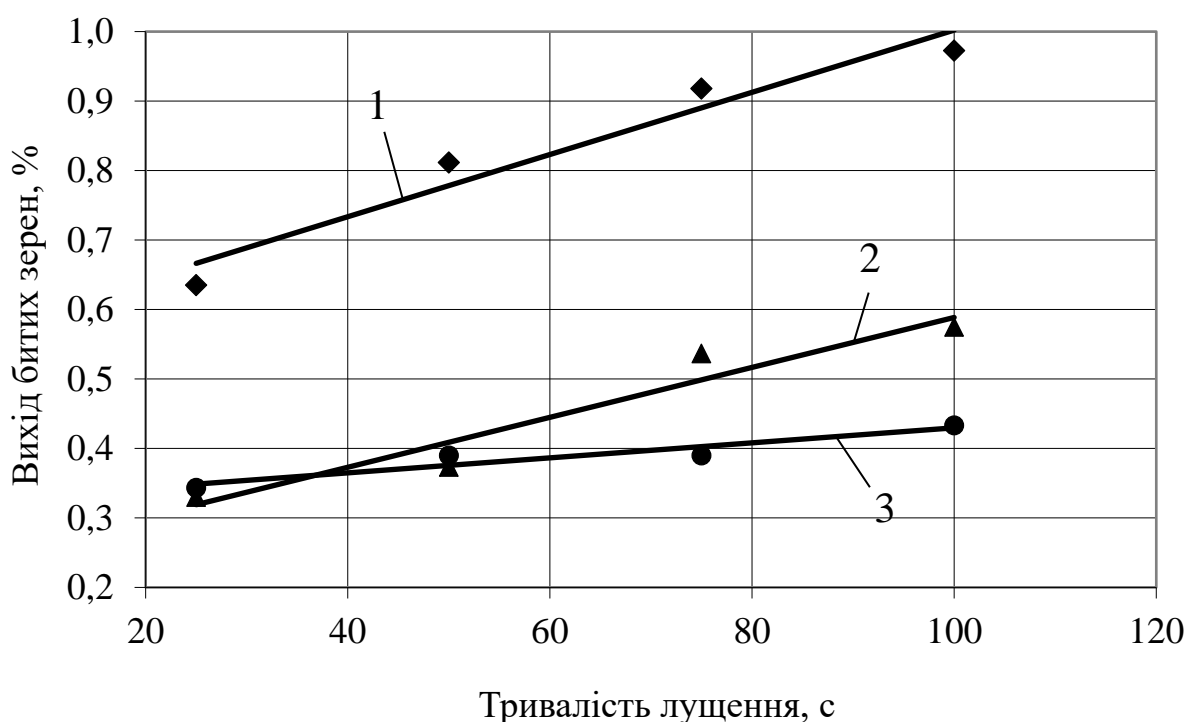


Рисунок 3.1. Вихід битих зерен пшениці при луценні фракцій різної крупності: 1 – «крупна» фракція; 2 – «середня» фракція 3 – «дрібна» фракція.

Із даних рис. 3.1 можна бачити, що найбільший вихід битих зерен спостерігався при луценні «крупної» фракції зерна пшениці. Найменший вихід битих зерен спостерігався при луценні «дрібної» фракції пшениці. «Середня» фракція давала проміжний вихід битих зерен пшениці.

Отримані залежності описувалися наступними залежностями:

для «крупної» фракції:

$$V_{63} = 0,0052t + 0,5 \quad (3.1)$$

для «середньої» фракції:

$$V_{63} = 0,00368t + 0,225 \quad (3.2)$$

для «дрібної» фракції:

$$V_{63} = 0,00108t + 0,321 \quad (3.3)$$

де V_{63} – вихід битих зерен пшениці, %; t – тривалість луцення, с.

Паралельно визначалися статистичні характеристики отриманих залежностей. Результати аналізу наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Статистичні характеристики математичних залежностей

№ рівняння	Стандартне відхилення	Коефіцієнт детермінації	Коефіцієнт кореляції
Рівняння 3.1 («крупна» фракція)	0,031	0,96	0,98
Рівняння 3.2 («середня» фракція)	0,033	0,92	0,95
Рівняння 3.3 («дрібна» фракція)	0,011	0,89	0,94

Дані табл. 3.2 вказують на те, що значення, які розраховані за рівняннями 3.1...3.3 мають відхилення від середнього в межах 0,011...0,033 %. Коефіцієнти кореляції знаходяться в межах від 0,94 до 0,98, що вказує на дуже сильну залежність між досліджуваними ознаками.

Збільшення виходу битих зерен зі збільшенням крупності зерен пшениці можна пояснити тим, що у крупних зерен можуть бути наявні різні дефекти структури, які є концентраторами напруг, що і призводить до утворення тріщин і як наслідок руйнування зерен. Це явище відоме як «масштабний ефект».

Враховуючи те, що між тривалістю луцення та індексом луцення існує пряmolінійна залежність, як показано на рис. 3.2, то можна стверджувати, що

між індексом луцення та виходом битих зерен пшениці також існує лінійна залежність.

Дані рис. 3.2 показують, що зі зміною крупності зерна змінюється кут нахилу прямих, а початок прямих наближається до нуля. Це дозволяє встановити залежність між індексом луцення, тривалістю процесу та крупністю зерен пшениці.

Отримані лінійні залежності описуються наступними рівняннями:

«крупна» фракція:

$$I_{\text{л}} = 0,162t + 0,6 \quad (3.3)$$

«середня» фракція:

$$I_{\text{л}} = 0,145t + 0,4 \quad (3.4)$$

«дрібна» фракція:

$$I_{\text{л}} = 0,112t + 0,9 \quad (3.6)$$

де $I_{\text{л}}$ – індекс луцення пшениці, %; t – тривалість процесу, с.

Дані рис. 3.2 показують, що зі збільшенням крупності зерна індекс луцення збільшується.

Із лінійних рівнянь 3.3...3.6 можна бачити, що вільний член рівнянь змінюється в межах від 0,4 до 0,9. Величина вільного члену рівняння вказує на початкове значення на осі Y . Враховуючи те, що при відсутності луцення зерна індекс луцення також відсутній, то отримані значення можна віднести до похибки вимірювання. В такому випадку узагальнене лінійне рівняння буде мати наступний вигляд:

$$I_{\text{л}} = At \quad (3.7)$$

де $I_{\text{л}}$ – індекс луцення пшениці, %; t – тривалість процесу, с; A – коефіцієнт нахилу кривої відносно осі X .

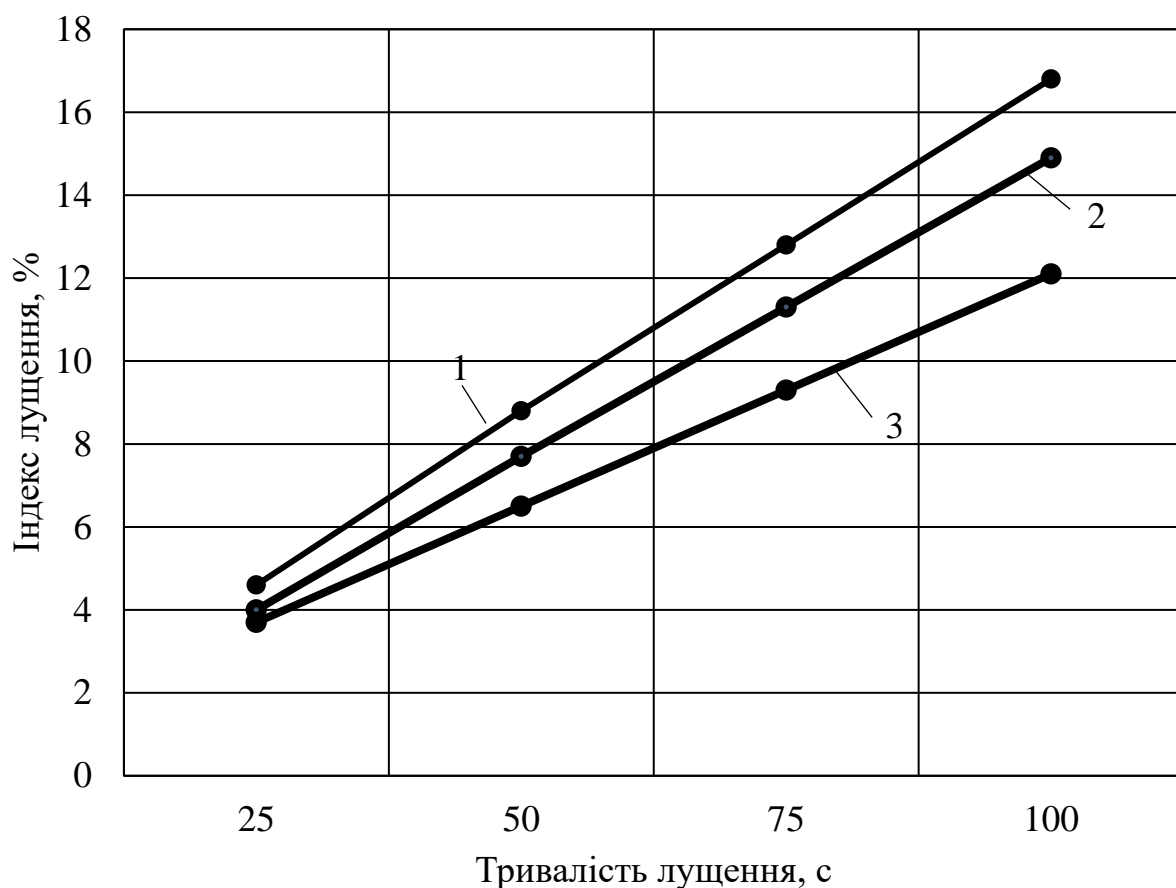


Рисунок 3.2. Залежність індексу лушення зерна пшениці від тривалості обробки для різних фракцій по крупності: 1 – «крупна» фракція; 2 – «середня» фракція; 3 – «дрібна» фракція.

Із даних рис. 3.2 видно, що зі збільшенням крупності зерна, кут нахилу прямих збільшується. В свою чергу крупність зерна можна виразити через масу 1000 зерен на сухі речовини. Використовуючи коефіцієнти A із рівнянь 3.3...3.6 та масу 1000 зерен на сухі речовини можна пов'язати крупність зерен пшениці із коефіцієнтом нахилу A (рис. 3.3).

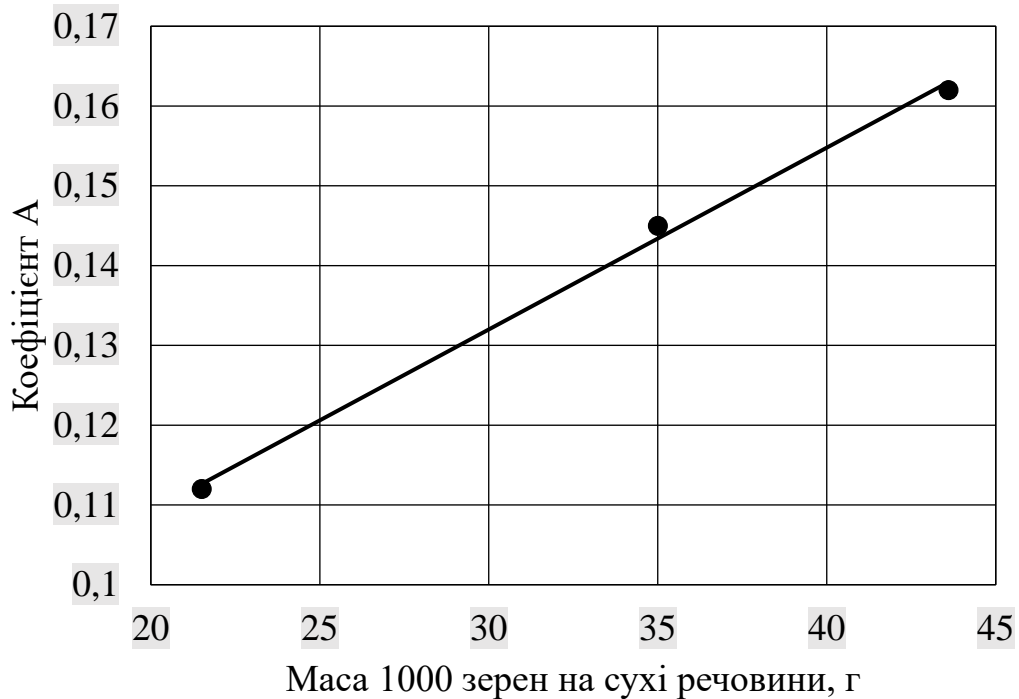


Рис. 3.3. Залежність коефіцієнту нахилу А від маси 1000 зерен на сухі речовини.

Лінійна залежність коефіцієнту нахилу А від маси 1000 зерен на сухі речовини апроксимується наступним рівнянням:

$$A = 0,0022m_{1000}^{c.p.} + 0,063 \quad (3.8)$$

де А – коефіцієнт нахилу відносно осі Х; $m_{1000}^{c.p.}$ – маса 1000 зерен на сухі речовини, г.

Підставляючи рівняння 3.8 у рівняння 3.7 отримаємо комплексну функцію, яка наближено описує індекс лушення від тривалості процесу та крупності зерен пшениці:

$$I_{л} = (0,0022m_{1000}^{c.p.} + 0,063)t \quad (3.9)$$

де $I_{л}$ – індекс лушення пшениці, %; t – тривалість процесу лушення зерна пшениці, с; $m_{1000}^{c.p.}$ – маса 1000 зерен на сухі речовини, г.

Збільшення індексу лушення при збільшенні крупності зерна при усіх інших однакових умовах ймовірно можна пояснити тим, що збільшується площа контакту зерен із ріжучими кромками робочої поверхні абразивних дисків. Але ця гіпотеза потребує більш глибоких досліджень.

На рис. 3.4 показано залежності виходу битих зерен від індексу лушення зерна пшениці.

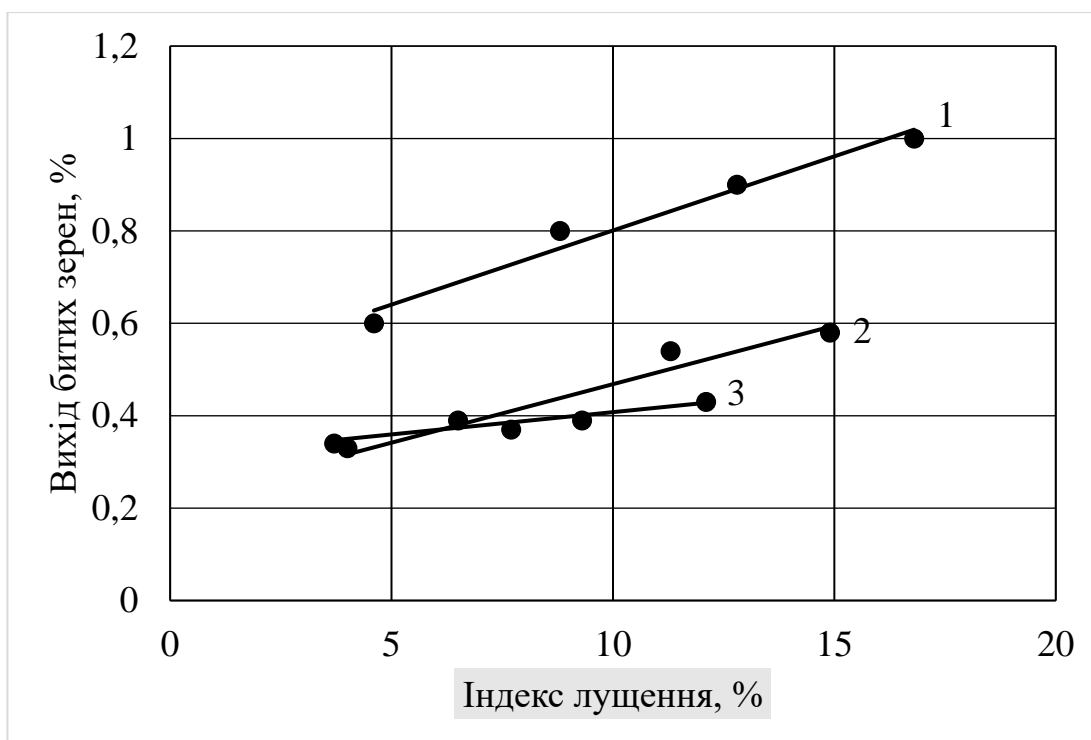


Рис. 3.4, Залежність виходу битих зерен пшениці від індексу лушення: 1 – «крупна» фракція; 2 – «середня» фракція; 3 – «дрібна» фракція.

Залежність виходу битих зерен пшениці від індексу лушення можна пояснити тим, що при більшому індексі лушення тривалість обробки також більша. Тобто за усіх інших однакових умов кількість битих зерен збільшується за рахунок тривалості обробки.

Лінійні залежності, які показано на рис. 3.4 апроксимуються наступними рівняннями;

«крупна» фракція:

$$V_{\text{б}} = 0,0321 \times I_{\text{л}} + 0,48 \quad (3.10)$$

«середня» фракція:

$$V_{\text{б}} = 0,0253 \times I_{\text{л}} + 0,21 \quad (3.11)$$

«дрібна» фракція:

$$V_{\text{б}} = 0,0096 \times I_{\text{л}} + 0,31 \quad (3.12)$$

В табл. 3.3 наведено результати статистичного аналізу рівнянь 3.10...3.12.

Таблиця 3.3 – Статистичні характеристики математичних залежностей

№ рівняння	Стандартне відхилення	Коефіцієнт детермінації	Коефіцієнт кореляції
Рівняння 3.10 («крупна» фракція)	0,0295	0,97	0,98
Рівняння 3.11 («середня» фракція)	0,0116	0,90	0,94
Рівняння 3.12 («дрібна» фракція)	0,034	0,92	0,96

Коефіцієнти кореляції становлять більше 0,9, що вказує на дуже сильний зв'язок досліджуваних ознак.

Підсумовуючи, можна відзначити, що між крупністю зерен пшениці та індексом луцення існує лінійна залежність. Між виходом битих зерен та індексом луцення також існує лінійна залежність при усіх інших однакових умовах луцення.

3.4. Вплив швидкості обертання абразивних дисків на вихід битих зерен пшениці

Проведені дослідження впливу швидкості обертання абразивних дисків луцильника на вихід битих зерен пшениці дозволили встановити лінійні залежності, які показано на рис. 3.5.

Результати досліджень вказують на збільшення виходу битих зерен пшениці при збільшенні швидкості обертання абразивних дисків. Такий результат є закономірним, тому що збільшення швидкості обертання абразивних дисків призводить до збільшення інтенсивності дії сил (відцентрові сили, сили різання та тощо), які діють на зерна в робочій зоні луцильника.

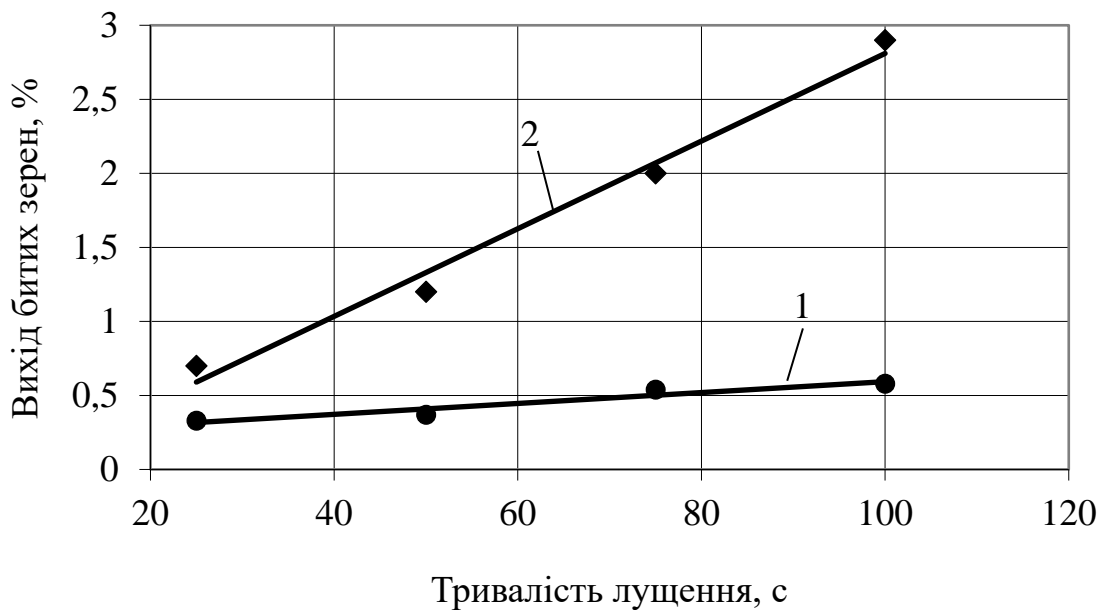


Рис. 3.5. Залежність виходу битих зерен пшениці від тривалості лушення «середньої» фракції пшениці при різній швидкості обертання абразивних кругів: 1 – швидкість обертання 25 с^{-1} ; 2 – швидкість обертання $41,6 \text{ с}^{-1}$.

Отримані залежності виходу битих зерен від тривалості лушення при різних швидкостях обертання абразивних дисків апроксимуються наступними рівняннями:

швидкість обертання 25 с^{-1} :

$$V_6 = 0,0296 \times t - 0,15 \quad (3.13)$$

швидкість обертання $41,6 \text{ с}^{-1}$:

$$V_6 = 0,0037 \times t + 0,225 \quad (3.14)$$

де t – тривалість лушення, с.

В табл. 3.4. наведено статистичні характеристики отриманих рівнянь.

Таблиця 3.4 – Статистичні характеристики математичних залежностей

№ рівняння	Стандартне відхилення, S	Коефіцієнт детермінації, R ²	Коефіцієнт кореляції, R
Рівняння 3.13	0,118	0,98	0,99
Рівняння 3.14	0,033	0,92	0,96

Коефіцієнти кореляції становлять більше чим 0,9, що вказує на дуже сильний зв'язок досліджуваних ознак. Стандартне відхилення не перевищує 0,12, що вказує на незначне розсіювання експериментальних даних від прогнозованих за рівняннями 3.13 та 3.14.

Дослідження були проведені на «середній» фракції, можна очікувати, що для інших фракцій зерна пшениці будуть подібні залежності.

3.5. Вплив величини завантаження луцильника на вихід битих зерен пшениці

Дослідженнями було встановлено, що вихід битих зерен пшениці при луценні «середньої» фракції від завантаження луцильника має складний характер (рис. 3.6), який апроксимується рівнянням третьої степені.

$$V_6 = -139,82K^3 + 141,31K^2 - 36,65K + 6,32 \quad (3.15)$$

де K – коефіцієнт завантаження луцильника.

Коефіцієнт кореляції становить R = 0,99, коефіцієнт детермінації також становить R² = 0,99, що вказує на дуже сильний зв'язок досліджуваних ознак. Стандартне відхилення становить 0,012, що вказує на незначне розсіювання експериментальних даних і апроксимованої залежності.

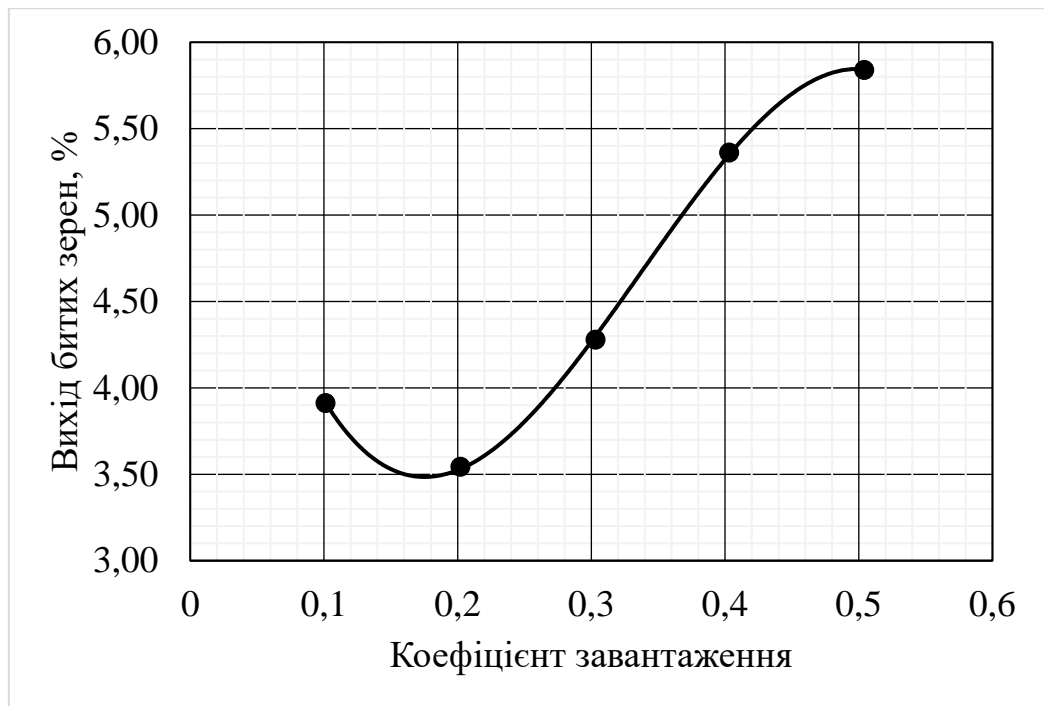


Рис. 3.6. Залежність виходу битих зерен від завантаження луцильника при луценні «середньої» фракції пшениці.

Висновки до розділу 3

1.Визначено показники якості досліджуваного зерна пшениці, які використані для опису впливу на процес луцення.

2.Встановлено, що в процесі луцення скловидні, напівскловидні та борошністі зерна мають свої особливості руйнування, що відображається у характері утворених поверхонь руйнування.

3.Вихід битих зерен пшениці при зміні тривалості обробки апроксимується лінійними залежностями.

4.Крупні зерна пшениці за усіх інших однакових умов дають більший вихід битих зерен ніж дрібні зерна.

5.Встановлено узагальнену емпіричну залежність між індексом луцення, крупністю та тривалістю луцення зерна пшениці.

6.Показано, що вихід битих зерен лінійно збільшується зі збільшенням індексу луцення.

7. Доведено, що вихід битих зерен збільшується при збільшенні швидкості обертання робочих органів луцильника при усіх інших однакових умовах..

8. Вплив величини завантаження робочої камери луцильника на вихід битих зерен має складну криволінійну залежність.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Опис технологічної схеми

Організація і ведення технологічного процесу на крупозаводах повинні забезпечити ритмічну роботу і виконання змінних, добових, місячних і річних показників по обсягу виробництва продукції, асортименту, якості круп і побічних продуктів, які підлягають реалізації. Технологічний процес на кожному підприємстві повинен здійснюватись:

- по затвердженій схемі даного виду переробки зернової культури;
- при додержанні режимів роботи окремих машин з урахуванням технологічних властивостей перероблюваного зерна, ефективному веденні всіх операцій по прийманню, розміщенню зерна в зерноскладах, очищенню і водотепловій обробці зерна, луценню, шліфуванню і поліруванню зерна, розмелюванню, сортуванню, формуванню готової продукції і контролю за якістю.

Послідовність операцій технологічного процесу зображують у вигляді графічної схеми. Схему технологічного процесу виробництва круп розробляють стосовно до умов кожного підприємства і на основі рекомендацій діючих Правил окремо по кожній культурі і виду переробки.

Технологічну схему розробляє головний інженер підприємства або начальник круп'яного цеху за участю технологів заводу і начальника виробничо-технологічної лабораторії. Після обговорення її на технічній або виробничій нараді її розглядають і затверджують в установленому порядку. Затверджену схему вивішують на видних місцях у кабінетах головного інженера, старшого майстра, в технологічному цеху і лабораторії, в учбовій кімнаті тощо.

Технологічна схема перезатверджується не пізніше одного разу на три роки.

Принципові технологічні схеми по виробництву круп "Полтавські" та "Артек" наведені на рисунку 1. Крупи "Полтавські" та "Артек" виробляють з твердої пшениці (дурум).

Зерноочисне відділення

1. Пшеницю у зерноочисному відділенні очищають шляхом:

- одноразового пропуску крізь скальператор (1.1) для відділення найбільш крупних домішок;

- одноразового пропуску всього зерна через сепаратор (3.1), у якому проводять первинне очищення від крупних, дрібних і легких домішок;

- одноразового пропуску всього зерна крізь каменевідбірну (4.1) машину:

- поділу маси зерна на дві фракції за крупністю (5.1) з метою наступного роздільного очищення одержаних потоків зерна пшениці (сходу із пробивного сита з отворами 2,4 x 20 мм і проходу цього сита) і більш ефективного відокремлення дрібних домішок;

- одноразового пропуску крупної фракції зерна (сходу із сита з отворами 2,4 x 20 мм) крізь сепаратор (3.2) другого проходу для додаткового очищення від крупних домішок і додаткового виділення дрібної фракції зерна;

- одноразового пропуску дрібної фракції зерна, одержаної після розсійника крізь сепаратор (3.3) третього проходу, оснащеного ситами з отворами Ø 3,5 мм і 1,7 — 2,0x20 мм. Сходом із сита з отворами 1,7 — 2,0x20 мм відбирають дрібну фракцію зерна, а проходом — дрібну пшеницю, яку після контрольного просіювання у бураті (16.1) спрямовують у відходи I—II категорій;

- одноразового пропуску крупної фракції зерна, одержаної сходом із сит з отворами 1,7 — 2,0 x 20 мм, крізь вівсюговідбірних (7.1) для виділення вівса, вівсюга, ячменю та інших домішок, які відрізняються від зерна пшениці за довжиною;

- одноразового пропуску дрібної фракції зерна, одержаної сходом із сит з отворами 1,7 — 2,0 x 20 мм, крізь кукілевідбірник (6.1) для виділення кукілю, в'юнка та інших дрібних домішок.

Принципова схема технологічного процесу переробки пшениці в крупи наведена у Додатку.

Розміри отворів сит у сепараторах встановлюють відповідно з крупністю зерна перероблюваної партії. Рекомендовані розміри отворів сит наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Розміри отворів пробивних сит сепараторів для очищення зерна пшениці

Сепаратори	Розміри отворів сит, мм	
	верхнього	нижнього
1-а система	3,5 - 4,0x20	1,7 - 2,0x20
2-а система	Ø 4,5	2,4 x 20
3-а система	Ø 3,5	1,7 - 2,0x20

2. Перед спрямуванням на лущення пшеницю зволожують в зволожувальній машині (8.1) теплою водою до 14,5 — 15,0%. Термін відволоження залежно від ступеню зволоження та скловидності пшениці — від 30 хв. до 2 год.

3. Лущення пшениці проводять шляхом дворазової обробки в оббивальних машинах (9.1 і 9.2) із абразивними циліндрами. Після кожного оббивального проходу продукт провіюють в аспіраторах (10.1 і 10.2).

Технічні характеристики оббивальних машин наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Параметри робочих органів оббивальних машин для лущення зерна пшениці

Луцильна система	Колова швидкість бичів, м/с	Ухил бичів, %	Зазор між бичами і абразивною поверхнею, мм.	Склад абразивного матеріалу, %, при зернистості				
				160	125	100	80	63
1	16	10	20	20	20	30	30	-
2	14	8	25	-	20	20	30	30

Після оббивальних машин (9.1 і 9.2) кількість подрібнених зерен у продукті не повинна перевищувати 15%.

Допускається на 2-й чи обох луцильних системах оббивальні машини замінювати машинами типу А1-ЗШН. Колова швидкість дисків при цьому повинна становити 16-18 м/с.

4. Відноси, одержані на оббивальних машинах і аспіраторах, спрямовують на контрольні просіювання (16.2) (сито з отворами діаметром 2,5 мм або сито із дротяної сітки №2,2). Схід із сит після провіювання надходить на 1-у шліфувальну систему (11.1.1 і 11.2.1), а прохід — у відходи І або ІІ категорій.

Луцильне відділення

Луцену пшеницю спрямовують на шліфування (три системи) і полірування (три системи) з проміжним провіюванням після 2-ї шліфувальної (11.1.2 і 11.2.2) і 2-ї полірувальної (11.2.4) систем і проміжним просіюванням після 3-ї шліфувальної системи. Шліфування і полірування проводять в машинах типу А1-ЗШН. Характеристика робочих органів машин типу А1-ЗШН на операціях шліфування і полірування наведена в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Параметри робочих органів машин А1-ЗШН на шліфуванні та поліруванні лущеної пшениці

Система	Колова швидкість дисків, м/с	Період обробки при одноразовому пропуску, с.	Розмір отворів ситового циліндра, мм.	Склад абразивного матеріалу, %, при зернистості			
				160	125	100	80
1-а шліфувальна	16 - 18	12 - 25	1,0 x 15	60	40	-	-
2-а і 3-а шліфувальні	16 - 18	12 - 25	1,0 x 15	-	60	40	-
1-а полірувальна	20 - 22	15 - 30	0,8 x 15	-	20	40	40
2-а і 3-а полірувальні	20 - 22	15 - 30	0,8 x 15	-	-	60	40

6. Продукти після третіх полірувальних систем сортують за крупністю на крупи «Полтавські» (чотири номери) і «Артек» на розсійниках (5.1-5.8) з використанням сит (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 - Розмір отворів пробивних сит для сортування пшеничних круп за крупністю

Види і номери круп	Діаметр отворів двох суміжних сит, мм.	
	прохід	схід
«Полтавські» №1	3,5	3,0
№2	3,0	2,5
№3	2,5	2,0
№4	2,0	1,5
«Артек»	1,5	0,63 (із дротяної сітки)

Норма проходу і сходу для кожного з двох суміжних сит окремо повинна бути не менше 80%.

Крупи кожного номеру просіюють на відповідних ситах, провіюють і після магнітного контроль подають у засіки.

7. Контроль мучки проводять на ситі із дротяної сітки № 063 з наступним пропуском крізь магнітні апарати. Вміст частинок ядра (схід із сита № 063) у мучці не повинен перевищувати 5% від її маси.

На операціях ситового контролю мучки, лузги, відходів I і II категорій допускається використання буратів, центрифугалів, крупосортувалок і розсійників.

4.2 Технологічний контроль виробництва

Контроль технологічного процесу, якості сировини і готової продукції ведеться з метою виявлення і налагодження режимів переробки зерна відповідно до умов, які забезпечують одержання продукції найвищої якості з високим виходом, а також найповніше використання сировини та обладнання. Контроль ведеться ВТЛ шляхом лабораторного аналізу зерна, яке надходить, проміжних продуктів, готових круп і відходів, відібраних у контрольних точках технологічного процесу, та обслуговуючим персоналом на робочих місцях.

Виробничо-технологічна лабораторія здійснює контроль на основі "Типового положення о производственной (технологической) лаборатории предприятия Министерства заготовок СССР". — М., 1977 і "Инструкции о работе производственных (технологических) лабораторий предприятий Министерства заготовок СССР № 9-5-79". — М., 1979.

Начальник виробничо-технологічної лабораторії, його заступник, помічники, лаборанти ведуть систематичний контроль за правильним розміщенням, зберіганням, очищенням, сушінням і формуванням партій зерна, за технологічною ефективністю роботи обладнання та цеху в цілому, за якістю одержаної продукції та відходів, приймають заходи щодо недопущення виробництва неякісної або нестандартної продукції, вчасно розраховують та складають звітність по виходах та якості.

Контроль технологічного процесу здійснюється за графіками контролю виробництва і роботи технологічного обладнання, які визначають:

- об'єкти контролю;
- місця і засоби відбирання проб;
- найменування контрольних показників;

- регламентований норматив (за чинним НТД);
- періодичність контролю;
- осіб, які здійснюють контроль.

Об'єктами контролю виробництва обов'язково повинні бути: зерно під час надходження у зерноочисне відділення круп'яного цеху; зерно після очищення та водотеплової обробки, яке надходить на першу луцильну систему; продукти луцення та шліфування; побічні продукти; крупи; відходи. Графіки розробляє начальник ВТЛ і начальник круп'яного цеху (старший майстер), а затверджує головний інженер підприємства.

Результати контролю фіксуються у спеціальних журналах. На основі цих результатів старший майстер і його змінні помічники вживають заходи щодо усунення виявлених недоліків і поліпшення технологічного процесу.

Під час контролю технологічного обладнання по очищенню слід керуватися даними, наведеними в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Необхідна ефективність роботи зерноочисних машин

Обладнання	Ефективність роботи
Сепаратори, аспіратори із замкнутим циклом повітря (після усіх послідовних пропусків)	Повне відокремлення крупного сміття. Відокремлення дрібного і легкого сміття не менше 95%
Трієри	Відокремлення куколю та коротких домішок не менше 90% Відокремлення вівсюга, вівса, ячменю не менше 80%
Каменевідбірники	Відокремлення мінеральних домішок не менше 95%

Періодичність контролю зерноочисного обладнання визначають за графіком. Становить вона не менше двох разів на місяць.

Оцінку технологічної ефективності роботи сепараторів, аспіраторів, трієрів дають на основі порівняння показників якості проб зерна, яке надійшло в машину, і проб основного зерна після машини.

Загальну оцінку технологічного ефекту роботи зерноочисного відділення дають на основі порівняння показників якості проб зерна, яке

надходить на очищення і яке подають для переробки на першу луцильну систему.

Особливу увагу приділяють контролю водотеплової обробки зерна (пропарюванню та просушуванню).

Способи та режими водотеплової обробки стосовно зерна пшениці наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Способи і режими водотеплової обробки зерна пшениці

Культура	Способи та режими водотеплової обробки
Пшениця	Зволожування до вологості 14,5—15,0% з подальшим відволожуванням (залежно від скловидності зерна і ступеня зволожування) від 30 хв. до 2 год. Витрати води на зволожування 1 т зерна становить 25 л.
Крупи перлові, пшеничні, горохові під час виробництва швидкорозварюваних круп	Зволожування до 25—27% з подальшим відволожуванням протягом 40 хв. Пропарювання під тиском 0,10 МПа протягом 3 хв. Висушування зерна після пропарювання.

Періодичність контролю режимів водотеплової обробки визначають за графіком. Вона повинна и не менше двох разів на місяць. Періодичність контролю вологості зерна після сушіння повинні доводити кожних дві години. Під час контролю ефективності технологічного обладнання для лущення зерна слід керуватися даними, наведеними в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Характеристика ефективності роботи луцильного обладнання

Культура	Найменування луцильного обладнання	Показники ефективності
Пшениця	Оббивальні машини	Кількість подрібнених зерен не повинна перевищувати 15%. Зниження зольності після 1-ї системи повинно становити 0,04—0,06%; після 2-ї системи — 0,03-0,05%.

Періодичність контролю луцильного обладнання визначають за графіком. Вона повинна становити не менше двох разів на місяць. Ефективність роботи луцильно-полірувальних машин контролюють за якістю готової продукції — круп. Періодичність контролю — через кожних 2 години.

4.3 Розрахунок технологічного обладнання

Для круп'яного заводу необхідно передбачити наступні підсобні і допоміжні приміщення:

- а) пункти розподільних електропристроїв;
- б) диспетчерську з пультом управління;
- в) кабінет начальника цеху площею не менше 12 м^2 ;
- г) кімнату для проведення змінних виробничих нарад площею з розрахунку $1,2 \text{ м}^2$ на одного працюючого в зміні, але не менше 18 м^2 ;
- д) кімнату змінних майстрів (круп'янщиків) площею не менше 12 м^2 ;
- е) кімнату для чергового електрика і слюсаря площею не менше 18 м^2 ;
- ж) комору для зберігання оперативного запасу змінних деталей, запасного устаткування площею не менше 15 м^2 ;
- з) майстерню для оновлення абразивних робочих поверхонь машин площею не менше 15 м^2 ;
- і) цехову лабораторію (площа лабораторії визначається розміщенням устаткування, але не має бути менше 15 м^2);
- к) кімнату завідувача складом площею не менше 9 м^2 ;
- л) кімнату для обігріву тих, що працюють в неопалювальному складі готової продукції площею не менше 12 м^2 .

Розрахуємо технологічне обладнання для круп'яного заводу по переробці пшениці.

1. Виробнича потужність крупозаводу по переробці пшениці визначається пропускною спроможністю відповідного провідного обладнання [12].

Виробничу потужність визначають за видами культур, зерно яких переробляється, тис. т на рік, за формулою:

$$M = \frac{P_x N P_n}{1000} Y_{\text{баз}}, \quad (4.1)$$

де M — розрахункова потужність, тис. т на рік; P_x — розмір робочих, органів машин, виражений у відповідних одиницях вимірювання; N — норми продуктивності обладнання, кг зерна на добу; P_n — номінальний фонд робочого часу, діб; $Y_{\text{баз}}$ — базисний вихід продукції, %.

Обчислимо потужність круп'яного заводу, який створюється:

$$M = \frac{100000 * 300}{1000} * 0,63 = 18900 \quad (\text{тис.т. на рік}).$$

2. Розрахунок продуктивності зерноочисного відділення.

Продуктивність зерноочисного відділення, т/добу, визначають з урахуванням 15 — 20%-го запасу продуктивності за формулою:

$$Q_{z.v} = K Q_{n.v}, \quad (4.2)$$

де $Q_{z.v}$ і $Q_{n.v}$ — продуктивність відповідно зерноочисного і провідного відділень, т/добу; K — коефіцієнт запасу для круп'яних заводів, що переробляють рис, пшеницю, горох, кукурудзу, $K_{\text{зап}}=1,15$; для круп'яних заводів, що переробляють просо, гречку, овес, ячмінь, $K_{\text{зал}}=1,2$.

$$Q_{z.v} = 100 * 1,15 = 115 \quad (\text{т/добу}).$$

3. Розрахунок обладнання для підготовчого (зерноочисного) відділення.

Об'єм бункерів для неочищеного зерна, м³, розраховують за формулою:

$$V_{n.z} = \frac{Q \tau}{24 \gamma}, \quad (4.3)$$

де Q — продуктивність круп'яного заводу, т/добу; τ — кількість годин роботи лушильного відділення (зазвичай $\tau = 24$ — 30 годин); γ — об'ємна

маса зерна, т/м³; f — коефіцієнт використання об'єму бункерів (залежить від висоти бункера, його перерізу, конфігурації, f = 0,60 — 0,85); при h/b = 3f = 0,85; при h/b = 1,5 f = 0,75; при h/b = 1 f = 0,60.

$$V_{н.з} = \frac{115 * 24}{24 * 0,79 * 0,75} = \frac{2760}{14,22} = 194,1 \quad (\text{м}^3). \quad \text{Об'єм одного бункера}$$

розраховують за формулою:

$$V_1 = abh, \quad (4.4)$$

де a і b — розміри бункера в плані, м; h — висота бункера, м.

$$V_1 = 4 * 2 * 3 = 24_{(\text{м}^3)}.$$

Кількість бункерів для неочищеного зерна визначають за формулою:

$$n = \frac{V_{н.з}}{V_1}, \quad (4.5)$$

де V₁ — об'єм одного бункера, м³; V_{н.з} — об'єм бункерів для неочищеного зерна, м³.

Величину округлюють до цілого числа.

$$n = \frac{194,1}{24} = 8 \quad (\text{од.}).$$

3.1. Розрахунок оперативних бункерів для зерна та продуктів його переробки. Необхідний об'єм оперативного бункера (V_{о.б}) розраховують за формулою розрахунку об'єму бункера для неочищеного зерна.

Розрахункова тривалість (τ) перебування зерна та продуктів його переробки така:

- для відволожування зерна — 35 — 40 хв. роботи луцильного відділення;

- під кожним пропарником періодичної дії — бункер не менше двох об'ємів пропарника;

- над паровою сушаркою — об'єм бункера на 1,0 — 1,5 год. роботи сушарки при шарі зерна в бункері не менше 1,0 м;
- над пропарником безперервної дії — не менше 10 хв. роботи;
- над луцильними машинами — не менше 15 хв. роботи;
- над шліфувальними машинами — не менше 10 хв. роботи [12].

Вибійні бункери проектують на одну-дві зміни: при двозмінній роботі — на 10 — 12 год., однозмінній — на 18 — 20 год.

Накопичувальні бункери перед пневмоустановкою повинні мати місткість для дрібного зерна, відходів та кормової дрібки на 4 — 8 год., для лузги та мучки не більше 1 — 2 год. роботи круп'яного заводу.

4. Розрахунок обладнання луцильного відділення.

Цей розрахунок проводять відповідно до норм навантажень на робочі органи (за Правилами) [8, с.121]. Загальну довжину вальців вальцьодекових верстатів L, см, вальцьових верстатів та луцильних машин з гумовими валками розраховують за формулою:

$$L = \frac{1000Q}{q}, \quad (4.12)$$

де q — навантаження на 1 см загальної довжини вальців, т/добу.

$$L = \frac{1000 \cdot 115}{550} = 209 \quad (\text{см.}).$$

Після підрахунку загальної довжини необхідно її розподілити по системах луцення з урахуванням виходу фракції у відсотках.

Для переробки пшениці беруть такий розподіл загальної довжини валків, %, за системами: 1-а шліфувальна – 20 – 25; 2-а шліфувальна – 20 – 22; 3-а шліфувальна – 15 – 18; 1-а полірувальна – 12 – 15; 2-а полірувальна – 10 – 12; 3-а полірувальна – 10 – 12.

Для заводу з переробки пшениці загальну кількість луцильників безперервної дії ЗШН визначають за формулою:

$$A = \frac{Q}{q}, \quad (4.13)$$

де q - продуктивність круп'яного заводу, т/добу (в зерні, що подають на першу сепараторну систему); q — навантаження на одну машину, т/добу.

$$A = \frac{115}{12} = 10 \quad (\text{од.}).$$

Висновки до розділу 4

1. В технологічній частині розділу було проведено розрахунок виходу круп пшеничних та підібране технологічне обладнання круп'яного заводу продуктивністю 100т/добу.

2. Розроблено технологічну схему круп'яного заводу.

РОЗДІЛ 5

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

5.1 Розрахунок виробничої програми підприємства

Розрахунок програми підприємства проводимо на основі головного асортименту продукції та по діючим оптовим цінам тони сировини, розраховані у певному співвідношенні. Коефіцієнт використання потужності становить 0,8.

Таблиця 5.1 - Розрахунок річного обсягу переробки сировини до змін технології.

Найменування продукції	Кількість календарних днів	Добова потужність, т	Коефіцієнт використання потужності	Фактичний добовий обсяг виробництва, т	Річний обсяг виробленої продукції, т
Продукція	305	100	0.8	80	24400

Після впровадження режимів технології у технологічну схему, під час лущення зерна відсоток битих зерен зменшився, а коефіцієнт використання потужності збільшився та становить 0.81.

Таблиця 5.2 - Розрахунок річного обсягу переробки сировини після змін технології.

Найменування продукції	Кількість календарних днів	Добова потужність, т	Коефіцієнт використання потужності	Фактичний добовий обсяг виробництва, т	Річний обсяг виробленої продукції, т
Продукція	305	100	0.81	81	24705

Можна зробити висновок що річний обсяг виробленої продукції виріс на $(24705-24400=305)$, 305 т і це суттєва економічна підтримка підприємства. Тим самим прибуток крупозаводу виріз на 2 653 500 грн , якщо взяти що одна тона зерна в Україні коштує 8700 гривень.

ВИСНОВКИ

Метою досліджень дипломної роботи було вивчення закономірностей утворення битих зерен в процесі луцення зерна пшениці.

На основі поставленої мети були сформульовані наступні висновки:

1.Будова та властивості зерна пшениці здійснюють вплив на процес луцення, що треба враховувати здійснюючи обробку зерна пшениці. Луцення зерна пшениці здійснюється в машинах із абразивними робочими органами. Процес луцення використовується в борошномельному та круп'яному виробництві при переробці зерна пшениці. Процес луцення є складним явищем, математичний опис якого відсутній, що ускладнює можливість його моделювання. На утворення битих зерен може впливати крупність зерен та швидкість обертання робочих органів луцильної машини.

2.Визначено показники якості досліджуваного зерна пшениці, які використані для опису впливу на процес луцення. Встановлено, що в процесі луцення скловидні, напівскловидні та борошністі зерна мають свої особливості руйнування, що відображається у характері утворених поверхонь руйнування. Вихід битих зерен пшениці при зміні тривалості обробки апроксимується лінійними залежностями. Крупні зерна пшениці за усіх інших однакових умов дають більший вихід битих зерен ніж дрібні зерна. Встановлено узагальнену емпіричну залежність між індексом луцення, крупністю та тривалістю луцення зерна пшениці. Показано, що вихід битих зерен лінійно збільшується зі збільшенням індексу луцення. Доведено, що вихід битих зерен збільшується при збільшенні швидкості обертання робочих органів луцильника при усіх інших однакових умовах. Вплив величини завантаження робочої камери луцильника на вихід битих зерен має складну криволінійну залежність.

3.Після усіх досліджень було розроблено технологічну схему виробництва при якій кількість битих зерен зменшився на 1%, а обсяг виробленої продукції виріс на 305 т на рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Верещинський, О. П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці : дис. докт. техн.. наук : 05.18.02 / Верещинський Олександр Павлович. – К. : 2013. – 270 с.
2. Гинзбург, М. Е. Технология крупяного производства. – 4-е изд., доп. и перераб. / М. Е Гинзбург. – М. : Колос. 1981. – 208 с.
3. Єремєєва, О. А. Технологічні процеси переробки зерна пшениці в борошно : моногр. / О. А. Єремєєва, Є. І. Харченко, В. В. Любич. – К. : ТРОПЕА, 2021. – 160 с.
4. Жигунов, Д. О. Технологія та оцінка якості зернових продуктів : монографія / Д. О. Жиганов, О. С. Волошенко, І. В. Брославцева та ін. : за ред.. д-ра техн.. наук Д. О. Жигунова, канд. техн. О. С. Волошенко. – Одеса : Вид-во ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 364 с.
5. Казаков. Е. Д. Зерноведение с основами растениеводства. Изд. 3-е. доп. и перераб. / Е. Д. Казаков. – М. : Колос. 1983. – 352 с.
6. Мерко, І. Т. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студ. вищ. навч. закладів / І. Т. Мерко, В. О. Моргун. – Одеса : Друк, 2001. – 348 с.
7. Осокіна, Н. М. технологія зберігання зерна з основами захисту від шкідників: навч. посіб. / Н. М. Осокіна, І. І. Мостов'як, О. П. Герасимчук та ін. – К. : ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2016. – 248 с.
8. Осокіна, Н. М. Якість та облік зерна за приймання, оброблення і зберігання: навч. посіб. / Н. М. Осокіна, І. І. Мостов'як, О. П. Герасимчук та ін. – К. : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. – 456 с.
9. Технологічне обладнання борошномельних і круп'яних підприємств : підручник / О. І. Гапонюк. Л. С. Солдатенко, Л. Г. Гросул та ін. ; під ред.. О. І. Гапонька і Л. С. Солдатенко. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. – 752 с.

10. Харченко, Є. І. Дослідження процесу лущення зерна люпину / Є. І. Харченко, А. В. Шаран, Н. П. Бондар // *Хранение и переработка зерна*, №2, 2013. – С. 39-41.
11. Харченко, Є. І. Лущення зерна ячменю / Є. І. Харченко, А. В. Шаран // *Хранение и переработка зерна*, №9, 2017. – С. 28-31.
12. Agarwal, S. (2019). On the mechanism and mechanics of wheel loading in grinding. *Journal of Manufacturing Processes*, 41. pp. 36-47.
13. Fares. C., Troccoli. A., Di Fonzo. N. (1996). Use of friction debranning to evaluate ash distribution in italian durum wheat cultivars. *Cereal Chemistry*, 73(2), pp. 232-234.
14. Kharchenko, Y., Sharan, A., Chorny, V., Yermeeva, O. (2018) Effect of technological properties of pea seeds and processing modes on efficiency of its dehulling. *Ukrainian Food Journal*. 7(4), 2018. pp. 589-604.
15. Sissons, M. J., Osborne, B. G., Hare, R. A., Sissons, S.A. (2000). Application of the single-kernel characterization system to durum wheat testing and quality prediction; *Cereal. Chem.*, 77(1), 4–10.
16. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»: (офіц. Текст: за станом на 25 лютого 1994 р.) / Верховна рада України. – Київ : Парламентське вид-во, 1994. – 298 с.
17. Закон України "Про охорону праці": (офіц. текст: за станом на 14 липня 1992р.) / Верховна рада України. – Київ : Парламентське видно, 1994. – 298 с.
18. Інструкція по визначенню виробничих потужностей діючих підприємств борошномельно-круп'яної, комбікормової та кукурудзо-обробної промисловості. // ДАК "Хліб України. – С. 23.
19. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. // Віпол. – 1998. – С. 162.

ДОДАТОК

Принципова схема технологічного процесу переробки пшениці в крупи

