

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Допущено до захисту

“ _____ ” _____ **2024 р.**

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Андрій ЧЕРНЕГА

(підпис)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КРУПОУТВОРЕННЯ ПРИ
ПОДРІБНЕННІ ЛУЩЕНОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ В ДРАНOMY
ПРОЦЕСІ**

Виконав – студент II курсу, групи 21 м-тз
освітньої програми «Технології зерна та
зернопродуктів»

спеціальності 181 «Харчові технології»

БОГАЧУК Роман Олександрович

Керівник – к. т. н., доцент

ЄРЕМЕЄВА Олена Анатоліївна

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА НА ЕФЕКТИВНОСТЬ КРУПОУТВОРЕННЯ В ДРАНOMУ ПРОЦЕСІ (огляд літератури).....	11
1.1 Структурні особливості і фізико-механічні властивості зерна пшениці ..	11
1.2 Морфологія, анатомія зерна пшениці, хімічний склад її частин.	11
1.3 Фізико-механічні властивості зерна пшениці і його анатомічних складових.....	14
1.3.1 Обробка поверхні зерна.....	16
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
2.1 Об'єкти і методи	19
2.2 Характеристика предмету досліджень	19
2.3 Об'єкти, експериментальна база і методи досліджень	19
2.3.1. Методика і прилади для оцінки ефективності технології подрібнення лущеного зерна.....	20
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	22
3.1 Ефективність лушення зерна і якість продуктів	22
3.2 Крупоутворення при подрібненні лущеного зерна	26
3.3 Скорочений процес збагачення	30
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	35
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	36
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	39
ВИСНОВКИ	42
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44
ДОДАТКИ	49

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ВТО – водотеплова обробка

др.с. – драна система

р.с. – розмельна система

др.кр.с. – драна крупна система

др.др.с – драна дрібна система

р.кр.с. – розмельна крупна система

р.др.с. – розмельна дрібна система

шл.с. – шліфувальна система

Сорт. – сортувальна система

В – ситовіальна система

Сход.с. – сходова система

Вим. – вимельна система

ВБЦ – віброцентрофугал

Вис. – висівки

Б.в.с.– борошно вищого сорту

Б.1с. – борошно першого сорту

Б.2с. – борошно другого сорту

Ман.кр. – крупи манні

Abstract

The author of the work is Roman Oleksandrovykh BOGACHUK. The topic of the work is "Increasing the efficiency of grain formation during grinding of husked wheat grain in the shredding process."

The technologies of grade bakery grinding of wheat with developed structures ensure a high degree of use of raw materials, however, their implementation is associated with the need to use a large number of various machines that form branched circuits of great length, which requires significant expenditure of resources for creation and operation. Reduction of structures by intensification of processing processes significantly reduces their length, the amount of equipment used, ensures resource savings and corresponds to global trends in the development of varietal milling of wheat. However, currently existing technologies do not have at their disposal methods of intensification of the processes of varietal bakery milling of wheat, capable of ensuring the reduction of their structures without reducing the degree of use of raw materials. One of the most prioritized ways of improving wheat bakery flour varieties should be considered the development and implementation in practice of methods of intensification of processes and reduction of structures, which maximally take into account the main formulated principles of ensuring the efficiency of flour mills.

The use of the technological operation of husking, as a preparation of grain for carrying out the WTO, changes the kinetics of water absorption and conditions new technological regimes of moistening and dehumidification, which provide the possibility of one-stage conditioning of the vast majority of wheat batches of domestic origin with an increase in humidity up to 6.0% and a decrease in the duration of dehumidification by 25%. A sharp decrease in the viability of the grain as a result of peeling determines the appropriate value of the index of grain peeling in preparation for the WTO, which does not exceed 3.0%.

Grinding of hulled grain is characterized by an increase in the quality of the obtained grain products, which is proportional to the value of the hulling index and an increase in the number of large and medium grains by 1.1...1.25 times at the expense of fine products. The energy consumption of grinding hulled grain is on average 30...50% lower than that of unhulled grain.

It has been proven that the implementation of wheat milling technology using husking helps to attract the potential of the aleurone layer to increase the biological value of flour.

ВСТУП

Актуальність теми. Хліб є основним і незамінним продуктом харчування для більшості людей Землі. В Україні близько 30 % раціону населення країни представлено хлібобулочними, борошняними кондитерськими і макаронними виробами, де основним компонентом є пшеничне хлібопекарське сортове борошно. Борошномельна промисловість нашої країни щорічно переробляє близько 3,5 млн т пшениці витрачаючи 300...350 млн кВт·год електроенергії. В той же час, дефіцит продовольства і енергії належить до найважливіших сучасних проблем людства. У таких умовах раціональне використання зерна на основі ресурсо і енергозберігаючих технологій є пріоритетом розвитку борошномельної промисловості.

Технології сортових хлібопекарських помелів пшениці з розвиненими структурами забезпечують високий ступінь використання сировини, проте їх реалізація пов'язана з необхідністю застосування великої кількості різноманітних машин, які утворюють розгалужені схеми великої протяжності, що вимагає значних витрат ресурсів на створення і експлуатацію. Скорочення структур шляхом інтенсифікації процесів переробки значно знижує їх протяжність, кількість використаного обладнання, забезпечує економію ресурсів і відповідає світовим тенденціям розвитку сортових помелів пшениці. Проте, нині існуючі технології не мають в розпорядженні методів інтенсифікації процесів сортових хлібопекарських помелів пшениці, здатних забезпечити скорочення їх структур без зниження ступеню використання сировини. Одним з найбільш пріоритетних шляхів вдосконалення сортових хлібопекарських помелів пшениці слід вважати розробку і впровадження в практику методів інтенсифікації процесів і скорочення структур, що максимально враховують основні сформульовані принципи забезпечення ефективності помелів.

Мета і завдання досліджень. Дослідити вплив лущення зерна пшениці перед І драною системою на кількість і якість круподунових продуктів.

Відповідно до поставленої мети визначені наступні завдання:

- науково обґрунтувати і вибрати пріоритетні напрями досліджень;
- всебічно дослідити і вивчити вплив лушення зерна пшениці на кількісно-якісні характеристики проміжних продуктів і борошна за вибраними напрямками досліджень;

Об'єкт досліджень – технології виробництва пшеничного хлібопекарського сортового борошна.

Предмет досліджень – зерно пшениці, продукти його переробки, технологічні процеси.

Методи досліджень – загальноприйняті, технологічні, математичні методи з використанням сучасних приладів і нових комп'ютерних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів. Подрібнення лушеного зерна характеризується підвищенням добротності отримуваних круподунових продуктів, що пропорційне величині індексу лушення та збільшенням кількості крупної і середньої крупок в 1,1...1,25 рази за рахунок мілких продуктів. Енергоємність подрібнення лушеного зерна в середньому на 30...50 % нижче, ніж не лушеного.

Доведено, що реалізація технології помелів пшениці з використанням лушення сприяє залученню потенціалу алейронового шару для підвищення біологічної цінності борошна.

Практичне значення отриманих результатів. Встановлено, що обробка кондиціонованого зерна в луцильно-шліфувальних машинах «Каскад» забезпечує необхідні значення індексу лушення, а також зниження зольності зерна при витратах електроенергії, що на 15...20 % менше в порівнянні з обробкою в машинах інших відомих конструкцій.

Встановлено, що технологічний процес крупоутворення при подрібненні лушеного зерна з використанням низьких режимів обробки може бути ефективно реалізований на двох і навіть на одній драних системах. При цьому, в порівнянні з традиційними режимами крупоутворення, забезпечується підвищення добротності проміжних продуктів.

Обробка в ситовіальних машинах крупних проміжних продуктів підвищеної доброти, що отримані в результаті подрібнення лущеного зерна, дозволяє за рахунок збільшення коефіцієнтів добутку проходових фракцій підвищити ефективність збагачення.

Апробація результатів. Основні результати роботи доповідались на всеукраїнській студентській науковій конференції приуроченої 160-річчю від дня народження видатного науковця у галузі біологічних наук, професора Й.К. Пачоського Уманського Національного Університету садівництва (УНУС, м. Умань, 2024 р).

Публікації. За результатами роботи опублікована одна теза доповіді наукової конференції.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку бібліографічних джерел (55 найменувань) та додатків. Робота викладена на 40 сторінках основного тексту, містить 8 рисунків та 4 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА НА ЕФЕКТИВНОСТЬ КРУПОУТВОРЕННЯ В ДРАНOMY ПРОЦЕСІ (огляд літератури)

1.1 Структурні особливості і фізико-механічні властивості зерна пшениці

Дослідження будови зерна, визначення його хімічного складу, вмісту харчових і кормових складових, оцінка його структурно-механічних і технологічних властивостей є основою вдосконалення технологічних процесів і обладнання, яке використовується при виробництві борошна, крупів і комбікормів.

Високий рівень досягнень в теорії і практиці переробки зерна обумовлений роботами вчених України і ближнього зарубіжжя Ликова, Л.Н. Любарського, Б.М. Максимчука, Е.М. Мельникова, І.Т. Мерко, В.О. Моргун, И.А. Наумова, Н.В. Роменського, П.П. Тарутіна, Л.А. Трисвятського, С.Д. Хусіда, [1-25], а також роботами вчених дальнього зарубіжжя Бакши, Беккера, Бурдета, Вісса, Фена, Фелерса, Графа, Пфоста, Кранка, Кента, Моргана, Руса, Стенверта, Шмідта, Шеферда, Торпа, Чірча [26-30] та інших.

1.2 Морфологія, анатомія зерна пшениці, хімічний склад її частин

Технологічні властивості пшениці, як будь-якої іншої зернової культури, значною мірою залежать від її морфології і анатомічної будови, що є визначальним в організації і проведенні технологічних процесів переробки.

Зернівка пшениці (рис. 1.1) є подовженої форми з опуклою однією з сторін (спинкою). Протилежна сторона зернівки (черевце) має повздовжню борозенку. Анатомічні складові зернівки пшениці включають оболонки, ендосперм і зародок, які характеризуються різними властивостями, хімічним складом,

харчовою і кормовою цінністю. Зернівка пшениці має дві оболонки: верхню – плодову і нижню – насіннєву.

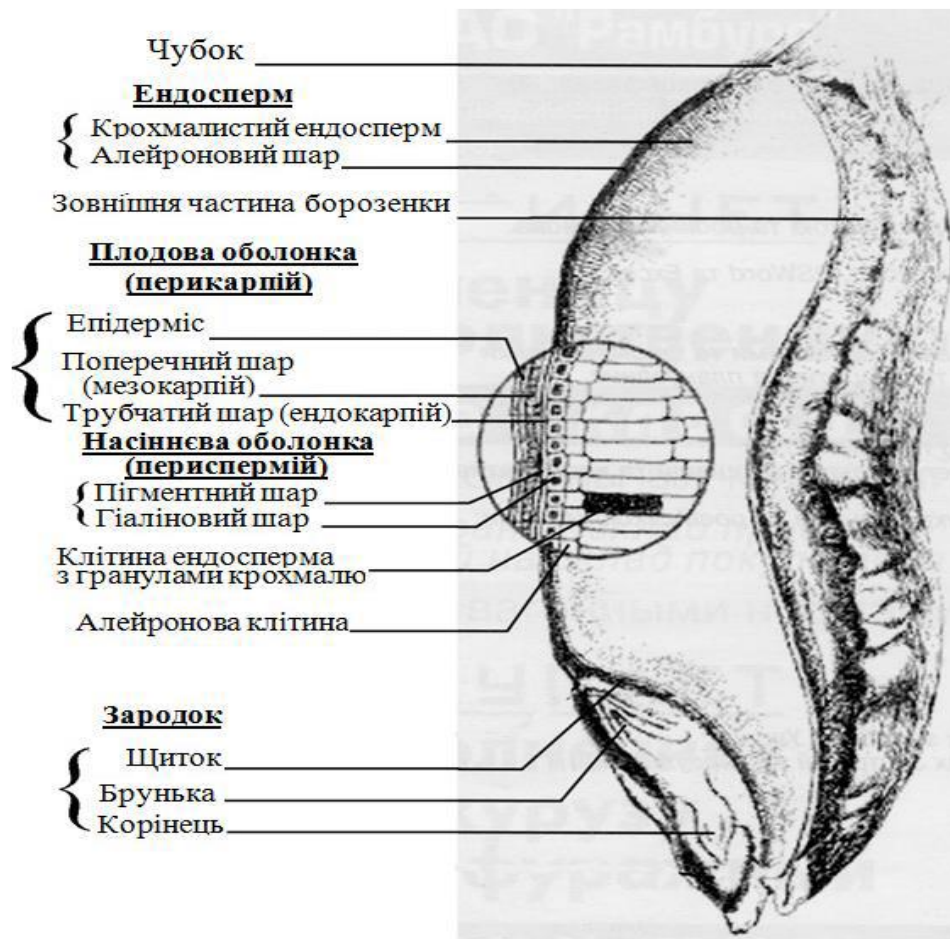


Рис. 1.1 Повздовжній розтин зернівки пшениці

Плодова оболонка (перикарпій) складається: з двох рядів подовжених клітин, розташованих уздовж зерна, верхній її ряд називають епідермісом; поперечного шару (мезокарпію), що складається з товстостінних, подовжених клітин, які лежать уперек зерна; трубчастого шару (ендокарпія), що складається з подовжених, трубчастих клітин, розташованих уздовж зерна. На верхівці зернівки з боку її тупого кінця нарости епідермісу утворюють чубок (борідка).

Насіннєва оболонка (периспермій) складається з трьох шарів. Перший і другий шари утворені подовженими клітинами з тонкими стінками. Перший шар прозорий, він щільно зростається з другим (пігментним), який містить фарбувальні речовини. Третій шар (гіаліновий) має непрозорі клітини, що набухають.

Внутрішня частина зернівки (ендосперм) складається з великих тонкостінних клітин різноманітної форми, заповнених крохмальними зернами, розділеними білковими прошарками. Зовнішній шар ендосперму (алейроновий шар), прилеглий до насінневої оболонки утворений рядом крупних клітин, багатих поживними речовинами, ферментами і вітамінами [38, 39, 41].

Зародок пшениці, розташований на гострому кінці зернівки, утворений дрібними клітинами, містить значну кількість жирів, цукрів і вітамінів [39]. У зародку розрізняють бруньку, зачатковий корінець і щиток. Щиток щільно прилягає до ендосперму і служить органом, через який поживні речовини ендосперму при проростанні зернівки надходять у зародок [41].

На основі аналізу матеріального балансу, поданого різними авторами [2, 14, 16, 25, 29-31], встановлено, що співвідношення анатомічних частин зернівки пшениці знаходиться в наступних межах: ендосперм – 77,0...85,0 %; алейроновий шар – 5,2...8,9 %; зародок – 1,4...4,2 %; плодова і насіннева оболонки – 5,5...11,2 %. Дані Н.П. Козьміної, отримані з використанням гравіметричного розділення, дозволили з великою достовірністю уточнити вказані величини: ендосперм – 77,0...80,0 %; алейроновий шар – 6,8...8,8 %; зародок – 1,5...3,0 %; плодова і насіннева оболонки – 5,5...8,0 %.

Узагальнюючи результати, отримані різними авторами, Н.В. Роменський показав, що вміст плодових оболонок в зерні пшениці складає 3,0...6,5 %, а насінневих 1,10...3,54 %. Дослідженнями П.П. Тарутіна і М.Я. Зіцермана [40] встановлено, що кількість плодових оболонок для різних сортів пшениці змінюється в межах 3,34...5,35 % від маси зерна, при цьому повздовжні шари клітин складають 2,81...4,65 %, а поперечні шари – 0,53...0,73 %. Наведені дані підтверджуються роботою Б. Томаса і Х. Абдо [26], в якій показано, що у зерна пшениці шари повздовжніх клітин складають 4,34...4,38 %, у тому числі, частина, яка оточує зерно – 3,55...3,68 % і борозенка з лінією судинних пучків, яка дуже важкодоступна для обробки, – 0,70...0,79 %.

Товщина плодових оболонок залежить від сортових особливостей пшениці і змінюється в межах 20...66 мкм [29, 32-35]. Анатомічні частини зернівки

пшениці характеризуються також різним вмістом мінеральних речовин, які мають велике значення для нормального функціонування організму людини. Основна частина золотворюючих елементів знаходиться в алейроновому шарі – 56,4...58,7 % від їх загальної маси, в ендоспермі – 21,9...25,9 % і лише 8,6...9,8 % в плодових і насінневих оболонках [16, 26].

Між окремими частинами зернівки пшениці аналогічно золо утворюючим елементам розподіляються і вітаміни. За даними Кента [27] значна частка усіх біологічно активних речовин, у тому числі 82 % вітамінів РР, знаходиться в алейроновому шарі. Ендосперм містить 43 % вітамінів В₃ і 32 % вітамінів В₂. У оболонках вміст вітамінів незначний: В₁ – 1 %, В₂ – 5 %, РР – 4 %, В₃ – 9 %, В₆ – 12 % від їх загальної кількості в зерні. Зародок пшениці, як і інших культур, містить значну кількість жирів, цукрів, вітамінів і має високу харчову цінність.

Будова зерна пшениці, масовий вміст його анатомічних частин, хімічний їх склад і розподіл основних хімічних компонентів визначають технологічний процес виробництва хлібопекарського сортового борошна і є найважливішими чинниками у виборі підходів до реалізації помелів. У відповідності до мети сортових хлібопекарських помелів, що полягає у вилученні в борошно максимальної кількості ендосперму в найбільш чистому вигляді, найбільш доцільним підходом до реалізації сортових помелів є послідовне звільнення зерна від оболонок з подальшим подрібненням в борошно його ендосперму.

1.3 Фізико-механічні властивості зерна пшениці і його анатомічних складових

Відповідно до концепції В.Ф. Раздорського і згідно з дослідженнями Я.Н. Купріца [22] цілісне зерно є деякою природною спорудою, що має досить міцний каркас еліпсоїдної форми, армований найміцнішою анатомічною частиною зерна – оболонкою. При створенні зовнішніх зусиль каркас поводить як монолітна конструкція.

У роботі [9] В.Я. Гіршсон показав, що опір руйнуванню цілого зерна як комплексної конструкції вище, ніж ендосперму і нижче міцності оболонок. Значення руйнівної напруги зерен пшениці різної склоподібності при стискуванні складають 1,4...5,8 МН/м², при розтягуванні 1,3...2,3 МН/м², при зминанні 0,6...1,3 МН/м² і зрізі 0,4...0,9 МН/м². Наведені дані вказують на значну мінливість міцності зерна залежно від виду деформацій і структурних його властивостей. Залежно від вологості зерно пшениці набуває властивість пружно-пластичного або пластичного тіла. За даними В.П. Малаховцева [57] при вологості 12 % зерно поводить себе, як крихкий матеріал, а при вологості 17 % спостерігається розвиток пластичних деформацій, що становлять 40 % від їх повного значення.

Дослідженнями З.Д. Гончарової [37] деформаційних властивостей зерна м'якої ярової пшениці після ВТО було встановлено, що при вологості 12,5 % і 15,5 % усереднене співвідношення пружної і пластичної фаз складало 44 %, 56 % і 29 %, 71 %, це свідчить про значний вплив зволоження на його пластичні властивості.

Разом з вологістю і температурою на пружно-кінетичні властивості зерна пшениці значно впливає швидкість наростання деформації. При подрібненні зерна у вальцових верстатах, в результаті значної відносної швидкості робочих органів, тривалість руйнування дуже мала і в зерні не встигають зруйнуватися міжмолекулярні зв'язки, релаксуватися пружні напруги і розвинутих пластичні деформації [38]. Тому зерно поводить себе, як пружно-крихке тіло. Дослідженнями Я.Н. Купріца [22] і Е.П. Козьміної [20] встановлено, що збільшення вологості склоподібної пшениці з 10 до 19 % призводить до зменшення мікротвердості її оболонок з 62,5 до 25,7 МН/м², а ендосперму з 156,5 до 63,5 МН/м². Для борошністої пшениці – відповідно, оболонок з 57,0 до 27,6 МН/м², а ендосперму з 82,5 до 38,6 МН/м². Для повністю склоподібної пшениці і пшениці склоподібністю 15 % мікротвердість ендосперму складала, відповідно, 156,5 МН/м² і 71,5 МН/м².

Дослідженнями С.Д. Хусіда [39] структурно-механічних властивостей зерна твердої пшениці і його покривних тканин при різних режимах зволоження встановлено, що мікротвердість ендосперму вологістю 9...11 % в два і більше рази вище, ніж оболонки. Для зерна м'якої пшениці ці показники приблизно рівні. При підвищенні вологості оболонки до 17...20 % і ендосперму до 25 % для зерна твердої і м'якої пшениці мікротвердість стає приблизно однаковою. Пониження температури зерна з 19 °С до 4 °С призводить до зростання мікротвердості оболонки і ендосперму, що сприяє підвищенню їх крихкості і є небажаним при переробці зерна.

Проведений аналіз фізикофізико-механічних властивостей зерна пшениці і його анатомічних складових показує значну мінливість їх міцності залежно від виду деформацій і структурних властивостей зерна, що слід враховувати при підготовці і проведенні розмелу зерна у рамках реалізації сортових хлібопекарських помелів. На підставі існуючих даних слід припустити, що порушення цілісності оболонки зерна сприяє зниженню його міцності до величин, сумірних з міцністю ендосперму. Вказана зміна міцності сприяє підвищенню вибіркової подрібненості зерна, що відповідає меті сортових хлібопекарських помелів.

1.3.1 Обробка поверхні зерна. У процесах обробки лушенням розрізняють «сухе» і «мокре» лушення, а також лушення зволоженого зерна.

Спосіб мокрого лушення реалізується шляхом стирання зерна об лускату ситову поверхню при безпосередній подачі води в зону обробки. Витрати води складають 0,2...0,3 м³ на 1 тонну обробленого зерна [10], кількість відокремлених оболонок – 0,1 % при збільшенні вмісту подрібнених зерен – до 1,0 %. З перелічених вище причин такий спосіб обробки не може визнаватися ефективним і нині використовується рідко.

Сухе лушення припускає обробку зерна без попередньої зміни його вологості і успішно застосовується при виробництві різних крупів. Лушення зволоженого зерна передбачає його обробку після зволоження і різних

періодах відволожування. Існуючі рекомендації по організації і веденню процесів виробництва борошна [45] згадують, метод «не мокрого» лушення, але не вказують шляхи його реалізації в помелах пшениці. Нині на існуючих борошномельних заводах сухе лушення і лушення зволоженого зерна не застосовується. Дані процеси лушення висвітлені лише в науковій і науково-практичній літературі, причому в основному стосовно лушення зволоженого зерна. Проте, засобів реалізації такого методу промисловістю не випускається і практичних рекомендацій по його впровадженню не існує.

Не зважаючи на відмінність способів реалізації, численні дослідники, які вивчали вплив лушення зерна пшениці на результати сортових хлібопекарських помелів єдині у своїх висновках: лушення завжди призводить до значного збільшення виходу борошна і в основному за рахунок борошна високих сортів [12].

Дослідами встановлено, що при зволожуванні зерна після лушення поширення вологи в зерно відбувається в коротший термін. Розмел лушеного зерна при одній і тій же відстані між вальцями і навантаженні призводить до підвищення загального добутку продукту приблизно на 10 % в порівнянні з розмелом не лушеного зерна, що сприяє скороченню технологічного процесу. Автори роблять висновок про те, що лушення зерна полегшує його розмел. Відзначається, що лушення зерна сприяє поліпшенню якості борошна і його хлібопекарських властивостей. При сортових помелах вихід сіяного борошна підвищився в 1,5...2,0 рази при збереженні загального виходу, а також покращала якість як сіяного, так і обдирного борошна. При обдирних і обойних помелах зі збереженням виходу борошна встановлено підвищення його якості. Продуктивність борошномельних заводів при впровадженні лушення підвищилася на 20...30 %.

Одним з шляхів інтенсифікації подрібнення в розмельному процесі є використання машин ударної або ударно-стираючої дії [11, 40]. Застосування вказаних машин можливе за двома напрямками – шляхом заміни вальцьових верстатів або шляхом використання спільно з вальцьовими верстатами.

Результати існуючих досліджень підтвердили, що розмельний процес можна інтенсифікувати, використовуючи машини ударної і ударно-стираючої дії, при цьому хлібопекарські властивості борошна у ряді випадків навіть покращуються [40-55].

Таким чином, наведені вище відомості показують, що лушення зерна в машинах з абразивним ротором супроводжується ефектом очищення зернової маси від домішок, серед яких і ті, що важко відділяються. Виявлена ефективність очищення може дозволити розглядати лушення, як один з способів очищення при підготовці зерна до розмелу.

Закономірності крупоутворення досконально вивчені відносно зерна, що зберігає цілісність оболонок в процесі підготовки до подрібнення. Виходячи з цього, необхідні технологічні вимоги на етапі крупоутворення забезпечуються, головним чином, за рахунок високих режимів подрібнення, що дозволяють вести ощадну («м'яку») обробку, а це пов'язано з необхідністю збільшення кількості систем подрібнення, збільшенням довжини вальцової лінії і як наслідок – із зростанням витрат енергії. Для практичного використання процесу подрібнення лушеного зерна необхідно вивчити його закономірності, а також визначити раціональні режими проведення.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкти і методи

Об'єктом досліджень є технологія лушення зерна пшениці та підвищення ефективності крупоутворення при подрібненні лушеного зерна пшениці м'якої в драному процесі

2.2. Характеристика предмету досліджень

Технологія лушення обумовлює направлену зміну структури, хімічного складу та фізико-механічних властивостей зерна, що забезпечує інтенсифікацію більшості технологічних процесів розмельного етапу та зниження його ресурсо- і енергоємності.

2.3. Об'єкти, експериментальна база і методи досліджень

Об'єктом даних досліджень є зерно пшениці [40], з показниками якості, близькими до рекомендованих для передачі на борошномельні заводи [38], борошно [39], висівки [41], інші побічні та проміжні продукти переробки, процеси, режими і технологія виробництва сортового хлібопекарського борошна [42].

Показники якості зерна і продуктів його переробки визначали за стандартними методиками [47-54]: ГОСТ 13586.3-83 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб», ГОСТ 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержание мелких зерен и крупности; содержание зерен пшеницы, поврежденных клопом—черепашкой; содержание металломагнитной примеси», ГОСТ 10840-64 «Зерно. Методы определения натурности», ГОСТ 10987-76 «Зерно. Методы определения стекловидности», ГОСТ 13586.5-93 «Зерно. Метод определения влажности», ГОСТ 10847-74 «Зерно. Методы определения зольности», ГОСТ 13586. 1-68 «Зерно. Метод определения количества и качества клейковины в пшенице»,

ГОСТ 10968-88 «Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания», ГОСТ 30498-97 «Зерновые культуры. Определение числа падения», ГОСТ 27668-88 «Мука и отруби. Методы отбора проб», ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности», ГОСТ 27494-87 «Мука и отруби. Метод определения зольности», ГОСТ 27560-87 «Мука. Метод определения крупности», ГОСТ 27839-88 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины».

2.3.1. Методика і прилади для оцінки ефективності технології подрібнення лущеного зерна. Для оцінки закономірностей подрібнення зерна був розроблений і виготовлений лабораторний вальцовий верстат (рис 2.1), який дозволяє при варіюваних вхідних параметрах, що включають якість і умови підготовки зерна, кінематичні, геометричні характеристики робочих органів і умови навантаження їх робочої зони визначити потужність приводу, що витрачається на подрібнення N_p , а також отримати продукти подрібнення для подальшого визначення їх фракційного складу і характеристик якості.

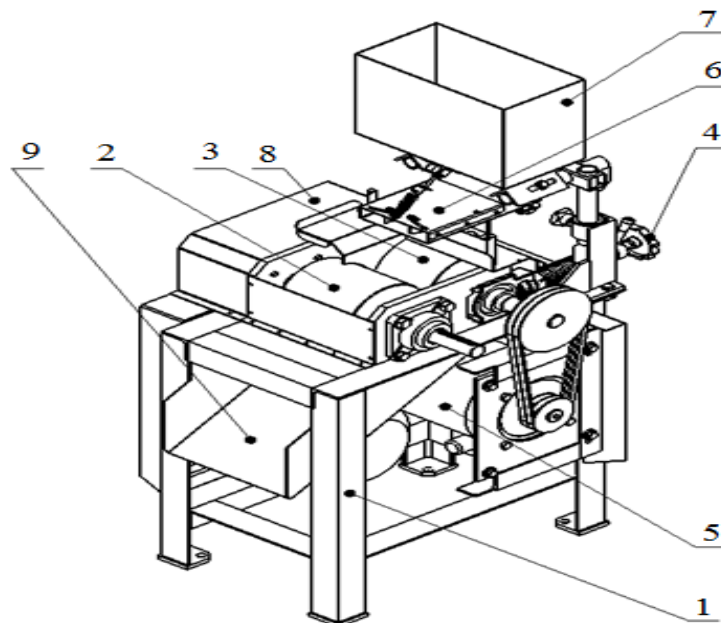


Рис. 2.1 Лабораторний вальцовий верстат

Конструкція вальцового верстата включала станину 1 на якій в підшипникових опорах горизонтально встановлена пара вальців 2 і 3. Валець 2

встановлений на нерухомих опорах, а валок 3 – на опорах в направляючих, що забезпечило можливість його переміщення в горизонтальній площині. Переміщення вальця 3 здійснювалося двома ідентичними механізмами 4 регулювання міжвальцьового зазору, встановленими з протилежних його кінців. Привід кожного з вальців здійснювався незалежно двома електродвигунами 5 через клинопасові передачі. До станини 1 закріплений вібраційний живильник 6 з бункером вихідного зерна 7. Над вальцями 2 і 3 встановлені захисні кожухи 8, а під ними – збірний лоток 9.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Для реалізації прийнятої програми досліджень визначені об'єкти, експериментальна база і методи досліджень, а також вибрані і наведені загальноприйняті методики, які дозволяють достовірно визначити необхідні показники.

Для дослідження закономірностей технології лушення зерна і його очищення в процесі лушення, оцінки життєздатності, водопоглинальної здатності і кінетики відволожування лушеного зерна, закономірностей подрібнення лушеного зерна розроблені спеціальні методики і апаратура для їх реалізації.

З метою забезпечення достовірності результатів дослідів вибрані методи їх математико-статистичної обробки.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Ефективність лушення зерна і якість продуктів

Як відомо, основні закономірності процесів лушення зерна в луцильно-шліфувальних машинах з абразивними роторами теоретично були обґрунтовані в роботах багатьох авторів [45-55]. Проте, складність визначення цілого ряду величин, які входять до складу аналітичних виразів не дозволяє застосувати їх на практиці. Тому, прикладні завдання вдосконалення технології лушення і використання в сортових хлібопекарських помелах пшениці вимагають уточнення ряду закономірностей дослідним шляхом.

Анатомічні особливості будови зерна пшениці обумовлюють міцні зв'язки між усіма оболонками зерна, а також між оболонками і ендоспермом. З урахуванням цього, найбільш ефективним методом лушення зерна пшениці є стирання і зсув, що забезпечується обробкою в луцильно-шліфувальних машинах з абразивними роторами (розділ 2). Такі машини декілька десятиліть на багатьох підприємствах успішно використовуються для лушення зерна різних культур при переробці в крупи. Проте, не зважаючи на це, відомості про властивості і особливості взаємодії із зерном абразивних інструментів, що утворюють робочі органи луцильно-шліфувальних машин, в існуючій літературі відсутні, що перешкоджає їх раціональному використанню і удосконаленню. Тому, на початку досліджень технології лушення зерна в машинах з абразивними роторами доцільно визначити характеристики абразивних інструментів, що можуть бути використані, а також вивчити особливості їх взаємодії із зерном в процесі лушення.

Виходячи з існуючого досвіду створення і експлуатації луцильно-шліфувальних машин, в якості їх абразивних роторів найбільш прийнятним є використання шліфувальних кругів прямого профілю (Тип 1) на керамічній в'язці з різними зовнішніми діаметрами, які серійно випускаються

промисловістю [52, 55]. Нормативною документацією передбачені різні характеристики матеріалу таких кругів, до яких відносяться марка шліфувального зерна, зернистість (тобто крупність шліфувального зерна), твердість круга і номер структури круга (ступінь зближення шліфувальних зерен).

Контакт зерен з робочою поверхнею шліфувальних кругів носить короткочасний характер. Очевидно, що при цьому, радіально спрямовані складові сил взаємодії переважають над їх складовими, спрямованими по дотичній до робочої поверхні ротора. Потужність приводу $N_{\text{л}}$, яка витрачається на реалізацію такого режиму, вкрай не значна і знаходиться в межах значень холостого ходу пристрою. Розглянутий режим не забезпечує ефективного лушення і не може бути рекомендований до практичного використання.

На рис. 3.1 наведені графіки залежності індексу лушення k від маси початкового зразка $M_{\text{вих}}$, визначені для кругів з різними характеристиками матеріалу при роботі в різних умовах. Ділянка кожної кривої, що виконана переривчастою лінією, характеризує неефективний режим лушення, а ділянка, позначена суцільною лінією, відповідає ефективному режиму лушення. Кінцеві точки кривих відповідають максимально можливим значенням $M_{\text{вих}}$ діапазону ефективного режиму лушення за яким слідує аварійне заклинювання ротора. Виходячи з можливих режимів взаємодії робочої поверхні шліфувальних кругів із зерном, подальші дослідження виконували в режимі, визнаному ефективним.

В результаті досліджень встановлено, що в процесі експлуатації шліфувальних кругів характер їх робочих поверхонь може змінюватися, що пов'язано з наявністю ефекту самозагострювання, схожого за своєю природою з самозагострюванням при шліфуванні металів. Наявність ефекту самозагострювання і його інтенсивність залежать від характеристик матеріалу кругів і умов їх роботи, що визначають величину і характер силових взаємодій. Так, після правки робоча поверхня шліфувальних кругів характеризується мікрошорсткістю, обумовленою розмірами шліфувальних зерен (зернистістю) і ступенем їх зближення, що задано номером структури. Проте, в процесі

самозагострювання на робочих поверхнях кругів утворюються і розвиваються нерівності, що перевищують лінійні розміри шліфувальних зерен і величини відстаней, заданих структурою кругів.

При лущенні зерна, робочі поверхні шліфувального круга зазнають багатократний розрізнений вплив зернівок, що призводить до розхитування і відділення окремих шліфувальних зерен та їх агломератів, з утворенням нової поверхні агломератами, прикріпленими до круга. Таким чином, характер взаємодії зерна з робочою поверхнею кругів визначається не окремими абразивними зернами, які утворюють рівну поверхню, як при шліфуванні металів, а їх агломератами, що створюють макрошорсткість.

Вказана властивість є основною особливістю самозагострювання шліфувальних кругів і їх роботи при лущенні зерна. За відсутності ефекту самозагострювання шліфувальні зерна робочої поверхні втрачають здатність до різання (затуплюються) без подальшого відділення від кругів.

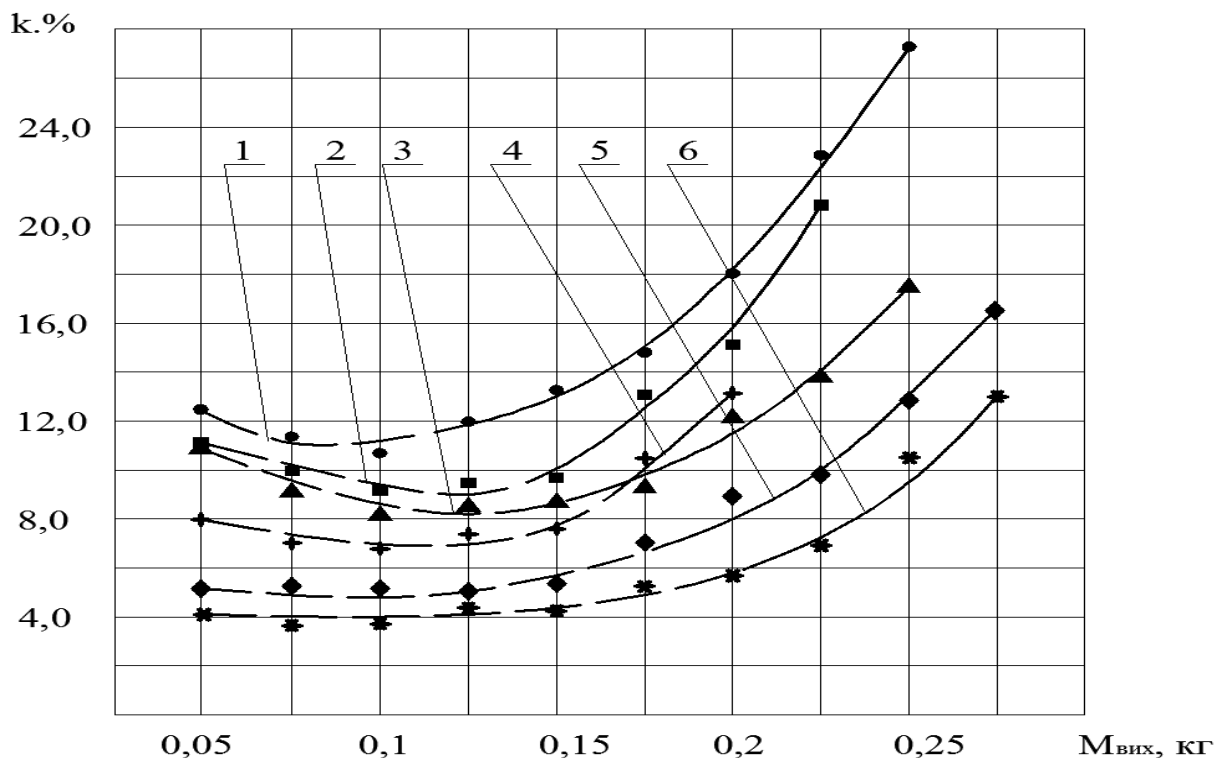


Рис 3.1 Графіки залежності індексу лущення k від маси вихідного зразка $M_{\text{вих}}$ за тривалість обробки $t = 100$ с: 1 – F46 14A CM1, $V_p = 17$ м/с, $W = 12,4$ %; 2 – F46 14A CM1, $V_p = 17$ м/с, $W = 16,9$ %; 3 – F60 25A CM1, $V_p = 17$ м/с, $W =$

12,4 %; 4 – F60 25A CM1, $V_p = 17$ м/с, $W = 16,9$ %; 5 – F46 14A CM1, $V_p = 11$ м/с, $W = 12,4$ %; 6 – F60 14A CM1, $V_p = 11$ м/с, $W = 12,4$ %

В умовах відсутності регенерації робочої поверхні круги втрачають працездатність з припиненням процесу лушення. З причини відсутності практичної цінності вивчення особливостей взаємодії шліфувальних кругів із зерном поза умовами самозагострювання є недоцільним. На рис. 3.3 наведені графіки залежності потужності приводу N_l від тривалості лушення t , що також отримані при різному терміні напрацювання кругів T . Зі зростанням терміну напрацювання кругів потужність приводу, що витрачається, підвищується (криві 1 і 2) стабілізуючись після закінчення певного періоду (криві 3 і 4).

Період стабільної роботи кругів закінчується періодом зниження працездатності і повною її втратою в результаті зносу, що характеризується зміною початкового профілю їх робочих поверхонь і зменшенням діаметру до критичних значень.

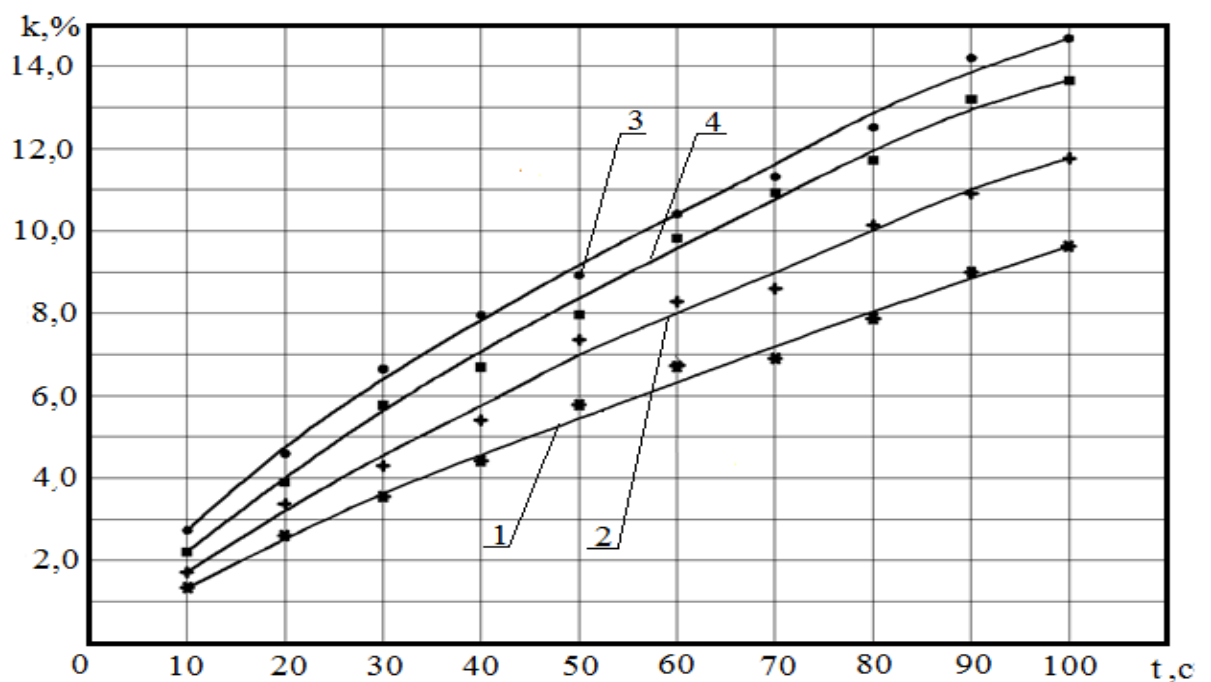


Рис. 3.2 Графіки залежності індексу лушення k від тривалості лушення t :
 Марка шліфувального матеріалу 25A F60 CM1; $M_{вих} = 0,25$ кг; $V_p = 11,0$ м/с. 1 – T_1 , 2 – T_2 , 3 – T_3 , 4 – T_4 ; $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$

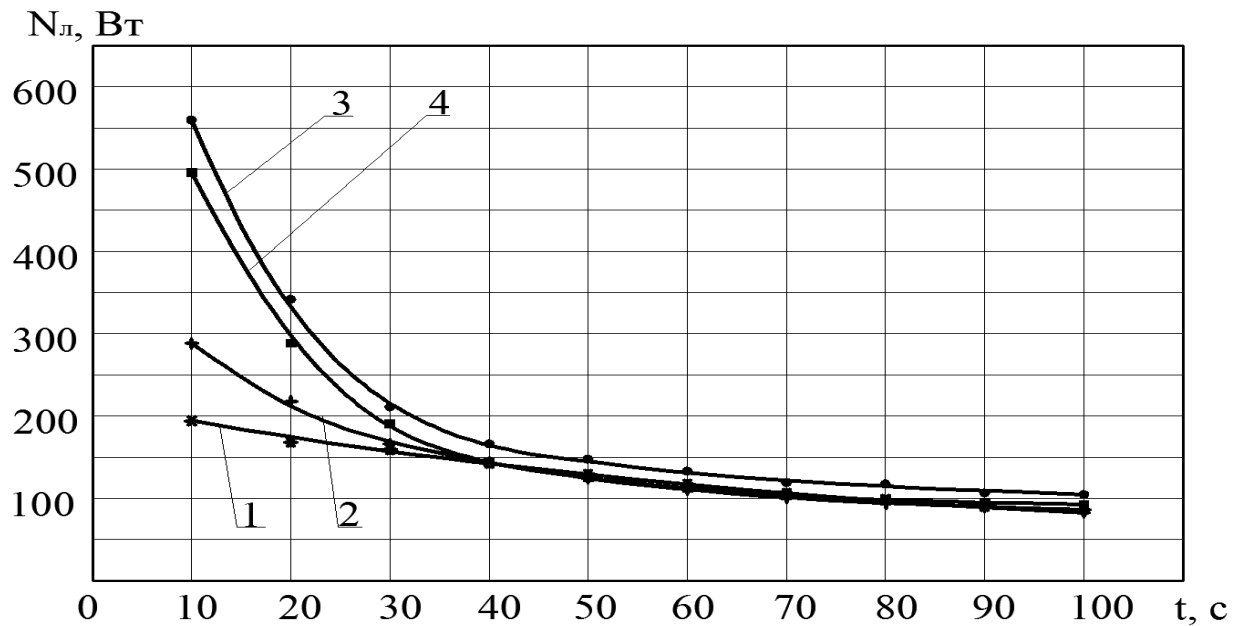


Рис. 3.3 Графіки залежності потужності приводу $N_{л}$ від тривалості лушення t : Марка шліфувального матеріалу 25A F60 CM1; $M_{вих} = 0,25$ кг; $V_p = 11,0$ м/с. 1 – T_1 , 2 – T_2 , 3 – T_3 , 4 – T_4 ; $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$

Встановлено, що тривалість визначених вище періодів, ресурс і кількісні показники роботи шліфувальних кругів залежать від інтенсивності процесу самогострювання. Вказані властивості шліфувальних кругів визначаються їх твердістю і зернистістю, а також залежать від марки шліфувального зерна.

3.2 Крупоутворення при подрібненні лущеного зерна.

Особливості подрібнення лущеного зерна вивчали у виробничих умовах низьких режимів драного процесу. Метою випробувань було визначення можливості і ефективності реалізації усього процесу крупоутворення на одній і двох системах при подрібненні лущеного зерна.

Технологічна схема драного процесу із забезпеченням загального добутку 73,4 % на I драні системі, реалізована на борошномельному заводі продуктивністю 30 т/добу АП «Протос» ТОВ (м. Овідіюполь, Одеська обл.) і наведена на рис. 3.4. Відповідний кількісно-якісний баланс драного процесу наведено в табл. 3.1. Аналіз кількісно-якісних показників проміжних продуктів, що отримані на I драній системі показав, що основна частина проміжних

продуктів характеризується досить високою добротностю, що дозволяє подальше їх подрібнення з отриманням борошна високої якості. В той же час, отриманим в значній кількості крупним крупкам (18,8 %) характерна висока зольність, що вимагає вирішення задачі їх збагачення. У зв'язку з цим, в першу групу сит секції розсійника I драної системи були встановлені сита з розмірами отворів 800 мкм, що дозволило високозольну частину крупної крупки направити на подальше подрібнення в драному процесі.

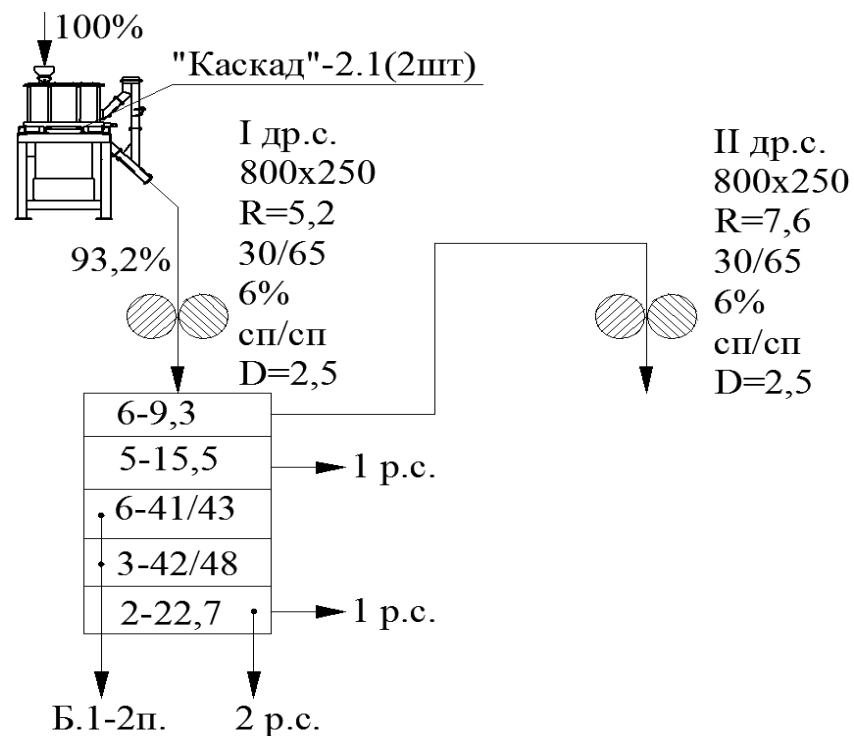


Рис. 3.4 Технологічна схема драного процесу із забезпеченням загального добутку 73,4 % на I драній системі

Таким чином, на I драній системі було добуто: крупної крупки – 7,1/0,8; середньої крупки – 14,1/0,73; дрібної крупки – 10,5/0,67; дунстів – 13,2/0,57; борошна – 11,4/0,55. Загальна кількість проміжних продуктів склала 44,9 % з середньозваженою зольністю 0,66 %. На II драну систему було спрямовано 37,0 % сходового продукту середньозваженою зольністю 2,22 %. При обробці вказаного продукту на вальцьовому верстаті II драної системи було отримано 8,5 % борошна з відносно низькою зольністю, дунсти високої зольності, а також продукти інших фракцій, що утворені оболонками.

Таблиця 3.1

Кількісно-якісний баланс драного процесу із забезпеченням загального добутку 73,4 % на I драній системі. (у % до навантаження на лушильно-шліфувальні машини)

Продукт	Після верстата I др.с.		Перед верстатом II др.с.		Після верстата II др.с.	
	Кількість, %	Зольність, %	Кількість, %	Зольність, %	Кількість, %	Зольність, %
Схід 1,0	19,9	2,68	19,9	2,68	6,9	4,05
Крупна крупка	18,8	1,56	11,7	2,02	5,7	3,62
Середня крупка	17,1	0,79	3,0	1,1	6,2	2,49
Дрібна крупка	11,9	0,62	1,4	0,77	1,0	2,4
Дунст	13,4	0,58	0,2	1,26	8,7	1,2
Борошно	12,2	0,57	0,8	0,85	8,5	0,64

Отримані результати при розглянутій організації і режимах подрібнення дозволяють вважати I драну систему крупоутворюючою, а II драну систему - вимельною. Подальше (додаткове) подрібнення отриманих на вальцьовому верстаті II драної системи продуктів з урахуванням їх якості доцільно проводити у межах вимельного процесу.

Технологічна схема драного процесу із забезпеченням загального добутку 42,0 % на I драній системі, реалізована на борошномельному заводі продуктивністю 60 т/добу ТОВ «База МТЗ АПК» (Київська обл.) і наведена на рис. 3.5. Відповідний кількісно-якісний баланс драного процесу наведений в табл. 3.2.

Аналіз даних табл. 3.2 показує, що крупоутворюючий процес, який реалізовується низькими режимами подрібнення лущеного зерна на двох системах, характеризується задовільними показниками. Загальний добуток проміжних продуктів склав 54,3 % з середньозваженою зольністю 0,96 %.

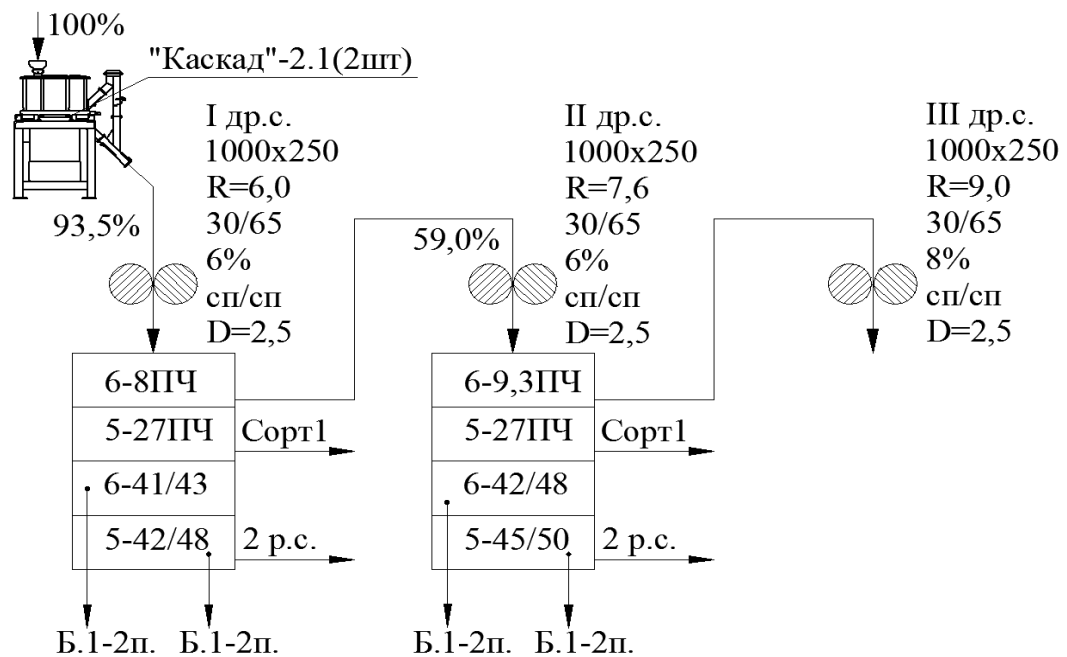


Рис. 3.5 Технологічна схема драного процесу із забезпеченням загального добутку 42,0 % на I драні системі

Таблиця 3.2

Кількісно-якісний баланс драного процесу із забезпеченням загального добутку 42,0 % на I драній системі (у % до навантаження на лушильно-шліфувальні машини)

Продукт	Після верстата I др.с.		Перед верстатом II др.с.		Після верстата II др.с.		Перед верстатом III др.с.		Після верстата III др.с.	
	Кількість, %	Зольність, %	Кількість, %	Зольність, %	Кількість, %	Зольність, %	Кількість, %	Зольність, %	Кількість, %	Зольність, %
Схід 1,0	51,4	1,64	51,4	1,64	15,3	2,92	15,3	2,92	7,2	4,5
Крупна крупка	20,2	1,04	5,0	1,2	9,2	1,40	5,7	1,52	4,8	2,19
Середня крупка	6,8	0,92	1,8	1,1	11,1	1,20	2,2	1,96	3,7	2,07
Дрібна крупка	6,9	0,75	1,3	0,81	11,4	0,90	1,6	1,82	1,0	1,90
Дунст	3,1	0,68	-	-	3,3	0,54	0,1	1,86	3,0	1,20
Борошно	5,0	0,65	0,4	0,72	9,6	0,65	0,4	0,90	5,6	1,00

При цьому отримали: крупної крупки – 18,7/1,03; середньої крупки – 13,9/0,96; дрібної крупки – 15,4/0,74 і дунстів – 6,3/0,59. Крім того, на I і II

драних системах було отримано 13,8 % борошна середньозваженою зольністю 0,64 %. Результати роботи III драної системи дозволяють стверджувати, що ця система функціонує як вимельна і вимагає додаткової інтенсифікації процесів вимелу оболонкових частинок.

Перевірка ефективності подрібнення лушеного зерна у виробничих умовах борошномельних заводів різної продуктивності підтвердила доцільність скорочення числа крупоутворюючих систем за рахунок використання низьких режимів подрібнення.

3.3 Скорочений процес збагачення.

Ефективність скороченого процесу збагачення вивчали на обробці в ситовіальних машинах крупних і середніх крупок підвищеної доброти, утворених в драному процесі при подрібненні лушеного зерна на борошномельному заводі продуктивністю 60 т/добу ТОВ «База МТЗ АПК» (Київська обл.) з подібними структурами підетапу збагачення. Зокрема, технологічна схема процесу збагачення і його характерні кількісно-якісні показники на борошномельному заводі наведені на рис.3.6.

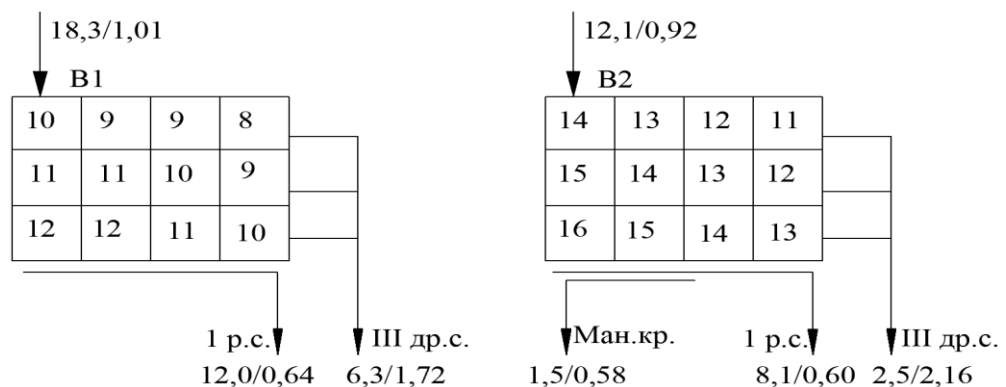


Рис. 3.6 Технологічна схема підетапу ситовіального збагачення

Аналіз наведених даних показує, що при збагаченні крупних крупок коефіцієнт добутку прохідного продукту склав 65,5 %, що на 12,0...13,0 % перевищує значення цього показника в помелах, реалізованих за типовою структурою з розвиненим процесом збагачення [40]. При збагаченні середніх

крупок коефіцієнт добутку прохідового продукту склав 79,3 %, що також дещо перевищує середні показники при проведенні помелів за традиційними технологіями. При цьому, значення середньозваженої зольності прохідових і сходових продуктів при обробці крупних і середніх крупок характеризують задовільну ефективність збагачення за якістю розділення. За результатами збагачення отримані прохідові фракції направляли на 1 розмельну систему, а сходові – в драний процес. У разі необхідності з середньої крупки виділяли крупи манні у кількості 1,5 %.

Скорочення і спрощення структур сортових хлібопекарних помелів пшениці, пропонуване в даній роботі, засновано на використанні ефекту зміни комплексу технологічних властивостей зерна, що викликається його лушенням. Підготовка зерна до розмелу з використанням лушення дозволяє значно зменшити вміст в зерновій масі домішок, скоротити кількість етапів і час ВТО, а також знизити характеристики міцності зерна і питомий вміст оболонок. Попереднє лушення забезпечує можливість подрібнення зерна в драному процесі при низьких режимах з утворенням проміжних продуктів і борошна високої якості, що у свою чергу дозволяє скоротити процес збагачення і інтенсифікувати процес подрібнення проміжних продуктів з використанням машин дезінтеграторного типу. Зменшення вмісту оболонок в подрібнюваному зерні і зміна їх структури забезпечує зниження навантаження на підетап вимелу, дозволяє вести його більш інтенсивно і ефективно.

Технологічний процес підготовки зерна до розмелу, відповідно до рекомендацій [45] повинен забезпечувати:

- очищення зерна від домішок;
- обробку поверхні зерна;
- кондиціювання відповідно до встановлених режимів;
- дозування і змішування компонентів помельної партії, згідно встановленої рецептури;
- продуктивність, необхідну для стабільного навантаження і ритмічної роботи розмельного відділення.

Очищення зерна від домішок в сито-повітряних сепараторах, каменевідбірниках і трієрах-кукілевідбірниках слід вести у відповідності з діючими рекомендаціями [45]. В той же час, сучасні промислові каменевідбірники і трієри-кукілевідбірники занадто габаритні і високопродуктивні для борошномельних заводів малої продуктивності, що ускладнює їх використання на таких виробництвах. Існуючі міні-машини – малоефективні аж до відсутності функціонування. Проте, борошномельні заводи малої продуктивності розміщуються в районах безпосереднього вирощування і зберігання зерна пшениці. Таке розміщення вказаних виробництв забезпечує регулярне їх завантаження партіями зерна, що за якістю відповідали би можливості ефективної переробки. З урахуванням наведених обставин використання каменевідбірників і трієрів-кукілевідбірників на борошномельних заводах продуктивністю до 60 т/добу недоцільні за умови підбору партій зерна з незначним (до 0,05 %) вмістом кукулію або мінеральної домішки, що за розмірами сумірна із зернами пшениці.

Для забезпечення ефективності кондиціювання в холодні періоди року підігрівання води і зерна необхідно проводити у відповідності з існуючими рекомендаціями [45]. При цьому, підігрівання зерна здійснювати безпосередньо перед його зволоженням, а відволоження проводити в термоізованих бункерах.

Підготовка зерна до розмелу лущенням (за винятком підготовки з обробкою дрібної фракції) дозволяє інтенсифікувати процеси крупоутворення і скоротити кількість крупоутворюючих систем до однієї на борошномельних заводах малої продуктивності, де процеси збагачення не передбачені, або до двох систем на борошномельних заводах нової побудови зі збагаченням і до трьох систем, без розділення за крупністю. При цьому, рекомендується встановлювати традиційно використовувані характеристики робочих органів вальцових верстатів [45] з урахуванням наступного зауваження. У разі однієї крупоутворюючої системи, з метою отримання дрібних, а отже добротніших проміжних продуктів, число рифлів на вальцових станках вибирають в межах

5,5...6,0 р/см. Рекомендовані режими подрібнення лущеного зерна пшениці на крупоутворюючих системах з урахуванням їх кількості наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Рекомендовані режими подрібнення на крупоутворюючих системах з урахуванням їх кількості

Система	Питоме навантаження, кг/(см·добу)	Загальний добуток, %	Питоме навантаження, кг/(см·добу)	Загальний добуток, %	Питоме навантаження, кг/(см·добу)	Загальний добуток, %
I др.с.	375-450	60-65	600-700	35-40	700-900	30-35
II др.с.	---	---	350-500	40-50	400-600	35-40
III др.с.	---	---	---	---	250-400	10-15
Всього в % до I др.с.		60-65		75-80		80-85

Системи вимелу в драному процесі рекомендується організовувати з додатковою обробкою продуктів після вальцевого верстата в дисмембраторі і вимелюючій машині. Частоту обертання ротора дисмембратора встановлюють в оперативному порядку залежно від результатів вимелу з забезпеченням найбільш повного подрібнення частинок ендосперму у борошно. Використання вимелюючої машини за вказаною схемою дозволяє в 1,5...1,7 рази знизити навантаження на секцію розсійника за рахунок вилучення сходом у висівки вимелених оболонок.

У ситовіальних машинах рекомендується збагачувати крупні і середні крупки першої якості. Збагачення інших фракцій проміжних продуктів (дрібних) малоефективне. З урахуванням їх високої вихідної доброти, що забезпечується попереднім лущенням, суміші таких продуктів спрямовується в розмельний процес без збагачення.

Навантаження на ширину приймальних сит ситовіальних машин слід вибирати, керуючись існуючими рекомендаціями [45]. З урахуванням кількості проміжних продуктів і ступеню їх доброти після ситовіального збагачення, а також застосування інтенсивних методів подрібнення в драному процесі,

обробка сходових фракцій ситовіальних машин на шліфувальних системах недоцільна.

Подрібнення продуктів в розмельному процесі здійснюється на вальцях з мікрошорсткою поверхнею. Параметри вальців вибираються у відповідності з існуючими рекомендаціями [45]. Допускається організація окремих систем розмельного і вимельного процесів без використання вальцьових верстатів. У такому разі основною і єдиною машиною для подрібнення є дисмембратор.

Сорти борошна формують в розмельному відділенні борошномельного заводу виходячи з показників якості окремих потоків борошна. При використанні сучасних розсійників і ситових тканин контроль борошна не є обов'язковим.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Обробка кондиціонованого зерна в лушильно-шліфувальних машинах «Каскад» забезпечує необхідні значення індексу лушення, а також зниження зольності зерна при витратах електроенергії, що на 15...20 % менше в порівнянні з обробкою в машинах інших відомих конструкцій.

Ефективність очищення зерна фракціонуванням з подальшим лушенням виділеної дрібної фракції складає близько 50 % при зниженні зольності загального потоку зерна до 0,05 %. Встановлено, що технологічний процес крупоутворення при подрібненні лущеного зерна з використанням низьких режимів обробки може бути ефективно реалізований на двох і навіть на одній драних системах. При цьому, в порівнянні з традиційними режимами крупоутворення, забезпечується підвищення доброти проміжних продуктів.

Обробка в ситовіальних машинах крупних проміжних продуктів підвищеної доброти, що отримані в результаті подрібнення лущеного зерна, дозволяє за рахунок збільшення коефіцієнтів добутку проходових фракцій підвищити ефективність збагачення.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

З охороною праці значною мірою пов'язані втрати підприємства, на які можна впливати. На виробництві нещасні випадки зумовлюють значні втрати часу, знищення або пошкодження обладнання, зниження продуктивності праці, значні штрафні санкції, підвищення страхових внесків, витрати коштів на експертизи та ін. Є випадки, коли аварії привели до катастрофічних наслідків, і підприємства переставали існувати.

Усі машини, що встановлені у виробничих цехах вальцеві верстати, апарати і механізми повинні мати приводи від індивідуальних електродвигунів. Огорожа ременів повинна забезпечувати зручне і безпечне накидання ременя на обід шківів, натягнення і скидання ременя, при можливому розриві або розшивці ременя забезпечувати міцність і стійкість. Огорожа ремінних передач від електродвигуна до машин і на машинах при відповідній відстані між осями, які ведуть і веденого шківів до 1 м можуть бути нероз'ємними, при відстані від 1 до 1,5 м – з подовжнім роз'ємом і мати відстань більше 1,5 м – з поперевжнім роз'ємом та відкидними голівками.

Приводні ремені і шківів, які розташовані на відстані більше 250 мм від корпусу машини, повинні бути захищені з усіх боків [55].

Вивчення технологічного процесу крупоутворення при подрібненні лущеного зерна з використанням низьких режимів обробки проводили у виробничих умовах борошномельного заводу АП «Протос» ТОВ (м. Овідіополь, Одеська обл.).

Обладнання для лущення зерна та його подрібнення на кожній з розмельних систем включає лущильник, вальцовий верстат І драної системи, із забезпеченням добутку борошна 30...40 %. Крупні оболонкові частки, отримувані першим сходом секції розсійника розглянутої системи, спрямовуються на вальцовий верстат ІІ драної системи.

Виробниче приміщення, де виконувались наукові дослідження, має площу 40,3 м² з висотою стелі 3 м. Розмельне відділення має чотири вальцових верстата, ентолейтори та вимельну машину. Аналіз умов праці показує, що на майстра можуть впливати такі чинники:

- температура та запиленість повітря робочої зони;
- підвищений шум під час роботи;
- фізичні перевантаження.

В приміщенні розмельного відділення температура становить 20–22 °С, повітря відносна вологість – 65–70 %, швидкість руху повітря – не більше 0,1 м/с. На робочих місцях – освітленість 440 лк світлом люмінесцентних ламп, або розсіяним денним світлом, які відповідають вимогам нормативної документації.

В цеху підлога рівна, зі зручною для очищення поверхнею, не слизька. Стіни виконано з вогнестійких матеріалів і їх поверхню можна легко змивати. В цеху достатньо робочого місця для проведення аналізів, ширина проходу між обладнанням велика. Біля робочих місць на видних місцях розміщені інструкції з пожежної безпеки і охорони праці.

Лабораторія забезпечена суміщеним освітленням залежно відповідно до вимог ДБН В. 2. 5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Місцевого освітлення світильники за своїм улаштуванням відповідають категорії та групі речовин вибухонебезпечних і влаштоване так, що працівник за бажанням може змінити напрям світлового потоку.

В цеху рівень шуму та вібрації трохи перевищує норму, через роботу вальцових верстатів встановленої «Державними санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» (ДСН 3.3.6. 037-99) ГОСТ 12. 1. 003-83 “ССБТ. Шум. Общие требования безопасности”. Безпеку вібраційну слід забезпечувати при дотриманням норм, встановлених “Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації” (ДСН 3. 3. 6. 039-99) та ДСТУ ГОСТ 12. 1. 012: 2008 “ССБТ. Вибрационная опасность. Общие требования”.

На борошномельному заводі у процесі роботи людина може потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там сигнальних пристроїв, необхідного огороження або попереджувальних знаків та написів, допущеної помилки, порушення відповідних правил або внаслідок аварії. При цьому виникає можливість дії небезпечного виробничого фактору. Виконання роботи у виробничих приміщеннях супроводжується підвищеною виробничою небезпекою. Під час просіювання проміжних продуктів на розсійнику можуть бути не повністю закріплені сита (НУ), під час ввімкнення розсійника при інтенсивному руху сит заслінка може розхитатись (НД), а сита зіскочити і можуть попасти в працівника (НС) і виникне травма (Т).

$$\text{НУ} \rightarrow \text{НД} \rightarrow \text{НС} \rightarrow \text{Т}$$

Рис. 4.1 Модель виникнення небезпечної ситуації під час роботи з розсійником

Отже, умови праці реконструйованого борошномельного заводу з перероблення зерна пшениці відповідають вимогам, проте необхідно:

- постійно проводити технічне обслуговування обладнання;
- контролювати та проводити профілактику пошкоджень ізоляції;
- проводити інструктажі з охорони праці.

Висновки: Основними функціями охорони праці, є здійснення охорони здоров'я працюючих, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму та забезпечення умов гідних праці,.

На заводі для забезпечення здоров'я людей створені всі санітарно-гігієнічні та матеріальні умови праці для робітників підприємства.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Економічну ефективність впровадження інноваційних технологій хлібопекарських сортових помелів пшениці за рахунок зміни кількісно-якісних показників їх результатів розраховували як різницю між доходом від реалізації продуктів переробки зерна за ринковими цінами, що отримуються за традиційними і інноваційними технологіями при реалізації трисортних помелів.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники виробництв

Технології	Існуючі		Пропоновані		
Продуктивність, г/добу	130	250	120	180	240
Вихід борошна,%:	45-50	25-50	60-65	60-65	60-65
-вищий сорт;	15-25	20-45	10-15	10-15	10-15
-перший сорт;	5-8	5-10	1-2	1-2	1-2
-другий сорт;	73-74	75	74-75	74-75	74-75
-всього					
Середнє питоме навантаження на вальцюванню, кг/(см·добу)	72	69	100	112,5	109
Середнє питоме навантаження на просіюючу поверхню (без контролю борошна), кг/(м ² ·добу)	1204	1477	1824	1741	1824
Середня питома витрата повітря, м ³ /т:					
-підготовка;	3650	3762	2950	2475	2370
-розмел;	2981	3444	2540	2393	2288
-всього	6626	7206	5490	4868	4658
Питома встановлена потужність основного обладнання, кВт/т:					
-підготовка;	16,6	23,3	22,19	26,16	26,7
-розмел;	67,3	70,9	60,0	61,0	57,6
-всього	83,9	94,2	82,19	87,16	84,3
Питома витрата електроенергії, кВт · год/т	80-90	105-120	85-90	85-90	85-90
Питома маса					

обладнання, кг/(т/добу):					
-підготовка;	129,3	120,0	118,2	93,6	103,7
-розмел;	353,6	357,0	264,8	259,5	247,0
-всього	482,9	477,0	383,0	353,1	350,7
Питома вартість обладнання, грн/(т/добу):					
-підготовка;	7385,4	7190,4	6218,3	5282,0	5353
-розмел;	29443,3	28380,6	22119,9	22436,8	20583
-всього	36828,7	35571,0	28338,3	27718,8	25936
Технології	Існуючі		Пропоновані		
Продуктивність. т/добу	130	250	120	180	240
Вихід борошна,%:					
-вищий сорт;	45-50	25-50	60-65	60-65	60-65
-перший сорт;	15-25	20-45	10-15	10-15	10-15
-другий сорт;	5-8	5-10	1-2	1-2	1-2
-всього	73-74	75	74-75	74-75	74-75
Середнє питоме навантаження на вальцюву пінню,кг/(см·добу)	72	69	100	112,5	109
Середнє питоме навантаження на просіюючу поверхню (без контролю борошна),кг/(м ² ·добу)	1204	1477	1824	1741	1824
Середня питома витрата повітря, м ³ /т:					
-підготовка;	3650	3762	2950	2475	2370
-розмел;	2981	3444	2540	2393	2288
-всього	6626	7206	5490	4868	4658
Питома встановлена потужність основного обладнання, кВт/т:					
-підготовка;	16,6	23,3	22,19	26,16	26,7
-розмел;	67,3	70,9	60,0	61,0	57,6
-всього	83,9	94,2	82,19	87,16	84,3
Питома витрата електроенергії, кВт · год/т	80-90	105-120	85-90	85-90	85-90
Питома маса обладнання, кг/(т/добу):					
-підготовка;					
-розмел;	129,3	120,0	118,2	93,6	103,7
-всього	353,6	357,0	264,8	259,5	247,0
	482,9	477,0	383,0	353,1	350,7

Застосування лушення в підготовці зерна до розмелу дозволило виключити ряд операцій, пов'язаних з використанням повітря, що скоротило його витрату на підготовку зерна в 1,24...1,54 рази, а також знизити вартість обладнання для підготовки зерна в 1,15...1,36 рази.

За рахунок використання інтенсивних методів розмелу, забезпечених в основному підготовкою лушенням, питомі навантаження на вальцьову лінію збільшені в 1,55 рази, а питомі навантаження на площу ситової поверхні розсійників – в 1,17...1,23 рази. Вказане збільшення навантажень дозволило значно скоротити кількість використовуваного в розмельному відділенні обладнання, що привело до зменшення загальної його маси в 1,33...1,42 рази і, відповідно, вартості в 1,31...1,43 рази.

Таким чином, в порівнянні з борошномельними заводами, які створюються за традиційною технологією, на створення 1 т добової продуктивності пропонувані виробництва необхідно в середньому в 1,3 рази менше маси обладнання і капіталу на його придбання. Крім того, на переробку 1т зерна на таких борошномельних заводах необхідно в 1,05 рази менше встановленої потужності обладнання і в 1,4 рази менше повітря.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Використання технологічної операції лущення, як підготовки зерна до проведення ВТО, змінює кінетику водопоглинання та обумовлює нові технологічні режими зволоження і відволоження, що забезпечують можливість одноетапного кондиціювання переважної більшості партій пшениці вітчизняного походження з приростом вологості до 6,0 % і зменшенням тривалості відволоження на 25 %. Різке зниження життєздатності зерна в результаті лущення обумовлює доцільне значення індексу лущення зерна при підготовці до ВТО, що не перевищує 3,0 %.

Подрібнення лущеного зерна характеризується підвищенням добротності отримуваних круподунстових продуктів, що пропорційне величині індексу лущення та збільшенням кількості крупної і середньої крупок в 1,1...1,25 рази за рахунок мілких продуктів. Енергоємність подрібнення лущеного зерна в середньому на 30...50 % нижче, ніж не лущеного.

Борошно, вироблене з лущеного зерна, характеризується підвищеними хлібопекарськими властивостями, а також збільшеним вмістом алейронового шару, який для борошна високих сортів є природним збагачувачем.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Рекомендувати борошномельним заводам в зерноочистному відділенні після етапу відволожування замінити етап обробки поверхні зерна в оббивальних машинах на лущення в луцильно-шліфувальних машинах типу «Каскад». Цей технологічний прийом дасть змогу в десять разів інтенсивніше знизити зольність зерна перед I драною системою та покращити якість виробленого борошна.

При подрібненні лущеного зерна підвищується добротність отримуваних круподунстових продуктів, що пропорційне величині індексу лушення та збільшенням кількості крупної і середньої крупок в 1,1...1,25 рази за рахунок мілких продуктів. Енергоємність подрібнення лущеного зерна в середньому на 30...50 % нижче, ніж не лущеного.

Борошно, яке виробляється з лущеного зерна, характеризується підвищеними хлібопекарськими властивостями, а також в ньому збільшується вміст алеїронового шару, який для борошна високих сортів є природним збагачувачем.

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.Дейнеко, В. А. Теоретическое обоснование производительности вальцовой плющили-измельчителя / В. А. Дейнеко, Е. М. Прищепова // Агропанорама. – 2012. – №2. – С. 14-28.
3. Дмитрук Є.А., Ильчук В.Б., Містулова Т.Є., Володін М.П. Системи рециркуляції повітря на зернопереробних підприємствах // Хранение и переработка зерна.– 2003, №1.– с. 46.
4. Дмитрук Е.А., Ильчук В.Б., Муравьев С.Д. Мнимая и скрытая опасность систем рециркуляции воздуха // Хранение и переработка зерна. – 2006, №4. – с.45-47.
5. Дмитрук Є., Ильчук В., Шаран А., Харченко Є. Скільки ж ми викидаємо тепла з повітрям пневмотранспортних та аспіраційних установок // Зерно і хліб. – 2009, №3. – с. 50-51.
6. Дмитрук Е.А., Смольников А.Д. Эффективные и надежные аспирационные системы зерноперерабатывающих предприятий // Хранение и переработка зерна. – 2000, №5. – с. 26.
- 7.Лабораторний практикум з технології хліба та макаронного виробництва. Навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.
8. Липа А.И. Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха. – Одесса: ОГАХ, ОГЦНТЭИ, 2002. – 225 с.
- 9.Мерко, И. Т. Структура и эффективность технологических процессов производства муки / И. Т. Мерко, В. А. Моргун, Н. Е. Погирной. – М. : Колос, 1983. – 239 с.
- 10.Моргун, В. А. Ориентировочный выход круподунстовых продуктов и муки в драном процессе при различной структуре этапа крупобразования / В. А.

Моргун, Д. А. Жигунов, Р. С. Давыдов // Наукові праці ОНАХТ. – Вип.. 40, Т.1. – С. 28-31.

11.Моргун, В. А. Сравнительный анализ некоторых структур процесса крупобразования / В. А. Моргун, Д. А. Жигунов, Р. С. Давыдов // Хранение и переработка зерна. – 2010.- №12 (138). – С. 29-33.

12. Наливайко Н. Автоматичне зволоження збіжжя на млинзаводах дає ряд переваг // Зерно і хліб. – 2009, №1. – с.30.

13.Писаренко, Г. С. Сопротивление материалов деформированию и разрушению при сложном напряженном состоянии / Г. С. Писаренко, А. А. Лебедев. – К. : Наукова думка, 1969. – 208 с.

14.Сибиряков, В. А. К вопросу о предварительном разрушении (плющении) зерна пшеницы перед помолом / В. А. Сибиряков, Б. М. Максимчук, И. А. Никифорова // Труды ВНИИЗ. – 1982. - Вып. 99. – С. 51-60.

15.Сиденко, П. М. Измельчение в химической промышленности. Изд. 2-е, перераб. и доп. / П. М. Сиденко. – М. : Химия, 1977. – 368 с.

16.Сухарев, А. В. Теоретические предпосылки предварительного разрушения зерна / А. В. Сухарев, В.А. Скрябин, Б. М. Максимчук // Труды ВНИИЗ. – 1982. – Вып. 99. – С. 47-51.

27.Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна / Л. А. Глебов, А. Б. Демский, В. Ф. Веденьев, А. Е. Яблоков // I и III части под ред.. Л. А. Глебова, II части под ред. А. Б. Демского. – М. : ДеЛи Принт, 2010. – 696 с.

18.Технология переработки зерна (мукомольное, крупяное и комбикормовое производство) Под. ред. проф. Я. Н. Куприца. – М. : Колос, 1965. – 504 с.

19.Харченко, Є. І. Гранулометричний склад проміжних продуктів подрібнення при двоетапному подрібненні зерна пшениці в лабораторних умовах. / Є. І. Харченко, М. А. Перегуда, І. П. Шніпко // Хранение и переработка зерна. – 2015. - №6-7. – С. 62-64.

20.Харченко, Є. І. Плющення зерна пшениці в лабораторних умовах / Є. І. Харченко, М. А. Перегуда, І. С. Рубан // Хранение и переработка зерна. – 2016. - №1. – С. 58-60.

21.Шутенко, Е. И. Предварительное измельчение на заводах малой производительности / Е. И. Шутенко, Р. С. Давыдов //Зернові продукти і комбікорми. – 2014. - №2 (54). – С.22-25.

22. Шаповаленко О.І. Науково-технічні основи функціонування спрямованих повітряних потоків в технології виробництва комбікормів: автореф. дис. на здобуття вченого звання доктора техн. наук: спец. 05.18.02 «Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів» / О.І. Шаповаленко. – Одеса, 1993. – 32 с.

23. Шаповаленко О.І., Ільчук В.Б., Харченко Є.І., Шаран А.В. Вплив підсушування продуктів розмелу на показники якості готової продукції // Наукові праці ОНАХТ, Вип. 36. – Одеса, ОНАХТ, 2009. – с. 104-106.

24. Шаповаленко О.І., Ільчук В.Б., Харченко Є.І., Шаран А.В. Вплив стану навколишнього середовища на якість борошна // Хранение и переработка зерна. – 2009, №4. – с. 29-31.

25. Шаповаленко О.І., Ільчук В.Б., Шаран А.В., Харченко Є.І. Використання спрямованих повітряних потоків у технології виробництва борошна // Хранение и переработка зерна. – 2008, №2. – с. 37-39.

26.Щербаков, С. И. Помолы пшеницы и ржи. Изд. 2-е, перераб. и доп. / С.И Щербаков. – М. : Заготиздат, 1953. – 275 с.

27. Thomas D. Einfluß der Kormorphologie auf den Schüleffect von brotgetreide [Текст] / D. Thomas, H. Abdo // Getreide, Mehl und Brot. – 1982. – b.36, №3. – S.69-73.

28. Любарский Л.Н. Изучение влияния структуры зерна пшеницы на его химический состав и микротвердость [Текст] / Л.Н. Любарский, Е.П. Попова, Т.И. Веселовская // Серия «Мукомольно-крупяная промышленность»: экспресс информ. – М.: ЦНИИЭИ Минзага СССР, 1976. – Вып.2. – С.16-19.

29. Mac M. Microscopic structure and composition of wheat kernel [Текст] / М. Mac, J. Hinton, D. Bradeley // Wheat–Chem.and Techn. – 1971. – №5. – P.52-114.

30. Беркутова Н.С. Качество муки в зависимости от микроструктуры алейронового слоя зерновки пшеницы [Текст] / Н.С. Беркутова // Мукомольно-элеваторная промышленность. – 1967. – №. – С.25.

31. Трубов В.В. Шелушение увлажненного зерна пшеницы в лопастной машине при подготовке к помолу [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / В.В. Трубов. – Одесса, 1987. – 173с.

32. Малаховцев В.П. Исследование упругих свойств и сил при ударном нагружении зерна пшеницы [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.П. Малаховцев. – Одесса, 1964. – 16с.

33. Крошко Г.Д. Правила організації та ведення технологічного процесу на борошномельних заводах [Текст] / Г.Д. Крошко [та ін.]. – К.: Віпол, 1998. – 145с.

46. Борошно пшеничне. Технічні умови [Текст] : ГСТУ 46.004-99 [Чинний від 1999-08-15] – К.: , 1999. – 9с. – (Галузевий стандарт України).

34. Борошно, побічні продукти і відходи. Терміни та визначення [Текст] : ДСТУ 2209-1993 – [Чинний від 1994-07-01]. – К.: Держстандарт України, 1993. – 55с. – (Державний стандарт України).

35. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб [Текст] : ГОСТ 13586.3-83 [Чинний від 1984-01-07]. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 20с. – (Міждержавний стандарт).

36. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержание мелких зерен и крупности; содержание зерен пшеницы, поврежденных клопом–черепашкой; содержание металломагнитной примеси [Текст] : ГОСТ 30483-97 [Чинний від 2002-01-07]. – К.: Госстандарт Украины, с дополнениями, 2002. – 22с. – (Міждержавний стандарт).

37. Зерно. Методы определения натуры [Текст] : ГОСТ 10840-64 [Чинний від 1965-01-07]. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 8с. – (Міждержавний стандарт).

38. Зерно. Методы определения стекловидности [Текст] : ГОСТ 10987-76 [Чинний від 1977-01-06]. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 9с. – (Міждержавний стандарт).

39. Зерно. Метод определения влажности [Текст] : ГОСТ 13586.5-93 [Чинний від 1997-09-06]. – К.: Госстандарт Украины, с дополнениями и поправками, 1997. – 10с. – (Міждержавний стандарт).

40. Зерно. Методы определения зольности [Текст] : ГОСТ 10847-74 [Чинний від 1975-01-07]. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 4с. – (Міждержавний стандарт).

41. Зерно. Метод определения количества и качества клейковины в пшенице [Текст] : ГОСТ 13586.1-68 [Чинний від 1968-01-06]. – М.: Изд-во стандартов, 1968. – 10с. – (Міждержавний стандарт).

42. Гросул Л.Г. Механіко–технологічні основи процесів та агрегатного устаткування для виробництва круп [Текст] : дис. ... д-ра. техн. наук / Л.Г. Гросул. – Одеса, 2002. – 472с.

43. Гросул Л.Г. Исследование механических свойств зерна пшеницы в связи с конструированием фрикционных шелушительных машин [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Л.Г. Гросул. – Одесса, 1974. – 207с.

44. Campbell, G. M., Fang, C. & Muhamad, I. I. (2007). On predicting roller milling performance VI: Effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. *Food and Bioproducts Processing*, 85. – pp. 7-23.

45. Fang, C., Campbell, G. M. (2003). On predicting roller milling performance IV: Effect of roll disposition on the particle size distribution from first break milling of wheat. *Journal of Cereal Science*, 37. – pp. 21-29.

46. Vishwakarma R.K., Shivhare U.S., Gupta R.K., Yadav D.N., Jaiswal A., Prasad P. (2017), Status of pulse milling processes and technologies: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(10), 1615 – 1628.

47. Sreerama Y.N., Sashikala V.B., Pratapa V.M. (2009), Effect of enzyme pre-dehulling treatments on dehulling and cooking properties of legumes, *Journal of Food Engineering*, 92, pp. 389–395.

48. Tiwari B.K., JaganMohan R., Venkatachalapathy N., Tito Anand M., Surabi A., Alagusundaram K. (2010), Optimisation of hydrothermal treatment for dehulling pigeon pea, *Food Research International*, 43, pp.496–500.

49. Yasmin A., Zeb A., Khalil A.W., Paracha G.M.D., Khattak A.B. (2008), Effect of processing on anti-nutritional factors of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) grains, *Food and Bioprocess Technology*, 1(4), pp. 415–419.

50. Wang N. (2005) Optimization of a laboratory dehulling process for lentils (*Lens culinaris*), *Cereal Chemistry*, 82(6), 671–676.

51. Wang N., Hatcher D.W., Gawalko E.J. (2008), Effect of variety and processing on nutrients and certain anti-nutrients in field peas (*Pisum sativum*), *Food Chemistry*, 222, pp. 132–138.

52. Kharchenko Y, Sharan A, Yermeeva O, Effect of flattening wheat grain on grinding modes in roller mill // Ukrainian Journal of Food Science, Volume 9, Issue 2 Kyiv 2021– 718 с.– С. 223 – 235. Is. 2.

Єремєєва О. А., Харченко Є. І., Любич В. В. Технологічні процеси переробки зерна пшениці в борошно. Київ, 2021. 180 с., монографія (11,2 д. а.).

53. Харченко Є. І., Єремєєва О. А. Обоснование подогрева зерна и воды в процессе подготовки зерна к помолу // Научно технический журнал для работников агропромышленного комплекса Агропанорама. № 6 декабрь 2020. С. 23–27.

54. Любич В. В., Желєзна В. В., Єремєєва О.А., Новак Л.Л. Вплив режимів помелу збагачених круподунстових продуктів на вихід борошна під час сортового помелу пшениці // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Том 31 (70) № 3, 2020. С. 61–66.

55. Любич В. В., Железна В. В., Єремєєва О.А, Войтовська В.І. Крупоутворювальна здатність помельних партій зерна пшениці спельти і пшениці м'якої // Збірник наукових праць Уманського НУС. Умань. 2020. Випуск 1. С. 606–620.