

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

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

**Обґрунтування технології обробки пшеничного
борошна низької якості в електромагнітному
полі надвисокої частоти**

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

_____ Андрій БІЛОКУР

Керівник: _____ Віталій КОШУЛЬКО

Рецензент: _____ Юрій М'ЯСОЇД

Дніпро 2023

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«09» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Білокуру Андрію Миколайовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології обробки пшеничного борошна низької якості в електромагнітному полі надвисокої частоти».
Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2023 року № 3423.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва пшеничного борошна з покращеними показниками якості. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Сучасний стан технології і обладнання обробки харчових матеріалів в полі НВЧ. 2 Обґрунтування технології обробки пшеничного борошна в полі надвисокої частоти. 3 Теоретичне обґрунтування процесу обробки пшеничного борошна в полі НВЧ. 4 Дослідження впливу параметрів обробки в полі НВЧ на фізико-хімічні показники пшеничного борошна. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Фізичні методи обробки зерна, борошна і води. 2 Мета роботи і завдання досліджень. 3 Обґрунтування запропонованої технології. 4 Експериментальна частина. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 6 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцент КОШУЛЬКО Віталій	09.11.2023	08.12.2023
5	доцент КОШУЛЬКО Віталій	09.11.2023	08.12.2023
6	доцент КОШУЛЬКО Віталій	09.11.2023	08.12.2023

7. Дата видачі завдання 09 листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11-10.11.23	виконано
2	Сучасний стан технології і обладнання обробки харчових матеріалів в полі НВЧ	13.11-15.11.23	виконано
3	Обґрунтування технології обробки пшеничного борошна в полі надвисокої частоти	16.11-17.11.23	виконано
4	Теоретичне обґрунтування процесу обробки пшеничного борошна в полі НВЧ	20.11-22.11.23	виконано
5	Дослідження впливу параметрів обробки в полі НВЧ на фізико-хімічні показники пшеничного борошна	23.11-28.11.23	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	29.11-30.11.23	виконано
7	Організаційно-економічна частина	01.12-04.12.23	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	05.12-06.12.23	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	07.12.2023	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Андрій БЛОКУР
(підпис)

Керівник роботи _____ Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської кваліфікаційної роботи складається з 77 сторінок друкованого тексту, 23 рисунків та ілюстрацій, 10 таблиць та використано 47 літературних джерела посилань.

Мета роботи передбачає дослідження процесу обробки пшеничного борошна в полі НВЧ, отриманого з суховійного зерна для поліпшення показників якості.

Об'єкт досліджень – технологічний процес надвисокочастотної обробки пшеничного борошна першого сорту, отриманого з суховійного зерна, що росте в посушливих регіонах Дніпропетровської області і України в цілому.

Предмет досліджень – експериментальні та аналітичні залежності, що характеризують вплив параметрів обробки в полі НВЧ на показники якості пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна.

Перспективним напрямком в підвищенні якості пшеничного борошна є фізичні способи її обробки (ультрафіолетове, інфрачервоне випромінювання, обробка в полі надвисокої частоти та ін.). Одним з фізичних способів є обробка струмами високої частоти, яка знайшла широке застосування в харчовій промисловості, в тому числі при виробництві продуктів переробки зерна. Аналіз літературних джерел показав, що проводилися дослідження впливу поля НВЧ на кількісні і якісні показники нормального зерна з метою зниження його мікробного обсіменіння, пошкодженого зерна (пророслого, морозобійного, пошкодженого шкідниками та самозігріванням, замороженого, зіпсованого сушінням) з метою поліпшення його якості, а також пшеничного борошна для зниження мікробного обсіменіння, прискорення його дозрівання, поліпшення хлібопекарських властивостей борошна зі слабкою клейковиною.

Ключові слова: БОРОШНА ПШЕНИЧНЕ, ЗОЛЬНІСТЬ, КЛЕЙКОВИНА, ЧАСТОТА ПОЛЕ НВЧ, ОБРОБКА, ТРИВАЛІСТЬ, ТЕМПЕРАТУРА.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ МАТЕРІАЛІВ В ПОЛІ НВЧ-	10
1.1 Фізичні методи поліпшення якості зерна, пшеничного борошна, тіста і хліба	10
1.1.1 Ультрафіолетове випромінювання	10
1.1.2 Інфрачервоне випромінювання	12
1.1.3 Інші фізичні і електрофізичні методи обробки зерна, борошна та хліба	14
1.2 Використання надвисокочастотного нагріву з метою поліпшення якості зерна, борошна та хліба	17
1.2.1 Фізичні основи впливу обробки в полі НВЧ на матеріали	17
1.2.2 Основні напрямки використання обробки в полі НВЧ в харчовій промисловості	19
1.2.3 Застосування поля НВЧ для обробки зерна і продуктів його переробки	21
1.2.4 НВЧ-установки для обробки харчових продуктів	23
Висновки до розділу	25
2 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА В ПОЛІ НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ	28
2.1 Обґрунтування пропонованого технологічного процесу обробки пшеничного борошна в полі надвисокої частоти	28
2.2 Обґрунтування вибору параметрів обробки борошна в полі НВЧ	29
2.3 Опис установки для обробки пшеничного борошна в полі НВЧ	34
2.4 Методи досліджень показників якості борошна	35
Висновки до розділу	39
3 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ПШЕНИЧНОГОБОРОШНА В ПОЛІ НВЧ	40

Висновки до розділу	41
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ В ПОЛІ НВЧ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА	43
4.1 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на температуру нагрівання пшеничного борошна	43
4.2 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на вологість пшеничного борошна	45
4.3 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на білизну	48
4.4 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на якість сирої клейковини пшеничного борошна	50
4.5 Результати впливу параметрів НВЧ - обробки на вміст білка в пшеничному борошні	53
4.6 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на число падіння пшеничного борошна	55
4.7 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на кислотність пшеничного борошна	57
4.8 Обґрунтування раціональних параметрів обробки пшеничного борошна в полі надвисокої частоти	58
Висновки до розділу	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	63
5.1 Розробка карти безпеки праці	63
5.2 Утилізація відходів виробництва борошно	64
Висновки до розділу	65
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	66
6.1 Організація проведення дослідження	66
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	68
6.3 Розрахунок вартості дослідження	70
Висновки до розділу	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
БІБЛІОГРАФІЯ	73

ВСТУП

Пшениця – основна і найважливіша продовольча культура в більшості країн світу. Її вирощують в більш ніж в 80 країнах світу. З численних видів пшениці в світовому землеробстві обробляється, головним чином, пшениця м'яка і тверда.

Виробництво пшениці завжди вимагає особливої уваги до деталей. В основному пшениця, що вирощується використовується для виробництва борошна, і відповідно тут потрібен високоякісний продукт [45].

Якість зерна обумовлюється білковими речовинами зерна, що утворюють білковий комплекс, а саме тим, що білки утворюють єдиний структурний каркас тіста. Основою каркасу тіста є взаємодія, здебільшого, двох груп білків – гліадинину та глютеніну. Саме ці дві групи білків, які не розчинні у воді та сольових розчинах і утворюють клейковину, а не весь білок, визначають технологічні властивості борошна. Отже для досягнення високої якості хліба необхідно забезпечити оптимальний рівень та якість клейковини. [10].

В останні роки в літній період спостерігалася вкрай посушлива погода, що характеризується низьким рівнем опадів. Зерно, зібране в період посухи або пошкоджене суховієм, має особливості, які необхідно враховувати при зберіганні і переробці. Суховійне зерно значно відрізняється за своїми властивостями від того, що зібрано в період стабільних температурно-вологісних умов. Борошно, отримане з суховійного зерна, містить більшу кількість білкового азоту і клейковини, характеризується зниженою активністю протеїназ, а клейковина має підвищену пружність і малу розтяжність. Таким чином, борошно, отримане з суховійного зерна, як правило, можна віднести до борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями. Для поліпшення борошна можна застосовувати різні способи: внесення харчових добавок, хлібопекарських поліпшувачів, біологічно-активних добавок, фізичні методи обробки хлібопекарської сировини.

Пошук і застосування методів поліпшення хлібопекарської сировини є актуальним питанням для галузі зберігання та переробки зерна, що ставить певні завдання перед вченими і інженерно-технічними працівниками підприємств.

Перспективним напрямком в підвищенні якості пшеничного борошна є фізичні способи її обробки (ультрафіолетове, інфрачервоне випромінювання, обробка в полі надвисокої частоти та ін.). Одним з фізичних способів є обробка струмами високої частоти, яка знайшла широке застосування в харчовій промисловості, в тому числі при виробництві продуктів переробки зерна. Аналіз літературних джерел показав, що проводилися дослідження впливу поля НВЧ на кількісні і якісні показники нормального зерна з метою зниження його мікробного обсіменіння, пошкодженого зерна (пророслого, морозобійного, пошкодженого шкідниками та самозігріванням, замороженого, зіпсованого сушінням) з метою поліпшення його якості, а також пшеничного борошна для зниження мікробного обсіменіння, прискорення його дозрівання, поліпшення хлібопекарських властивостей борошна зі слабкою клейковиною.

Таким чином, з огляду на вищевикладене, актуальним є дослідження впливу параметрів обробки пшеничного борошна в полі НВЧ, отриманого з суховійного зерна на її якісні показники, що дозволить виробляти продукцію необхідної якості.

Метою роботи є дослідження процесу обробки пшеничного борошна в полі НВЧ, отриманого з суховійного зерна для поліпшення показників якості.

Завдання досліджень:

- розробити і дослідити технологію обробки із застосуванням поля НВЧ на прикладі пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна на розробленій лабораторній установці періодичної дії з полем НВЧ;
- визначити раціональні параметри обробки борошна в полі НВЧ, отриманого з суховійного зерна з метою поліпшення його показників якості;

- встановити вплив обробки пшеничного борошна в полі НВЧ на його кількісні та якісні показники;
- провести розрахунки кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт досліджень – технологічний процес надвисокочастотної обробки пшеничного борошна першого сорту, отриманого з суховійного зерна, що росте в посушливих регіонах Дніпропетровської області і України в цілому.

Предмет досліджень – експериментальні та аналітичні залежності, що характеризують вплив параметрів обробки в полі НВЧ на показники якості пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ МАТЕРІАЛІВ В ПОЛІ НВЧ

1.1 Фізичні методи поліпшення якості зерна, пшеничного борошна, тіста і хліба

Поряд з використанням хімічних і біологічних методів для поліпшення якості пшеничного борошна, останнім часом широко почали застосовуватися в харчовій промисловості фізичні методи обробки [33], (таблиця 1.1).

1.1.1 Ультрафіолетове випромінювання

Ультрафіолетове випромінювання в харчовій промисловості використовується в більшій мірі завдяки своєму бактерицидному впливу в діапазоні хвиль 200 – 300 нм [7].

Вплив режимів передпосівної обробки ультрафіолетовим випромінюванням на схожість насіння озимої пшениці досліджувався в Азово-Чорноморській державній Агроінженерній академії. Лабораторний експеримент проводили на установці ЛОС-2, обробці піддавалося насіння озимої пшениці «Зерноградка-9».

Пономарьовою Н.Є. за допомогою лабораторного експерименту виявлявся оптимальний діапазон довжин хвиль для максимального стимулювання процесу зростання озимої пшениці, а також відносний рівень експозиції, визначено оптимальний для ростових процесів діапазон довжин хвиль і експозиції, який відповідно становлять 340 – 347 нм і 47 – 60 Вт·с/м² [26].

Курочкіною О.А. вивчено та виявлено раціональні параметри передпосівної обробки насіння ультрафіолетовою радіацією з урахуванням впливу на різні частини зернівки, в тому числі в комплексі з стимулюючими речовинами (настій хвої і бруньок тополі) [35].

Таблиця 1.1 – Фізичні методи обробки зерна, борошна і води

Найменування способу	Об'єкти	Мета застосування способу
Обробка ультрафіолетовим (УФ) випромінюванням	Зерно	Збільшення схожості, зниження мікробного обсіменіння; також застосовується при дезінфекції обладнання на хлібопекарських підприємствах
Обробка ІЧ-випромінюванням	Зерно	Поліпшення схожості, зниження мікробного обсіменіння, обробка перед мікронізацією або помелом (в т.ч. при виробництві етилового спирту, зернового хліба)
	Борошно	Прискорення дозрівання борошна, поліпшення хлібопекарських властивостей, зниження мікробного обсіменіння
	Вода	Поліпшення органолептичних показників
Гідротермічна обробка (кондиціонування)	Зерно	Поліпшення хлібопекарських властивостей борошна, зниження мікробіологічного обсіменіння
	Борошно	Поліпшення хлібопекарських властивостей пропарюванням борошна
Аерація повітрям (при пневмопереміщенні)	Борошно	Поліпшення хлібопекарських властивостей слабкою борошна
Обробка змінним електромагнітним полем, магнітним полем	Зерно	Поліпшення схожості, передпосівна обробка
	Вода	Активація води для поліпшення показників якості хліба
Ультразвукова обробка	Зерно	Поліпшення схожості, передпосівна обробка
	Вода	Обробка води для збільшення виходу борошна
Обробка в полі надвисокої частоти (НВЧ)	Зерно	Зниження мікробного обсіменіння зі збереженням або поліпшенням хлібопекарських властивостей борошна, обробка перед закладкою на зберігання
	Борошно	Прискорення дозрівання борошна, поліпшення хлібопекарських властивостей, зниження мікробного обсіменіння

Також ультрафіолетове опромінення застосовується при санітарній обробці поверхонь і обладнання, всіяні бактеріями *Bacillus subtilis* [34].

Аналіз літературних джерел показав, що досліджень з впливу ультрафіолетового випромінювання на показники якості зерна та борошна не проводилося. При ультрафіолетовому опроміненні сипучих продуктів потрібно їх інтенсивне перемішування для обробки всієї поверхні [13]. Таким чином, ультрафіолетове опромінення застосовується для підвищення якості пшеничного борошна в нерухомому шарі.

1.1.2 Інфрачервоне випромінювання

Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання – вид електромагнітних коливань, з діапазоном довжин хвиль знаходиться в межах 0,76 – 400 мкм [38].

У харчовій промисловості використання ІЧ-випромінювання знижує забрудненість мікроорганізмами [6], знищує комах [32], а також для стерилізації та дезінсекції сировини, продуктів і устаткування.

Філатовим В.В. удосконалено процес термообробки зерна при ІЧ-енергопідводі, обґрунтовані раціональні режими термообробки зернової сировини (пшениці, ячменю, сої, гороху) в широкому діапазоні регульованих параметрів (температура нагріву, час обробки, вологість вихідної сировини) для збереження якісних характеристик зерна [24].

ІЧ-випромінювання використовується для зниження мікробіологічного обсіменіння зерен, при цьому зерна ячменю поміщають на відстані 12 – 18 см від інфрачервоного випромінювача і обробляють випромінюванням з довжиною хвилі 1,2 – 1,8 мкм. Обробка протягом 15 – 50 с забезпечує знищення на поверхні зерен цвілевих грибів і контамінованих мікотоксинів [18].

Відома технологія обробки зерна в апараті для теплової обробки, яка полягає в інтенсивному нагріванні інфрачервоними променями в мікронному діапазоні спектра [26].

Інфрачервоне випромінювання також використовується для поліпшення якості рисового борошна [13].

Ісаковою Е.А. під керівництвом професора Ауермана Л.Я. проводилися дослідження по прогріванню свіжозмеленого пшеничного борошна 72 % виходу ІЧ-променями для прискорення його природного дозрівання. Також доведено поліпшення хлібопекарських властивостей борошна із зерна пшениці, ураженого клопом-черепашкою, при його прогріванні ІЧ-випромінюванням [25].

Сапожниковим А.Н. запропонована технологія обробки свіжозмеленого борошна ІЧ-випромінюванням і вивчено вплив такого борошна на якість хліба. В результаті досліджень по ІЧ-обробці борошна встановлено, що поліпшення якості борошна відбувається за рахунок інтенсифікації окисно відновних процесів в її білково-протеїназному комплексі, підвищення амілолітичної активності в вуглеводно-амілазному комплексі і зниження мікробного обсіменіння [35].

Спіріним Р.І. запропонована технологія обробки зерна ІЧ-випромінюванням для використання його при виробництві зернового хліба, визначені оптимальні режими ІЧ-обробки зерна пшениці при виробництві зернового хліба, досліджено вплив цих режимів на мікробіологічні показники зерна, зернового хліба і вуглеводно-амілазний і білково протеїназний комплекси зерна пшениці [27].

Застосування ІЧ-променів при вистоюванні тістових заготовок при виробництві хліба прискорює цей процес. Запропоновано спосіб виробництва хлібобулочних виробів із застосуванням даного способу при вистоюванні [11].

Використання ІЧ-випромінювання як джерело нагрівання в процесі випічки борошняних і хлібобулочних виробів також дозволяє підвищити якість і збільшити термін зберігання готових виробів [4].

Інфрачервоне випромінювання відноситься до перспективних і широко вивченим способам обробки зерна, продуктів його переробки, в тому числі використовується і для випічки хліба. ІЧ-обробка дозволяє стабілізувати

показники якості зерна та борошна, знижує їх мікробіологічну забрудненість, однак аналіз літературних джерел свідчить про те, що досліджень по впливу інфрачервоного випромінювання на хлібопекарські властивості борошна, отриманого з суховійного зерна, не проводилося.

1.1.3 Інші фізичні і електрофізичні методи обробки зерна, борошна та хліба

Для обробки зерна, борошна та хліба також використовуються розглянуті нижче способи.

Гідротермічна обробка зерна, відома як кондиціонування (ГТО), перед помелом полягає в обробці зерна водою та теплом з метою зміни його структурно-механічних та біохімічних характеристик. Внаслідок цієї обробки клейковина зерна стає більш пружною, збільшується активність ферментів, що стає позитивним фактором під час бродіння тіста. В результаті такого кондиціонування спостерігається зменшення зольності борошна, поліпшення його кольору і збільшення об'ємного виходу хліба. [25].

Досліджено вплив ГТО на вуглеводний комплекс гречаного і вівсяного борошна. За результатами дослідження можна зробити висновок, що спосіб ГТО з зволоженням, відволоженням і сушінням зерна незалежно від варіанту зволоження викликає зниження вмісту крохмалю в борошні з обох культур, і збільшення вмісту декстринів в гречаному борошні, але, в цілому, на вуглеводний комплекс борошна впливає в меншому ступені, ніж традиційний спосіб ГТО з пропарюванням і сушінням зерна [5].

Соловйовою Ж.П. розроблений метод гідротермічної обробки зерна пшениці зі слабкою клейковиною, що включає гідротермічну обробку холодним способом, пропарювання вологого зерна з подальшим термостатуванням, визначені основні режимні параметри методу. При проведенні цих процесів спостерігається зміцнення клейковини в борошні, отриманого з обробленого зерна [54].

Відомий спосіб гідротермічного знезараження комбікормів (фуражного зерна), що включає пропарювання, охолодження і сушіння. Пропонована обробка розсипних комбікормів або фуражного зерна забезпечує знищення цвілевих грибків до 99 % при температурі пари 110 – 130 °С і тиску 1,5 – 2,0 атм [16].

Розглянуті способи ГТО зерна вимагають застосування спеціалізованого обладнання з системою водо- і парозабезпечення підприємства і недоцільні для зерна з надмірно міцною клейковиною.

Така технологічна операція, як аерація борошна повітрям, використовується для прискорення дозрівання борошна, запобігання його злежуваності і зависання в бункерах.

Зміцнення клейковини пшеничного борошна при його пневмотранспортуванням обумовлено тим, що при цьому частки борошна оточені повітрям, кисень якого необхідний для окислювально-відновних процесів, що лежать в основі підвищення сили борошна [10].

Оптимальні умови прискореного дозрівання пшеничного борошна забезпечуються при безтартному зберіганні в силосах, аерування повітрям при 25 °С в продовженні 6 год і питомій витраті повітря 2 – 3 м³/год на 1 т борошна. При слабкій або нормальній вихідній клейковині в борошні ефект від аерування краще, ніж при початковій міцної клейковини [36].

Борошно сильне, при аеруванні стає ще сильнішим, а при тривалому зберіганні – надто сильним, і дає при звичайному режимі тістовведення хліб зменшеного обсягу з щільним м'якушем [23].

Дослідженнями виявлялася полярність коронуючого електрода на схожість насіння кукурудзи при їх передпосівній обробці [7].

Вплив поля негативного коронного розряду на зерно може покращувати його якість і знижувати забрудненість мікроорганізмами. Крім того, відзначалося поліпшення структурно-механічних властивостей тіста, приготованого з обробленого зерна [38].

Застосування коронного розряду, як при позитивній, так і негативній полярності, недоцільно в разі обробки борошна, так як його вплив в більшій частині поширюється на електропровідні матеріали і матеріали з більшою діелектричною проникністю, ніж інша частина простору [20].

Одним з перспективних способів передпосівної обробки насіння є цілеспрямований вплив магнітним полем, що збільшує схожість насіння.

Електроконтактний нагрів забезпечує швидке підвищення температури продукту по всьому об'єму до необхідної величини за рахунок пропускання через нього електричного струму. Тому даний метод використовується в хлібопекарській промисловості для випічки хліба, причому процес відбувається в кілька разів швидше, ніж при радіаційно-конвективній випічці [10].

Ультразвукова обробка також знайшла застосування в харчовій промисловості, зокрема для обробки води при кондиціонуванні. Відомий спосіб обробки зерна перед закладкою на зберігання або при переробці зерна в борошно, що включає розпилення води в зерно за допомогою ультразвуку, при цьому воду перед розпиленням в зерно піддають ультразвуковій обробці в кавітаційному режимі, також вода може бути схильна до аерації. При цьому при переробці зерна в борошно, час зволоження зерна знижується на 2 – 4 год, мікрофлора зменшується більш ніж на 60 %, знижується зольність, а вихід борошна збільшується на 3,5 % [12].

Хмельовим А.Н. вивчалось спільне вплив ультразвуку і надмалих доз бурштинової кислоти на стимуляцію проростання насіння льону.

Обробка в магнітному полі, електроконтактне нагрівання, вплив ультразвуку вимагають використання спеціального обладнання, не набули широкого поширення для обробки зерна, аналіз літературних джерел показав, що ці методи не використовуються для обробки борошна з метою підвищення його якості.

1.2 Використання надвисокочастотного нагріву з метою поліпшення якості зерна, борошна та хліба.

1.2.1 Фізичні основи впливу обробки в полі НВЧ на матеріали

НВЧ техніка знайшла застосування в радіолокації, радіомовленні, телебаченні, телеметричному зв'язку, радіоастрономії, радіоспектроскопії, ядерній фізиці (прискорювачах елементарних частинок); мобільному зв'язку; промисловій технології як засіб швидкого розігріву і сушки матеріалів; гірничодобувній промисловості для теплового руйнування твердих порід; харчовій промисловості для прискореного приготування їжі, пастеризації, стерилізації та зневоднення продуктів; в медицині для глибокого локального прогрівання тканин з метою прискореного лікування і руйнування новоутворень [6].

Відповідно до міжнародної угоди для промислового застосування в даний час дозволено використовувати тільки окремі ділянки НВЧ-діапазону хвиль (900 ± 15 МГц і 2400 ± 50 МГц). Тому НВЧ-апарати використовують тільки ці частоти [38].

При виваженому виборі частоти коливань та параметрів камер, де відбувається перетворення високочастотної енергії в теплову, можна досягти приблизно однакового розподілу виділення тепла в обсязі тіла. Ефективність цього процесу, конвертації енергії електричного поля в тепло, зростає пропорційно частоті коливань і квадрату напруженості електричного поля. Важливо відзначити, що в цьому контексті дуже просто направляти високочастотну енергію практично до будь-якої області тіла, яка потребує підігріву. [7].

Особливістю всього комплексу електрофізичних методів обробки харчових продуктів є взаємодія електромагнітного поля зі структурою і речовиною продукту [6]. До основних електрофізичних характеристик поля, відносяться:

- щільність струму провідності (φ);

- магнітна проникність (μ);
- абсолютна діелектрична проникність (ϵ);
- провідність (σ).

Харчові продукти, з точки зору поведінки їх в електричному, магнітному та електромагнітному полях, являють собою гетерогенні суміші, що містять в собі воду (10 – 90 %). З точки зору фізики такі компоненти продуктів, як білки, жири і вуглеводи за їх електрофізичною природою можна віднести до розряду діелектриків з втратами, а водні розчини солей, які представляють собою електроліти – до розряду провідників [28].

Важливою перевагою використання високочастотного нагрівання є його теплова безінерційність, що означає можливість миттєвого включення та виключення теплового впливу на оброблюваний матеріал [2]. Це забезпечує високу точність управління процесом нагріву та його повторюваність. Ще однією перевагою високочастотного нагріву є високий коефіцієнт корисного використання (ККД) перетворення енергії високочастотного поля в тепло, що виділяється в об'ємі оброблюваних тіл. Теоретично цей ККД може бути близьким до 100 %. Теплові втрати в підвідних каналах, як правило, невеликі, і стінки хвилеводів та робочих камер залишаються практично холодними, що створює комфортні умови для обслуговуючого персоналу [6]

Нагрівання харчових продуктів в полі НВЧ засновано на явищі поляризації. У діелектриках і напівпровідниках майже всі заряди пов'язані внутрішньоатомними і внутрішньомолекулярними силами [24].

Чим вище частота електричного поля, тим більша кількість теплоти виділяється в діелектрику за одиницю часу. Одночасно наявні в речовині полярні молекули (диполі – системи з двох однакових за величиною і протилежних за знаком електричних зарядів, розташованих один від одного на певній відстані) прагнуть розташуватися в напрямку поля [33].

Для економічно обґрунтованого використання енергії високочастотного нагрівання слід обирати НВЧ пристрої, які володіють такими характеристиками в поєднанні: високий коефіцієнт корисного використання

(ККД) перетворення енергії промислової частоти в енергію високочастотних хвиль (не менше 50 %, а бажано 70 – 90 %); значна вихідна потужність в режимі безперервної роботи (приблизно 1 кВт і більше); проста конструкція, надійність та тривалий термін служби (не менше 2 – 5 тисяч годин); здатність ефективно працювати при змінному навантаженні [20].

Таким чином, обробка в полі НВЧ завдяки своїм властивостям і перевагам, широко застосовується в різних галузях виробництв, в тому числі у виробництві харчових продуктів.

1.2.2 Основні напрямки використання обробки в полі НВЧ в харчовій промисловості

За допомогою мікрохвильового обладнання можна вирішувати актуальні завдання багатьох виробництв – сушити рибу, м'ясо, зерно, фрукти і овочі, лісоматеріали, цеглу та овечу вовну, бавовну-сирець, лікарські трави, підвищувати якість зерна, комбікормів, витягувати з рослинної сировини з'єднання, альтернативні отрутохімікатам (пестициди природної природи) [21].

«Для теплової обробки харчових продуктів використовують електромагнітні поля дециметрового діапазону». На цих частотах коефіцієнт поглинання НВЧ-випромінювання дуже високий, а глибина проникнення променів достатня для рівномірного розподілу енергії по всьому об'єму продукту, що нагрівається [22].

Сушіння риби, м'яса, грибів, круп, овочів і фруктів за допомогою мікрохвиль характеризується невеликим часом та відносно низькою температурою процесу. У контексті харчових продуктів це призводить до високої збереженості корисних речовин і вітамінів [21].

Надвисокочастотна обробка використовується в громадському і дієтичному харчуванні, про це свідчить ряд робіт авторів [13]. Використання обробки в полі НВЧ підвищує харчову цінність готових виробів, зменшується

тривалість теплової обробки, відбувається збереження поживних речовин в порівнянні з традиційними методами обробки.

Також обробка в полі НВЧ використовується і при виготовленні соків з рослинних продуктів [46]. Обробка в полі НВЧ плодів збільшує вихід соку в порівнянні з традиційною технологією отримання.

Обробка в полі НВЧ також використовується для інактивації антипоживних речовин сої [23], а також для інтенсифікації процесу сушіння насіння, зерна в післязбиральному періоді [38].

При обробці в полі НВЧ насіння збільшується його схожість, забрудненість бактеріями, грибами і вірусами знижується, що викладено в роботах [15], що значно збільшує врожайність культур.

Використання обробки в полі НВЧ для сушіння яблук, картоплі, ягід, рослин, ягідних соків розглянуто в роботах [3]. Отримані продукти відрізнялися більш високою якістю по відношенню до продуктів, при сушінні яких не застосовувалося поле НВЧ.

Надвисокочастотна обробка використовується для розморожування харчових продуктів, дослідження в даному напрямку викладені в роботах [25].

Широке застосування отримала обробка в полі НВЧ в м'ясній і молочної промисловості для бактерицидного і бактеріологічного знешкодження [28].

Застосування НВЧ-технології в зернопереробній, комбікормовій і хлібопекарській промисловості збільшується з кожним роком. Існує спосіб виробництва булочних виробів, в якому борошно амаранту обробляють НВЧ-випромінюванням, при цьому поряд з підвищенням споживчих властивостей готових виробів, що виражаються в збільшенні пористості і питомого об'єму значно поліпшується харчова цінність виробу [45].

Відомий спосіб знезараження комбікормів, що включає вплив електромагнітних коливань. Результати досліджень переконують, що загальне мікробне число починає знижуватися нижче допустимого рівня при температурі нагріву вище 40 °C [16].

Дослідження академіка Бородіна І.Ф. показали, що насіння рослин знезаражуються за 20 – 60 с, саме насіння нагрівається при цьому на одиниці градусів. Встановлено, що НВЧ-нагрівання комбікормів до 120 – 130 °С знижує його загальну забрудненість мікроорганізмами фактично до нуля [21].

Досліджувався вплив електромагнітного поля в мікрохвильовій печі «Електроніка» на інтенсифікацію бродіння опари при опарному способі виробництва хліба. У хліба, приготованого на опарі, обробленої в мікрохвильовому полі, після 2 год бродіння, покращилися показники якості [31].

В цілому можна зробити висновок, що обробка в полі НВЧ знайшла широке застосування у виробництві харчових продуктів через свої переваги, які позитивно впливають на якість продукції, що виготовляється.

1.2.3 Застосування поля НВЧ для обробки зерна і продуктів його переробки

Обробка в полі НВЧ знайшла широке застосування в елеваторній, зернопереробній і борошномельній промисловості в різних цілях через свої переваги.

В останні роки знаходить все більше поширення процес мікронізації зернових культур з їх попередньою обробкою НВЧ-випромінюванням.

Відомий спосіб обробки зерна в полі НВЧ, що включає вплив на нього НВЧ-енергії, що відрізняється тим, що вплив здійснюють в діапазоні частоти 2745 ± 135 МГц і частоти повторення імпульсів 400 Гц при тривалості імпульсу впливу 225 мкс, імпульсної потужності $0,9 - 10^6$ Вт, середньої потужності 1000 Вт і експозицією 24 – 26 с. Оброблене таким чином зерно може бути призначене для тривалого зберігання і використання для промислової переробки фуражу [12].

Обробка в полі НВЧ також використовується для знезараження зерна та поліпшення якості продовольчого зерна і продуктів його переробки. Виявлено оптимальні режими для знезараження зерна: зерно вологістю 17,5 % слід

обробляти при швидкості нагріву $0,6 - 0,8$ °C/с і експозиції $60 - 90$ с. Зерно вологістю вище 18 % - при швидкості нагріву $0,4 - 0,6$ °C/с і експозиції $30 - 60$ с. Зазначені режими забезпечують мікробіологічну стабільність і безпеку зерна, продуктів його переробки та хліба [16].

«Ефективність впливу енергії електромагнітного поля залежить від дисперсії, діелектричної проникності і провідності оброблюваного продукту. Дослідженнями встановлено, що загибель мікроорганізмів відбувається в результаті денатурації білка при порівняно невисоких темпах нагріву $0,5 - 0,8$ °C/с, питомій потужності $0,09 - 0,3$ кВт/кг, а при збільшенні темпу нагрівання до $1,2 - 1,6$ °C/с – за рахунок діелектричного руйнування клітин живої тканини». Кращий ефект НВЧ-зnezараження від спороутворюючих бактерій відзначений при обробці зерна з вологістю $15 - 16$ % при експозиції $60 - 90$ с, швидкості нагріву $0,6 - 0,8$ °C/с і температурі нагріву $60 - 80$ °C [6].

Панасенко В.І. досліджував особливості інактивації мікроорганізмів мікрохвилями з частотою 2375 МГц в різних середовищах. Величина питомої поглиненої потужності варіювала від 17 до 700 Вт/см, експозиція впливу мікрохвиль – від $0,4$ до $17,5$ с [6].

Поєднання методів гідротермічної обробки і термічного НВЧ зnezараження, з урахуванням вихідної якості зерна, дозволяє диференційовано використовувати режими зnezараження з метою поліпшення якості клейковини. Встановлено, що руйнування клейковинного комплексу відбувається при температурі 75 °C і вище і хліб в пробних випічках при цьому має незначне погіршення, за рахунок зниження пористості і зменшення обсягу хлібобулочних виробів [16].

Ефективність технологічного процесу зnezараження зерна в полі НВЧ при виробництві зернового хліба була встановлена при експлуатації установки «Імпульс ЗУ» при питомій енергії $162 - 486$ Вт/дм і експозиції $60 - 80$ с [6].

Процес обробки зерна і борошна в полі НВЧ можна уявити, як процес перенесення енергії, пов'язаний з біохімічними реакціями. В даному випадку, за них приймаються окислювально-відновні процеси білково-протеїназного

комплексу, які, в основному, і обумовлюють зміцнення клейковини і підвищення сили борошна.

Таким чином, обробка в полі НВЧ широко використовується при обробці зерна і продуктів його переробки, зокрема в борошномельному і хлібопекарському виробництві. Обробка в полі надвисокої частоти знижує мікробіологічну забрудненість зерна і продуктів його переробки.

Відносно пшеничного борошна енергія електромагнітного поля, з урахуванням тривалості її впливу, може замінити процес дозрівання борошна або зміцнити клейковину слабого борошна за рахунок того, що борошно нагрівається, поглинаючи енергію випромінювання. За рахунок обробки в полі НВЧ також підвищується газоутворююча здатність борошна.

Перераховані властивості надвисокочастотного поля свідчать про доцільність його використання для обробки борошна, отриманого з суховійного зерна. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що досліджень по впливу обробки в полі НВЧ на хлібопекарські властивості борошна з міцною клейковиною і зниженою активністю білково-протеїназного і вуглеводно-амілазного комплексу не проводилося, незважаючи на те, що поліпшення якості борошна за даними показниками є важливим завданням для борошномельного і хлібопекарського виробництва.

1.2.4 НВЧ-установки для обробки харчових продуктів

В міжнародній практиці застосовуються НВЧ-апарати різних модифікацій. Існуючі системи можна класифікувати за різними характеристиками, такими як потужність, продуктивність та інші параметри.

«За потужністю НВЧ-установки діляться на три групи, [9]: малу (до 1,5 кВт); середню (1,5 – 5,0 кВт); велику (понад 5 кВт).

За продуктивністю НВЧ-установки можуть бути трьох категорій: малої (5 – 10 кг/год); середньої (15 – 40 кг/год); великою (від 50 кг/год і вище)».

Установки малої і середньої потужності прийнято називати НВЧ-печами, НВЧ-шафами, мікрохвильовими печами, електронними шафами,

діелектричними печами. Апарати великої потужності зберігають назву електротермічних НВЧ-установок або просто НВЧ-установок [33].

В залежності від методу впливу, НВЧ-установки можна класифікувати як апарати з періодичною або безперервною дією. Конструкція НВЧ-печей може мати форму підлогової, настільної або вбудованої. За методом охолодження НВЧ-генератора розрізняють печі з повітряним і водяним охолодженням [26].

ТОВ «Аграрні високочастотні технології» розробило установку мікрохвильову для сушіння зернових та олійних культур моделі АСТ-3 (рисунок 1.1).

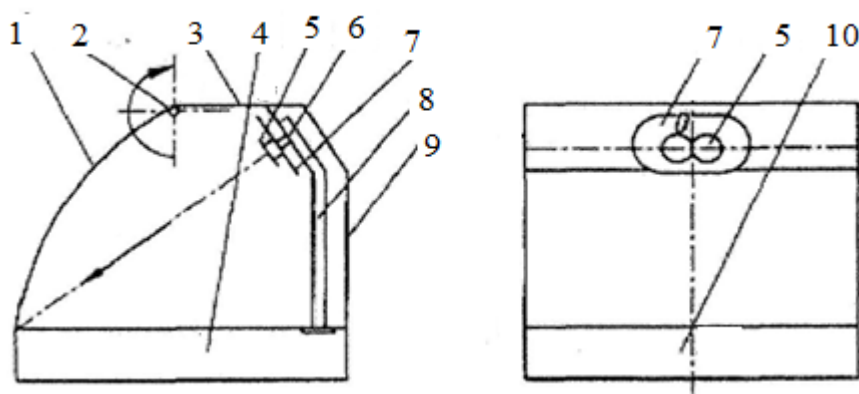


Рисунок 1.1 – Мікрохвильова піч АСТ-3

- 1 – дверцята; 2 – вісь; 3 – камера; 4 – корпус електронного блоку;
 5 – випромінювач; 6 – зовнішній провідник коаксіального виходу КВП;
 7 – екран; 8 – хвилевід; 9 – захисна кришка; 10 – пульт управління.

Продукт сушки подається в активну зону через засипний бункер. Проходячи через активну зону зверху вниз продукт розігрівається струмами НВЧ на 25 – 35 °С вище температури навколишнього середовища. Початковий процес видалення вологи починається в активній зоні і дозволяє зняти від 2 до 3 % вологи. Надалі продукт сушіння надходить в сушильну зону, де відбувається видалення вологи і зниження температури продукту до температури вище температури навколишнього середовища на 10 – 12 °С. Далі продукт через шнек вивантажується в приймальний бункер або висипну яму (в

залежності від місця установки зерносушарки), де відбувається вирівнювання температури продукту сушіння з температурою навколишнього середовища і остаточний зняття вологи. Установка забезпечує: високу продуктивність (3,7 – 5,5 м³/год); малі габарити і вага; відсутність забруднення зерна канцерогенними продуктами згоряння палива; відсутність мікротравмування зерна; можливість обробки насіння з великою вологістю; можливість використання складних режимів сушіння; поліпшення схожості насіння при обробці насінневого фонду; наявність автоматики; низька вартість переробки зерна і витрати на обслуговування; пожежна безпека [14].

Таким чином, провівши аналіз літературних джерел по установкам з НВЧ-енергопідводом, можна зробити висновок, що більшість з них використовується для зниження мікробного обсіменіння зерна, поліпшення схожості насіння, сушіння рослинних культур. Установок для поліпшення якості борошна в результаті літературного огляду виявлено не було, що свідчить про необхідність створення установок з НВЧ-енергопідводом для роботи в напрямку покращення фізико-хімічних показників борошна і хлібопекарських властивостей.

Висновки до розділу

В даний час в Україні внаслідок ґрунтово-кліматичних умов виробляється велика кількість пшеничного борошна з сильною клейковиною і високим числом падіння. Тому розслаблення сильної за якістю сирої клейковини борошна і стабілізація газоутворювальної здатності борошна до рекомендованих значень є актуальним завданням в підвищенні якості пшеничного борошна.

Для підвищення якості борошна можливе застосування хлібопекарських поліпшувачів, які впливають на білково-протеїназний і вуглеводно-амілазний комплекси борошна в залежності від її початкової якості. «Однак хлібопекарські поліпшувачі допустимо вводити в борошно тільки в тому

випадку, якщо вони при тривалому вживанні не загрожують здоров'ю людини».

Також необхідний суворий контроль над кількістю внесених поліпшувачів в борошно і при виробництві хліба, щоб уникнути випадків перевищення їх кількості вище допустимих норм. «При розробці технології повинен враховуватися фактор технологічної доцільності і необхідності застосування хлібопекарських поліпшувачів».

Поряд з використанням хімічних і біологічних методів для поліпшення якості пшеничного борошна, останнім часом широко почали застосовуватися в харчовій промисловості фізичні методи обробки.

Аналіз літературних джерел показав, що досліджень з впливу ультрафіолетового, інфрачервоного випромінювання на показники якості суховійного зерна і борошна з нього не проводилося.

Обробка в магнітному полі, електроконтактний нагрів, вплив ультразвуку вимагають використання спеціального обладнання, не набули широкого поширення для обробки зерна, аналіз літературних джерел також показав, що ці методи не використовуються для обробки борошна з метою підвищення її якості.

Обробка в полі НВЧ знайшла широке застосування у виробництві харчових продуктів через свої переваги, які позитивно впливають на якість продукції, що виготовляється, і поле НВЧ використовується при обробці зерна і продуктів його переробки, зокрема в борошномельному і хлібопекарському виробництві.

Обробка в полі надвисокої частоти знижує мікробіологічну забрудненість зерна і продуктів його переробки. Відносно пшеничного борошна енергія електромагнітного поля НВЧ, з урахуванням тривалості її впливу, може замінити процес дозрівання борошна або зміцнити клейковину слабкого борошна за рахунок того, що борошно нагрівається, поглинаючи енергію випромінювання, за рахунок обробки в полі НВЧ також підвищується газоутворююча здатність борошна.

Властивості надвисокочастотного поля свідчать про доцільність різниці його використання для обробки борошна, отриманого з суховійного зерна. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що досліджень по впливу обробки в полі НВЧ на хлібопекарські властивості борошна з міцною клейковиною і зниженою активністю білково-протеїназного і вуглеводно-амілазного комплексу не проводилося, незважаючи на те, що поліпшення якості борошна за даними показниками є важливим завданням для борошномельного і хлібопекарського виробництва.

З огляду на вищесказане, метою цієї роботи є дослідження процесу обробки пшеничного борошна в полі НВЧ, отриманого з суховійного зерна для поліпшення показників якості.

2 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА В ПОЛІ НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ

2.1 Обґрунтування запропонованого технологічного процесу обробки пшеничного борошна в полі надвисокої частоти

З урахуванням сучасного стану питання про кількісні та якісні показники пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна, необхідно внести зміни в традиційну технологію вироблення борошна з метою поліпшення показників якості.

З цією метою пропонується технологія переробки зерна в борошно з включенням процесу надвисокочастотної обробки борошна для поліпшення її якісних показників (рисунок 2.1) [37].

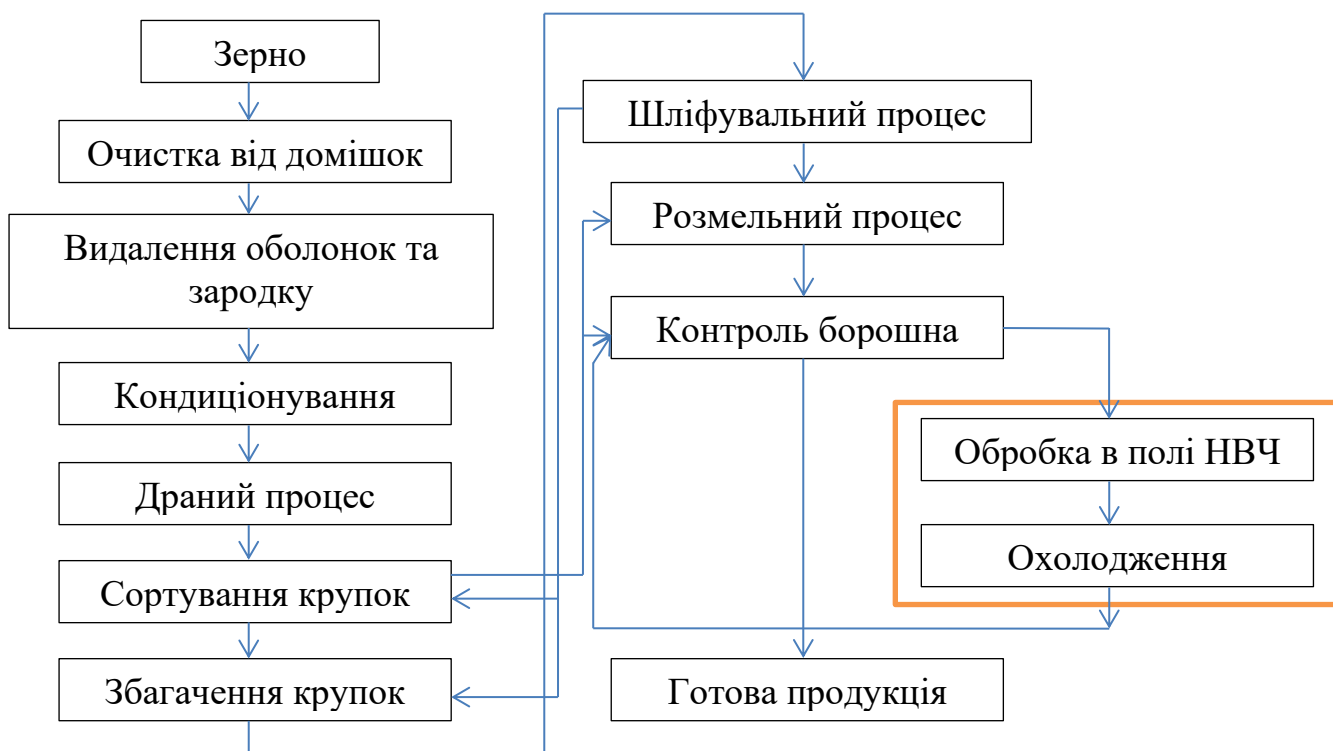


Рисунок 2.1 – Схема запропонованої технології виробництва пшеничного борошна

Для цього висунута гіпотеза про те, що стабілізувати показники якості пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна в полі надвисокої

частоти можливо після стадії контролю кількісних і якісних показників в умовах виробничої лабораторії.

Якщо після контролю параметри пшеничного борошна є оптимальними для застосування в хлібопекарському виробництві, то борошно відправляється на стадію вибою і подальше зберігання на склад.

Якщо ж показники якості пшеничного борошна вимагають стабілізації і досягнення раціональних значень для використання в хлібопекарському виробництві, борошно відправляється на обробку в НВЧ-установки, в подальшому на охолодження, вибій і зберігання на склад [7].

2.2 Обґрунтування вибору параметрів обробки борошна в полі НВЧ

Виходячи з мети і завдань цієї роботи, необхідна розробка способу обробки хлібопекарської пшеничного борошна в установці з НВЧ-енергопідводом і комплексна оцінка впливу обробки на фізико-хімічні показники якості борошна, отриманого з суховійного зерна.

При виборі діапазону ефективних режимів обробки в полі НВЧ розглядалися основні чинники (критерії оптимізації), що визначають зміну кількісних і якісних показників пшеничного борошна і її хлібопекарських властивостей [27]:

- масова частка вологи (вологість);
- вміст периферійних частинок зерна в борошні (білизна і зольність);
- стан білкового комплексу зерна (вміст і якість клейковини, розтяжність клейковини, вміст білка);
- стан вуглеводно-амілазного комплексу (число падіння);
- кислотність борошна.

Для проведення експериментальних досліджень було взяте борошно першого ґатунку з наступними показниками за середнім значенням [30] (таблиця 2.1).

Волога в борошні має велике значення при оцінці його якості, стійкості при зберіганні і технологічної якості, вона є учасником всіх біохімічних і мікробіологічних процесів [10], білковий комплекс відіграє важливу роль при виробництві хлібобулочних виробів, і його показники характеризують хлібопекарські властивості борошна. Амілолітичні ферменти пшеничного борошна, що виконують функції регуляторів біохімічних процесів, дозволяють прискорювати біохімічні реакції в напівфабрикатах хлібопекарського виробництва, а величина числа падіння безпосередньо характеризує активність α -амілази в борошні. У свою чергу кислотність служить показником свіжості борошна, тривалості його зберігання [10]. Збереження кількісних і якісних показників борошна є важливим моментом при обробці в полі надвисоких частот. Необхідно підібрати режими обробки таким чином, щоб в борошні повністю зберігся білковий комплекс, збільшилася активність амілолітичних ферментів, а зміна показників вологості, білизни, зольності і кислотності було мінімальним.

Необхідно також відзначити, що картопляна хвороба хліба одне з найбільш поширених захворювань, яке завдає економічної шкоди хлібопекарській промисловості, торгівлі і споживачам [28]. Грантовий мікроб – спороутворююча картопляна паличка (підвид *Bacillus subtilis*) – широко поширений в природі, спочатку він потрапляє в зерно (при його дозріванні і обмолоті), а потім в борошно [10]. Картопляна або тягуча хвороба хліба зазвичай спостерігається в літні місяці. При сприятливих умовах спори картопляної палички під час зберігання хліба проростають, а що утворилися бактеріальні клітини ферментами розкладають крохмаль і білки хліба. Крохмаль перетворюється в декстрини, а білки – в амінокислоти, пептони і аміді [10].

Таблиця 2.1 – Органолептичні показники і показники якості пшеничного борошна першого ґатунку

Найменування показника	Значення показника	Значення показника за нормативними документами	Номер нормативного документа
Колір	Білий	Білий або білий з жовтуватим відтінком	ДСТУ 46.004-99
Смак	Властивий пшеничному борошну, сторонні присмаки відсутні	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий	ДСТУ 46.004-99
Запах	Властивий пшеничному борошну, сторонні запахи відсутні	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	ДСТУ 46.004-99
Масова частка вологи	13,5 %	Не більше 15 %	ДСТУ 46.004-99
Масова частка золи в перерахунку на суху речовину	0,65 %	Не більше 0,75 %	ДСТУ 46.004-99
Білизна	53,8 у.о. за показниками приладу РЗ-БПЛ	Не менше 36 у.о. за показниками приладу РЗ-БПЛ	ДСТУ 46.004-99
Масова частка сирої клейковини	32,04 %	Не менше 30 %	ДСТУ 46.004-99
Якість сирої клейковини	38 у.о. за показаннями приладу ВДК-1	Не нижче 11 групи	ДСТУ 46.004-99
		35 – 50; 80 – 100 у.о. за показниками приладу ВДК-1	ГОСТ 27389-88
Вміст білка	15,17 %	Не регламентується	-
Розтяжність клейковини по лінійці	9 см (коротка)	Не регламентується	-
Число падіння	405 с	Не менше 185 с	ДСТУ 46.004-99
Кислотність борошна	2,8 °	Не регламентується	-

У зв'язку з тим, що в процесі обробки пшеничного борошна в полі НВЧ змінюються фізико-хімічні показники якості, необхідно провести дослідження щодо впливу обробки в полі НВЧ на захворюваність хліба картопляною хворобою.

Для встановлення режимних параметрів обробки в полі НВЧ була проведена серія постановочних дослідів. Лабораторні дослідження проводилися в навчальній лабораторії кафедри харчових технологій ДДАЕУ.

У відповідності зі схемою проведення експерименту (рисунок 2.2) і теоретичними передумовами дослідження обробки в полі НВЧ вхідними параметрами (параметрами оптимізації) обрані:

- час впливу t , с;
- питома теплова потужність НВЧ-енергопідвода P , кВт/м;
- товщина шару борошна h , мм.

Було вивчено вплив цих параметрів на кількісні і якісні показники пшеничного борошна. Для досягнення певного рівня нагрівання використовували поєднання часу впливу, питомої теплової потужності НВЧ-енергопідводу, товщини шару борошна при частоті обробки 2,45 ГГц.

На даній частоті хвиль коефіцієнт поглинання НВЧ-випромінювання вкрай великий, а глибина проникнення поля достатня для однорідного розподілу енергії по всьому об'єму оброблюваного продукту [7].

В результаті температура пшеничного борошна підвищувалася до 26 – 81 °С від початкової температури 20 °С. У ряді робіт по НВЧ-обробці зерна і продуктів його переробки з метою зниження мікробного обсіменіння [27] наведені діапазони значень часу впливу.

Діапазон значень питомої теплової потужності НВЧ-енергопідводу варіюється в залежності від температури нагріву, оскільки саме цей показник впливає на кількісні та якісні показники пшеничного борошна.



Рисунок 2.2 – Схема проведення досліджень

Товщина шару пшеничного борошна при обробці в полі НВЧ з частотою 2,45 ГГц не повинна перевищувати 50 мм для продуктів з вмістом вологи не більше 25 %, при цьому забезпечується повне поглинання енергії продуктом [20].

Таким чином, встановлена залежність між основними параметрами обробки в електромагнітному полі і якісними і кількісними показниками пшеничного борошна [30]

$$y = f(T, P, t, h), \quad (2.1)$$

де T – температура обробленого продукту, °С;

P – питома теплова потужність НВЧ-енергопідводу, кВт/м;

t – час впливу поля НВЧ, с;

h – товщина шару борошна, мм.

2.3 Опис установки для обробки пшеничного борошна в полі НВЧ

Схема лабораторної установки для вивчення впливу обробки в полі НВЧ на кількісні і якісні показники пшеничного борошна показана на рисунку 2.3.

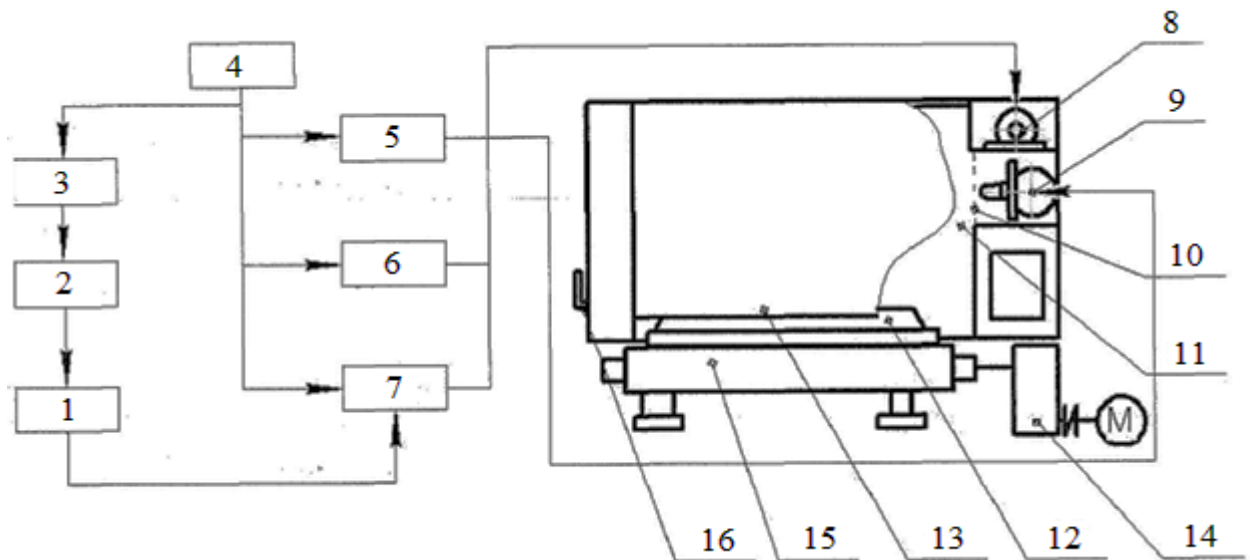


Рисунок 2.3 – Схема лабораторної установки обробки пшеничного борошна в полі НВЧ

- 1 – блок завдання параметрів; 2 – блок управління; 3 – блок захисту; 4 – вузол введення; 5 – блок автоматики магнетрона; 6 – трансформатор накаливання; 7 – анодний трансформатор; 8 – вентилятор охолодження магнетрона; 9 – магнетрон; 10 – діелектрична перегородка; 11 – робоча камера; 12 – оброблюваний продукт; 13 – екрануюча шиберна заслінка; 14 – привід транспортера; 15 – транспортер; 16 – термометр.

Працює установка в такий спосіб. Електроенергія від вузла введення 4 після включення установки подається в блок автоматики 5, який забезпечує нормальні умови роботи магнетрона 9 – захист від перегріву, послідовність включення. Крім цього енергія подається в трансформатор 6 накаливання. При цьому включається вентилятор охолодження магнетрона 8, і отримують живлення блок захисту 3 і блок управління 2. Після прогріву катода магнетрона, задається необхідна товщина шару борошна за допомогою екрануючої шиберної заслінки 13, включається привід транспортера 14, відбувається завантаження робочої камери 11 продуктом 12 за допомогою транспортера 15 і на блоці 1 задається тривалість обробки і питома теплова потужність НВЧ-енергопідводу.

Процес діелектричного нагріву починається після подачі напруги на анодний трансформатор 7, висока напруга якого подається на НВЧ генератор, при цьому енергія поля НВЧ подається в робочу камеру 11, через діелектричну перегородку 10. При обробці проводять вимірювання температури зразка електронним термометром 16 з термопарою. Після закінчення процесу обробки установка переходить в черговий режим. При цьому анодний трансформатор і привід відключаються.

Після обробки пшеничне борошно охолоджують природним шляхом до досягнення температури 20 – 22 °С при якій проводять дослідження показників якості борошна.

2.4 Методи досліджень показників якості борошна

У відповідності зі схемою проведення експерименту передбачалося вивчення ряду показників якості борошна за допомогою органолептичних та фізико-хімічних методів досліджень.

Особливості методики проведення випробувань обробленого борошна і контрольних зразків викладені в нормативних документах на методи визначення якості.

Якість борошна повинна відповідати стандартам, що визначені для конкретного виду борошна. Для пшеничного борошна це стандарт ДСТУ 46.004-99.

Визначення вмісту вологи в борошні (вологості борошна) проводилося методом повітряно-теплового сушіння. Цей метод включав в себе процес видалення вологи з борошна в повітряно-тепловій шафі СЕШ-3М при фіксованих параметрах температури і тривалості сушіння [31].

Білизна і масова частка золи в перерахунку на суху речовину, відома як зольність, є характеристиками сорту борошна [35]. Величина білизни і масової частки золи в перерахунку на суху речовину залежить від вмісту в борошні периферійних частинок зерна, які є основними носіями мінеральних речовин і визначають затемнення борошна. Для визначення білизни використовувався метод вимірювання відбивної здатності ущільнення-згладженої поверхні борошна за допомогою фотоелектричного приладу. Показник білизни виражався через зональний коефіцієнт відображення в умовних одиницях приладу, використовуючи світофільтр ЖЗС-9, а для вимірювання білизни використовувався прилад РЗ-БПЛ. Показник білизни проби борошна визначався як середнє значення результатів вимірювань [35].

Визначення зольності борошна проводилося шляхом його спалювання в муфельній печі при температурі 600 – 900 °С до повного озолення, за яким слідувало визначення вогнетривкого залишку. Після цього проводилось обчислення відсоткового вмісту золи для кожної проби борошна в перерахунку на суху речовину [37]

Стан білкового комплексу клейковини та її кількісні та якісні характеристики є ключовими показниками хлібопекарської якості пшеничного борошна [10]. Для визначення масової частки сирої клейковини застосовувалася процедура відмивання, яка виконувалася вручну [30]. Процес замісу включав в себе використання 25 г борошна та 14 см³ води. Після 20-хвилинного стояння починалось відмивання клейковини під слабким струменем води через сито з поліамідної тканини. Відмивання проводилося

безперервно, утримуючи обережність, щоб уникнути відділення частинок клейковини разом із крохмалем. Процедура тривала до того моменту, коли оболонки клейковини майже повністю відмивалися, а вода, що стікала, ставала майже прозорою (без каламуті). Масова частка клейковини визначалася шляхом зважування та перерахунку.

Оцінку якості сирової клейковини проводили за допомогою вимірювання її пружно-еластичних характеристик. Для цього відділену, віджату та зважену клейковину виділяли в наважці масою 4 г. Сформовану вручну кульку клейковини поміщали для відлежування в чашку з водою при температурі від 18 до 20 °C і залишали в ємності з 2 – 3 дм³ води при зазначених раніше температурних умовах протягом 15 хвилин.

Після періоду відлежування кульку клейковини виймають і розташовують у центрі стовпчика приладу ВДК, після чого отримані результати вимірювань пружних властивостей клейковини виражають у відповідних умовних одиницях приладу.

Також якість сирової клейковини визначалася за її кольором, розтяжністю та еластичністю. Визначення кольору проводилося після остаточного відмивання клейковини і описувалося як світлий, сірий або темний. Розтяжність та еластичність клейковини визначали після встановлення її кольору. З віджатої та зваженої клейковини відбирали два шматочки масою по 4 г. Шматочки обминали пальцями 4 – 5 разів і формували в кульки, які поміщали в чашку з водою при температурі 18 °C на 15 хвилин. Після цього визначали розтяжність та еластичність. Розтяжність визначали, тримаючи шматочок клейковини трьома пальцями обох рук і рівномірно його розтягуючи над лінійкою до розриву за умови, що весь процес триває близько 1 секунди. Під час розтягування не допускали обертання клейковини. В момент розриву фіксували довжину, на яку вона розтягнулася. Для визначення еластичності шматочок клейковини також розтягували трьома пальцями обох рук над лінійкою на приблизно 2 см і відпускали, використовуючи великий і вказівний пальці для стискання шматочка клейковини. Рівень та швидкість відновлення

первісної довжини чи форми шматочка клейковини використовувались для оцінки її еластичності [24].

Вирішальне значення для харчування людини має білок, а вміст білка в борошні є ключовим показником його якості [30]. Для визначення кількості білка в борошні використовувався волого-хімічний метод за методом К'ельдаля. Суть методу полягає в мінералізації борошна сірчаною кислотою в присутності каталізатора, що призводить до утворення сульфату амонію. Далі відбувається руйнування сульфату амонію лугом з виділенням аміаку, який відганяється водяною парою в розчин борної кислоти. Після цього проводиться титрування та обробка результатів [34].

Число падіння характеризує стан вуглеводно-амілазного комплексу і дозволяє судити про газоутворюючу здатності борошна [2]. Число падіння визначалося на приладі марки Falling Number 1700 фірми Perten [28]. Насипали наважку борошна з масою, що відповідає її вологості в пробірку віскозиметра, додавали 25 дм дистильованої води, струшували пробірку для отримання однорідної маси, далі встановили пробірку віскозиметра в баню з киплячою водою. Після зупинки мішалки при зануренні віскозиметра на певну глибину, на панелі з'являлася цифра, яка вказує на число падіння.

Важливим показником, який не врахований у нормативно-технічній документації, але має велике значення у хлібопеченні, є кислотність борошна. Вона вказує на сорт і свіжість борошна, а також впливає на смак і аромат хліба [2]. Визначення кислотності борошна проводилося через титрування гідроксидом натрію всіх кисло-реагуючих речовин у борошні. Для цього взяли дві наважки борошна масою 5,0 г кожна з проби, призначеної для випробувань. Борошно розсипали в суху конічну колбу і додали 50,0 см³ дистильованої води. Змішання в колбі проводили до повного розчинення грудочок. До отриманої суміші з пшеничного борошна додали три краплі 3 % спиртового розчину фенолфталеїну. Потім суміш знову перемішували і титрували розчином гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм³. Титрування проводилося краплями рівномірно, з уповільненням в кінці реакції при постійному

перемішуванні вмісту колби до появи чіткого рожевого кольору, який не зникає при спокійному стоянні колби протягом 20 – 30 секунд, після чого проводилася обробка результатів [26]

Для оцінки мікробіологічної стійкості хлібних виробів до збудника картопляної хвороби (*Bacillus subtilis*) проводили експериментальну випічку хліба в лабораторних умовах [29]. Після випічки та охолодження хліба протягом 1,5 – 2,0 годин до температури 18 – 22 °С, його обгортали у пухкий (наприклад, газетний) папір, насичували водою, укладали в поліетиленовий пакет та розміщували в термостаті при температурі 37 – 40 °С, фіксуючи час. Через 24 і 36 години зразки хліба розгортали і за допомогою органолептичного методу визначали наявність або відсутність ознак «картопляної хвороби» у хлібі (специфічний запах, липкість, слиз на м'якушці, темні плями) [24].

Висновки до розділу

Було проведено теоретичне дослідження процесу обробки в полі надвисокої частоти, в результаті чого виявлено, що вхідними параметрами є:

- час впливу;
- питома теплова потужність НВЧ-енергопідводу;
- товщина шару борошна.

Досліджено та розроблено технологію обробки із застосуванням поля НВЧ на прикладі пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна з включенням етапу по впливу електромагнітного поля на борошно.

Запропоновано схему установки для вивчення впливу обробки в полі НВЧ на кількісні і якісні показники пшеничного борошна, описаний алгоритм роботи установки.

У відповідності зі схемою проведення експерименту передбачено вивчення ряду показників якості борошна за допомогою органолептичних та фізико-хімічних методів досліджень, описана методика їх проведення.

3 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА В ПОЛІ НВЧ

Відповідно до поставленої задачі поліпшення кількісних і якісних показників пшеничного борошна в електромагнітному полі НВЧ необхідно нагріти пшеничне борошно на гранично допустимій температурі за певний період часу.

Для визначення гранично допустимої температури необхідно використовувати поєднання параметрів обробки в полі НВЧ.

У відповідності зі схемою проведення експерименту і теоретичними передумовами дослідження обробки в полі НВЧ вхідними параметрами були обрані:

- час впливу t , с;
- питома теплова потужність поля НВЧ P , кВт/м³;
- товщина шару борошна h , мм.

Час обробки варіювалося в межах 30 – 90 с, діапазон значень був прийнятий виходячи з енергоємності процесу обробки.

Попередньо, діапазон варіювання питомої теплової потужності поля НВЧ брали від 0,1 до 0,6 кВт/м³, і вивчали вплив цього параметра на температуру нагрівання пшеничного борошна при обробці в полі НВЧ.

Для обробки пшеничного борошна була обрана частота 2,45 ГГц, яка є раціональною для теплової обробки більшої частини харчових матеріалів.

При вологості в діапазоні 12 – 14 %, враховуючи електрофізичні характеристики пшеничного борошна [28] оптимальною глибиною проникнення електромагнітного поля можна вважати 20 – 40 мм.

Дослідженнями встановлено, що при обробці в полі НВЧ ознаки початкової зміни клейковинного комплексу відбуваються при температурі 30 °С, а його руйнування при температурі 75 °С і вище [33].

Таким чином, приймаємо граничні умови $30\text{ °С} < T < 75\text{ °С}$ з огляду на тепло- та електрофізичні характеристики пшеничного борошна [28].

Після розрахунку температури нагріву пшеничного борошна отримані криві нагріву, що зв'язують питому потужність нагрівання в полі НВЧ та час обробки при товщині шару борошна 30 мм (рисунок 3.1).

Аналізуючи залежність, показану на рисунку 3.1 можна встановити, що параметрами обробки, при яких досягається температура 35 – 75 °С є:

- час впливу $t = 30 - 90$ с;
- питома теплова потужність поля НВЧ $P = 0,12 - 0,408$ кВт/м³;
- товщина шару борошна $h = 20 - 40$ мм [45].

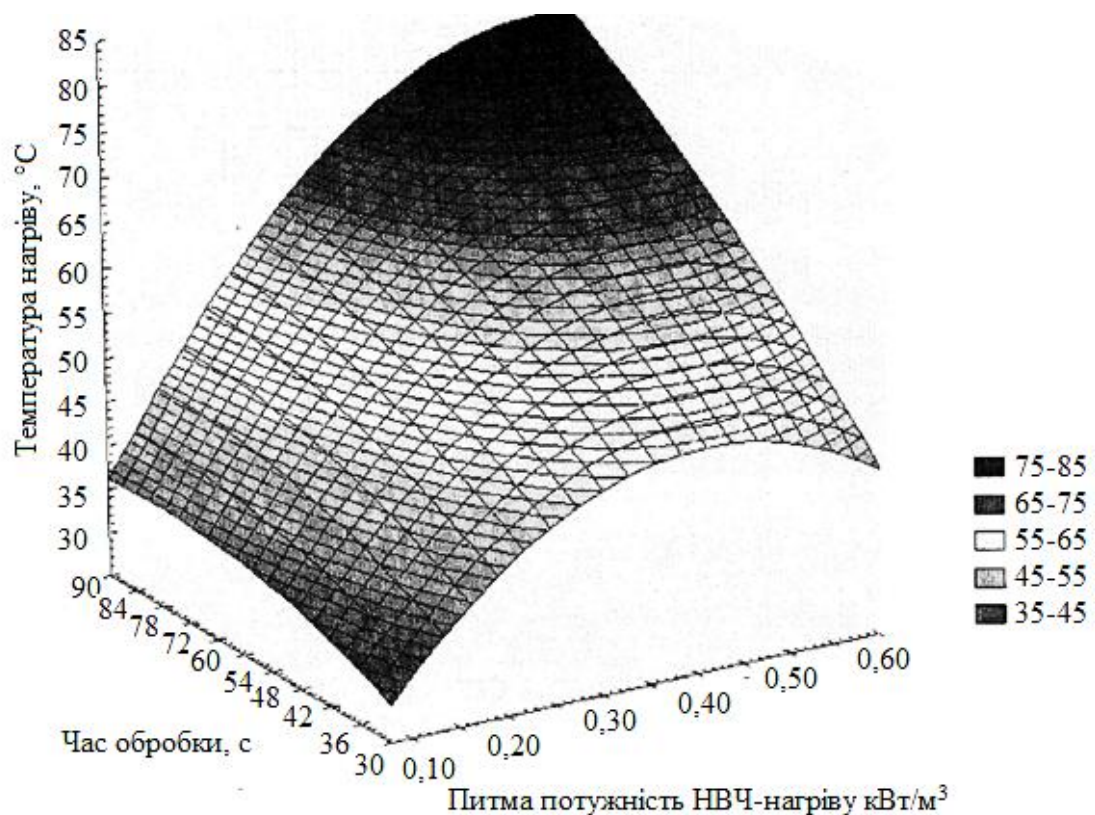


Рисунок 3.2 – Теоретичні залежності температури нагрівання пшеничного борошна від часу обробки і питомої потужності поля НВЧ

Висновки до розділу

В результаті досліджень:

- встановлено, що при надвисокочастотному підводі теплоти температура пшеничного борошна змінюється в залежності від зміни часу

обробки, питомої потужності нагрівання в полі НВЧ і товщини шару борошна при постійній частоті електромагнітного поля 2,45 ГГц;

- на підставі-отриманої залежності, для досліджень і визначення раціональних режимів обробки пшеничного борошна в полі НВЧ при частоті 2,45 ГГц можна використовувати такі діапазони вхідних параметрів, що дозволяють проводити обробку пшеничного борошна в полі НВЧ до граничнодопустимої температури: часу обробки $t = 30 - 90$ с; питомої потужності поля НВЧ $P = 0,12 - 0,408$ кВт/м³; товщини шару борошна $h = 20 - 40$ мм.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ В ПОЛІ НВЧ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА

4.1 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на температуру нагрівання пшеничного борошна

Для комплексного дослідження впливу обробки в полі НВЧ на кількісні і якісні показники пшеничного борошна, борошно оброблялася при варіюванні режимних параметрів на установці з полем НВЧ.

Аналізуючи залежності, показані на рисунку 4.1 можна зробити висновок про те, що температура нагрівання борошна характеризується практично прямою залежністю на різних рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ і часу впливу. При збільшенні питомої теплової потужності поля НВЧ розкид значень температури стає все більш істотним. Розкид значень температури при питомій тепловій потужності поля НВЧ $0,12 \text{ кВт/м}^3$ знаходиться в межах $34 - 43 \text{ }^\circ\text{C}$ для різного часу впливу, тоді як при питомій тепловій потужності поля НВЧ $0,408 \text{ кВт/м}^3$ цей діапазон лежить в межах $50 - 76 \text{ }^\circ\text{C}$ при товщині шару борошна 30 мм . При цьому частка зміни температури нагріву борошна в зв'язку з дією виявлених чинників становить 94% .

Аналіз графіка на рисунку 4.2 показує, що на різних рівнях товщини шару борошна і часу впливу температура нагріву борошна також характеризується практично прямою залежністю. При збільшенні товщини шару борошна розкид значень температури практично не змінюється. Розкид значень температури при товщині шару борошна 20 мм знаходиться в межах $40 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$ для різного часу впливу, а при товщині шару борошна 40 мм цей діапазон лежить в межах $51 - 67 \text{ }^\circ\text{C}$ при значенні питомої теплової потужності поля НВЧ $0,264 \text{ кВт/м}^3$. При цьому частка зміни температури нагріву борошна в зв'язку з дією виявлених чинників становить близько 98% .

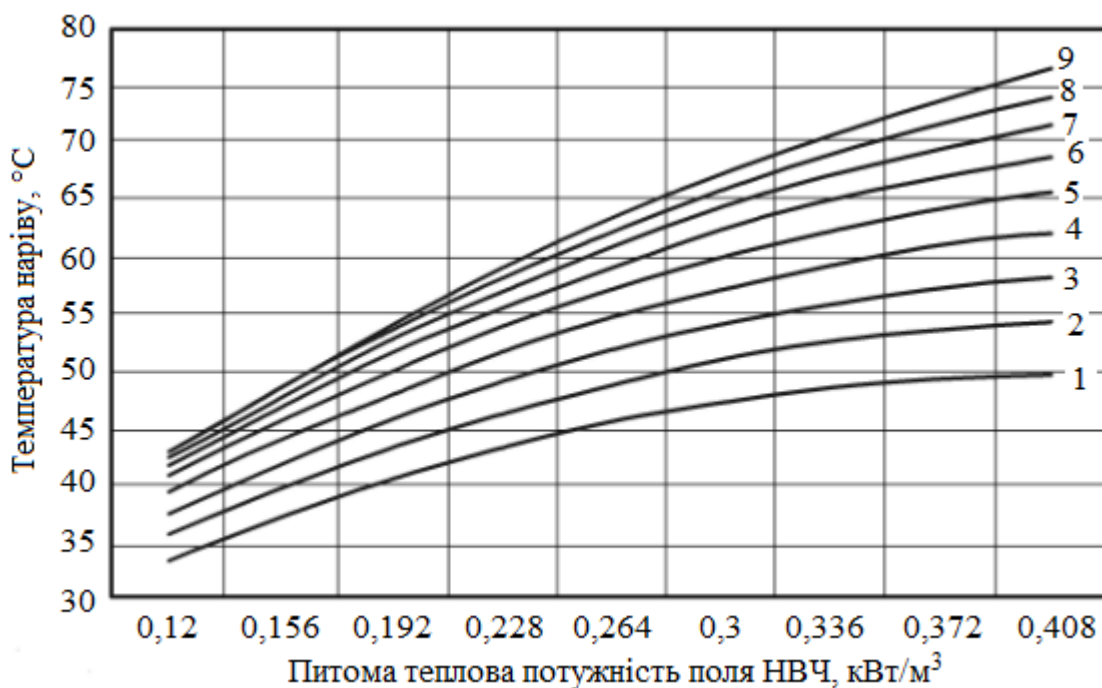


Рисунок 4.1 – Залежність температури нагріву борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

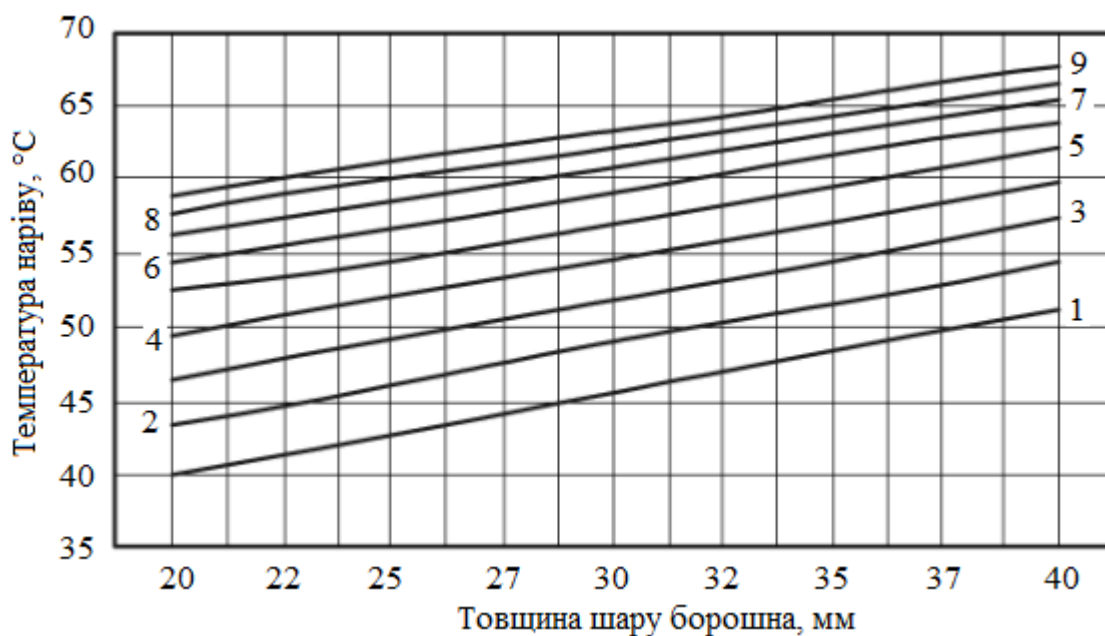


Рисунок 4.2 – Залежність температури нагріву борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях товщини шару борошна та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

Таким чином, найбільш істотним режимним параметром, що впливає на температуру нагрівання борошна, є питома теплова потужність поля НВЧ, при значеннях від 0,264 – 0,408 кВт/м³ відбувається істотне зростання значень температури в діапазоні часу впливу.

4.2 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на вологість пшеничного борошна

Аналізуючи залежності, показані на рисунку 4.3 можна зробити висновок про те, що вологість борошна характеризується практично прямою залежністю на різних рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ і часу обробки. При збільшенні питомої теплової потужності поля НВЧ розкид значень вологості стає все більш істотним.

Розкид значень вологості при питомій тепловій потужності поля НВЧ 0,12 кВт/м³ знаходиться в межах 12,8 – 13,3 % для різного часу впливу, тоді як при питомій тепловій потужності поля НВЧ 0,408 кВт/м³ цей діапазон лежить в межах 8,4 – 12,5 % при товщині шару борошна 30 мм. При цьому частка зміни вологості борошна в зв'язку з дією виявлених чинників становить 89 %.

Аналіз графіка на рисунку 4.4 показує, що на різних рівнях товщини шару борошна і питомої теплової потужності поля НВЧ вологість борошна характеризується параболічною залежністю. При збільшенні товщини шару борошна розкид значень вологості практично не змінюється. Розкид значень вологості при товщині шару борошна 20 мм знаходиться в межах 10,8 – 13,3 % для різного часу впливу, а при товщині шару борошна 40 мм цей діапазон лежить в межах 9,4 – 12,1 % при значенні часу обробки 60 с. При цьому частка зміни вологості борошна в зв'язку з дією виявлених чинників становить близько 98 %.

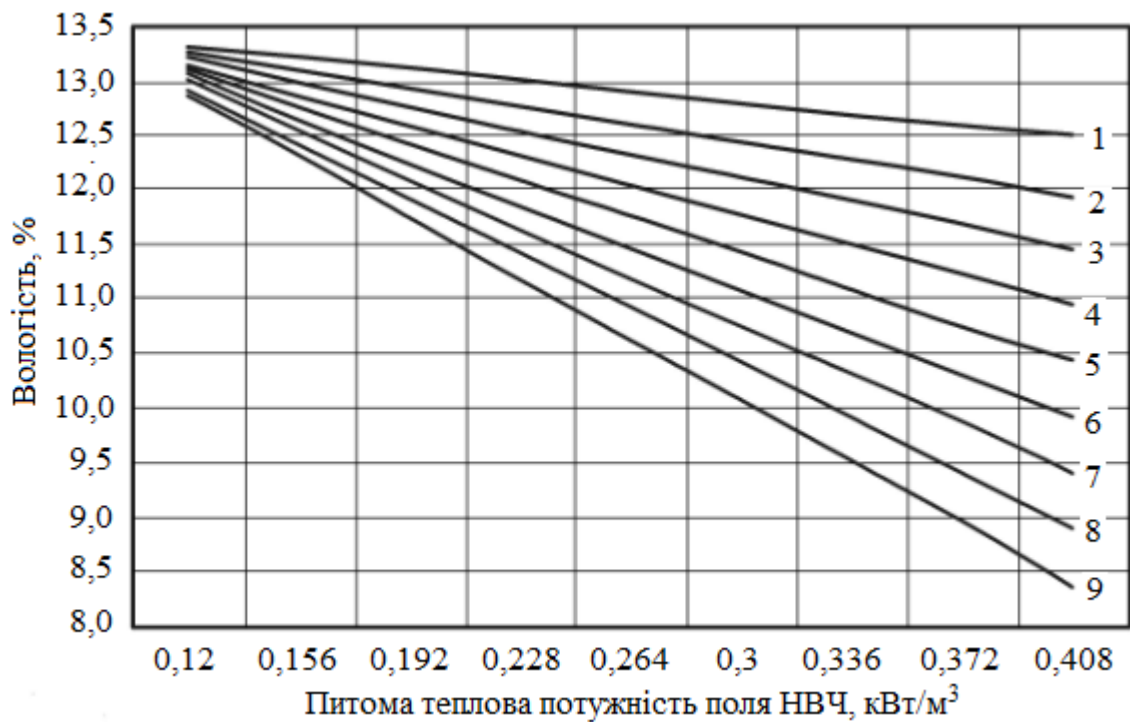


Рисунок 4.3 – Залежність вологості борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ та часу обробки
1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

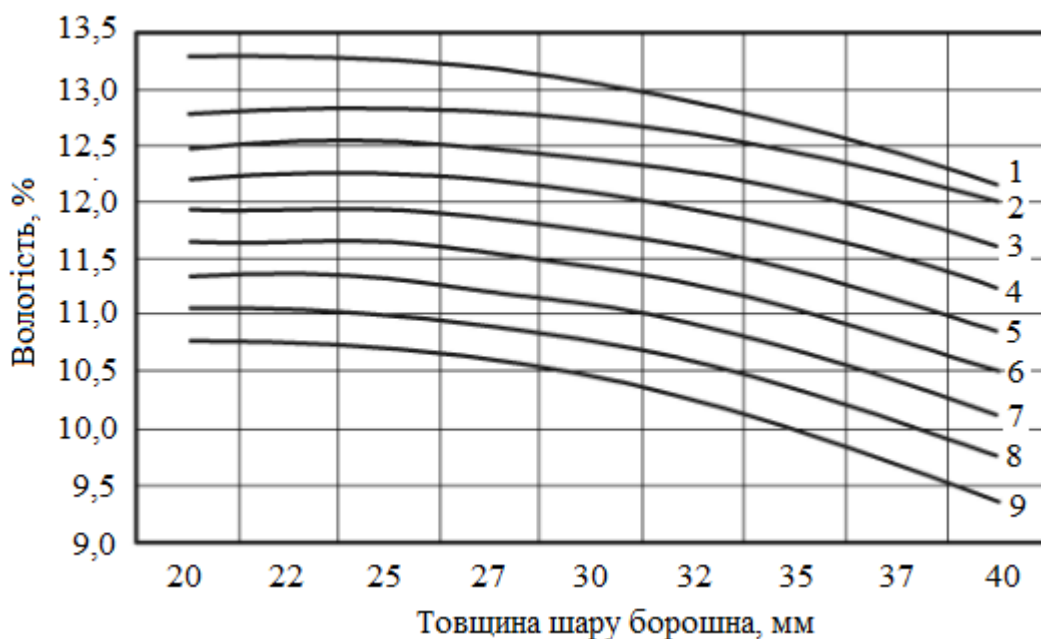


Рисунок 4.4 – Залежність вологості борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях товщини шару борошна і питомої теплової потужності поля НВЧ

1 – 0,12 кВт/м³; 2 – 0,156 кВт/м³; 3 – 0,192 кВт/м³; 4 – 0,228 кВт/м³; 5 – 0,264 кВт/м³; 6 – 0,3 кВт/м³; 7 – 0,336 кВт/м³; 8 – 0,372 кВт/м³; 9 – 0,408 кВт/м³.

Аналіз графіка на рисунку 4.5 показує, що на різних рівнях товщини шару борошна і часу впливу вологість борошна також характеризується параболічною залежністю. При збільшенні товщини шару борошна розкид значень вологості практично не змінюється. Розкид значень вологості при товщині шару борошна 20 мм знаходиться в межах 11 – 12,9 % для різного часу впливу, а при товщині шару борошна 40 мм цей діапазон лежить в межах 9,5 – 12,1 % при значенні питомої теплової потужності поля НВЧ 0,264 кВт/м³. При цьому частка зміни вологості борошна в зв'язку з дією виявлених чинників становить близько 97 %.

При обробці борошна в полі надвисокої частоти необхідно прагнути до найменшого зниження вологості борошна, тому що при зниженій вологості можливе прискорення прогрівання жирів в результаті зберігання [10].

Зниження вологості пшеничного борошна при обробці в полі НВЧ обумовлено тепловим впливом параметрів поля надвисокої частоти на структуру борошна, так як відбувається його усушка.

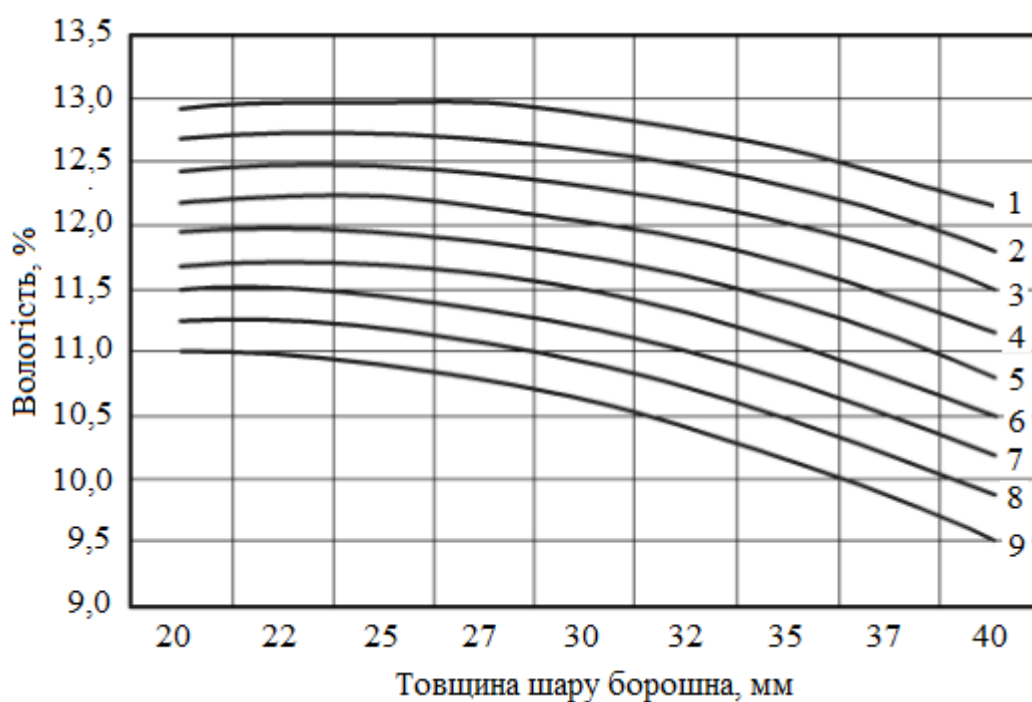


Рисунок 4.5 – Залежність вологості борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених товщини шару борошна та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

Таким чином, найбільш істотним режимним параметром, що впливає на вологість борошна, є питома теплова потужність поля НВЧ, при значеннях від 0,264 – 0,408 кВт/м³ відбувається істотне зниження значення вологості в діапазоні часу впливу.

4.3 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на білизну

Аналізуючи залежності, показані на рисунку 4.6 можна зробити висновок про те, що білизна борошна характеризується практично прямою залежністю на різних рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ і часу впливу. При збільшенні питомої теплової потужності поля НВЧ розкид значень білизни стає все більш істотним. Розкид значень білизни при питомій тепловій потужності поля НВЧ 0,12 кВт/м³ знаходиться в межах 53,2 – 53,5 умовних одиниць за показниками приладу РЗ-БПЛ для різного часу впливу, тоді як при питомій тепловій потужності поля НВЧ 0,408 кВт/м³ цей діапазон лежить в межах 49,1 – 51,8 умовних одиниць за показниками приладу РЗ-БПЛ при товщині шару борошна 20 мм. Частка зміни білизни борошна в зв'язку з дією виявлених чинників становить близько 95 %.

Аналіз графіка на рисунку 4.7 показує, що на різних рівнях товщини – шар борошна і питомої теплової потужності поля НВЧ білизна борошна характеризується параболічною залежністю. При збільшенні товщини шару борошна розкид значень білизни борошна практично не змінюється. Розкид значень білизни борошна при товщині шару борошна 20 мм знаходиться в межах 50,9 – 53,8 умовних одиниць за показниками приладу РЗ-БПЛ для різного часу впливу, а при товщині шару борошна 40 мм цей діапазон лежить в межах 50,6 – 53,5 умовних одиниць за показниками приладу РЗ-БПЛ при значенні часу впливу 60 с. При цьому частка зміни вологості борошна в зв'язку з дією виявлених чинників становить 98 %.

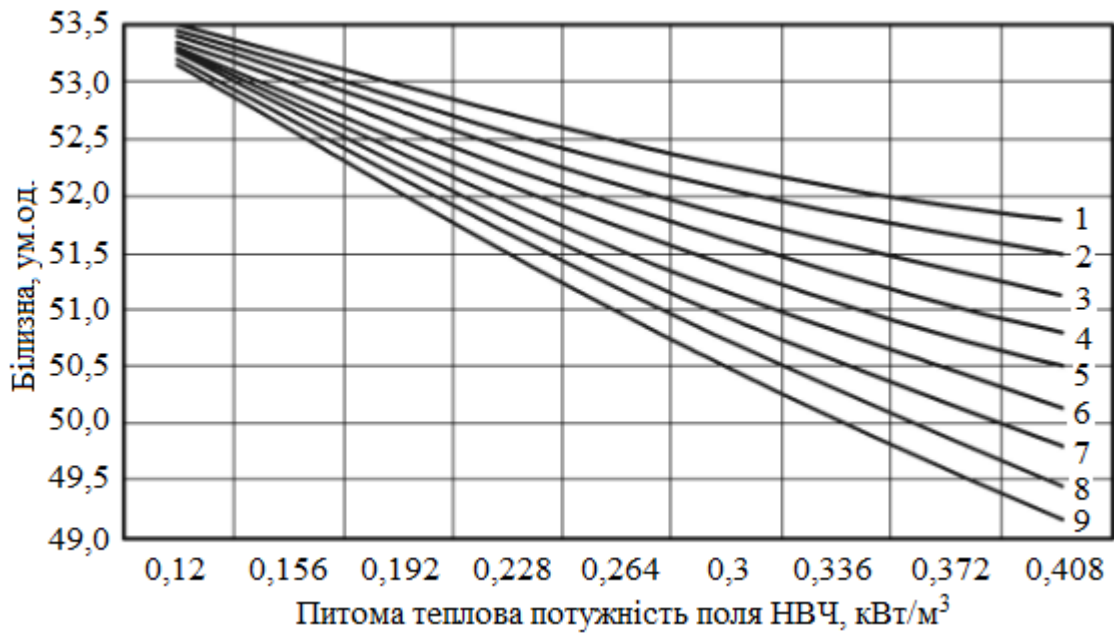


Рисунок 4.6 – Залежність білизни борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ та часу обробки
1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

Зниження білизни пшеничного борошна при обробці в полі НВЧ обумовлено збільшенням вмісту мінеральних часток під впливом параметрів поля надвисокої частоти на структуру борошна.

В результаті вивчення впливу режимних параметрів НВЧ обробки на показник білизни борошна виявлено, що білізна знижується на 0,2 – 9,1 % в порівнянні з контрольним зразком. При цьому отримані значення білизни борошна після обробки в полі НВЧ відповідають нормативним значенням білизни для пшеничного борошна першого ґатунку [35].

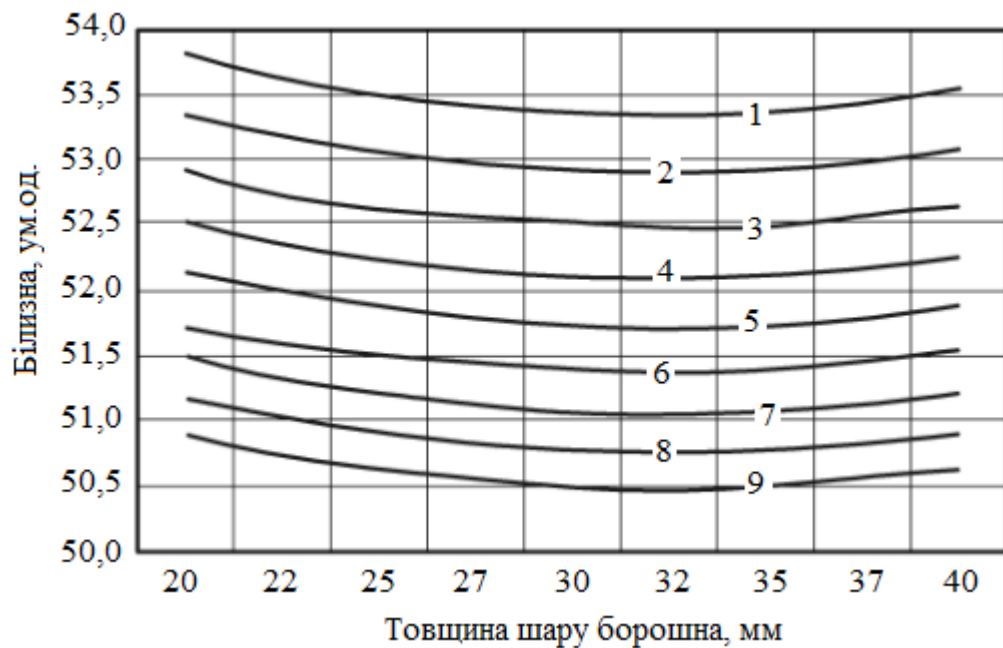


Рисунок 4.7 – Залежність білизни борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях товщини шару борошна і питомої теплової потужності поля НВЧ

1 – 0,12 кВт/м³; 2 – 156 кВт/м³; 3 – 192 кВт/м³; 4 – 0,228 кВт/м³; 5 – 0,264 кВт/м³; 6 – 0,3 кВт/м³; 7 – 0,336 кВт/м³; 8 – 0,372 кВт/м³; 9 – 0,408 кВт/м³.

Найбільш істотним режимним параметром, що впливає на білизна борошна, є питома тепла потужність поля НВЧ, при значеннях від 0,264 – 0,408 кВт/м³ відбувається істотне зниження значення білизни в діапазоні часу впливу і товщини шару борошна.

4.4 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на якість сирі клейковини пшеничного борошна

На рисунках 4.8 – 4.10 показана залежність якості сирі клейковини від різних поєднань значень вхідних параметрів.

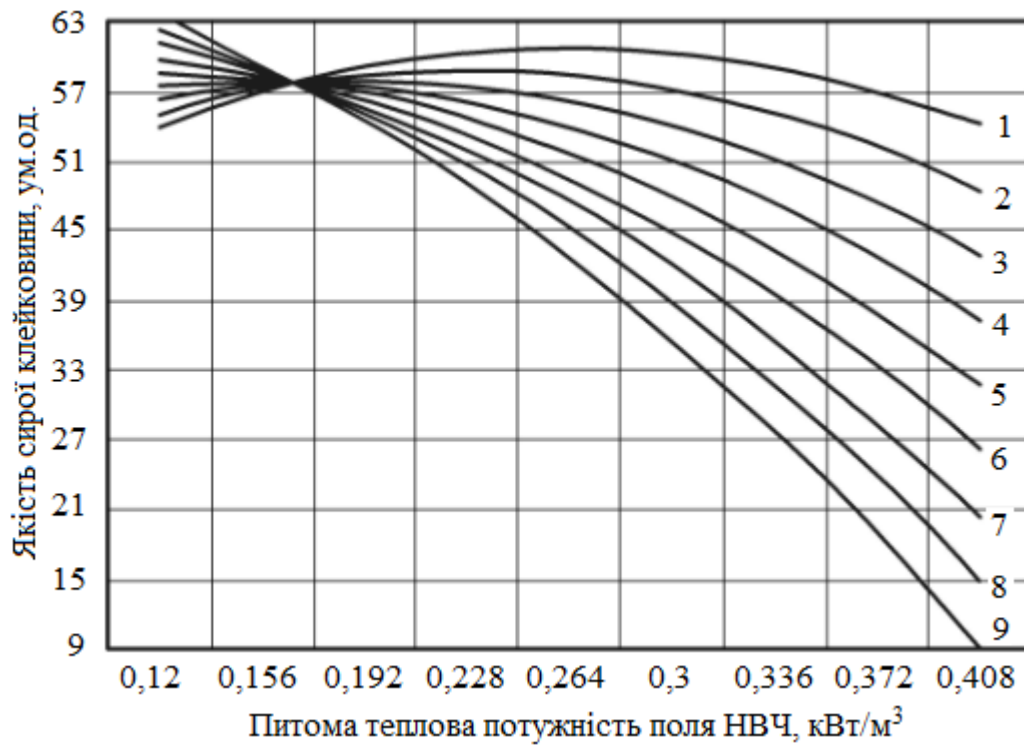


Рисунок 4.8 – Залежність якості сирого клейковини від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

Аналізуючи графіки, показані на малюнках 4.11 – 4.13 можна відзначити, що спільне поєднання близьких до максимальних і максимальних значень вхідних параметрів дає ефект зниження якості сирого клейковини (питомої теплової потужності поля НВЧ 0,3 – 0,408 кВт/м³, часу впливу 75 – 90 с, товщині шару борошна 25 – 40 мм). При цих параметрах обробки в полі НВЧ температура борошна досягає значень 70 – 81 °С, білки клейковини піддаються значній денатурації, клейковина стає короткорвущейся, крихкуватою, що дозволяє віднести її III групі якості. Таким чином, застосування цих режимів є неприйнятним для використання при виробництві борошна.

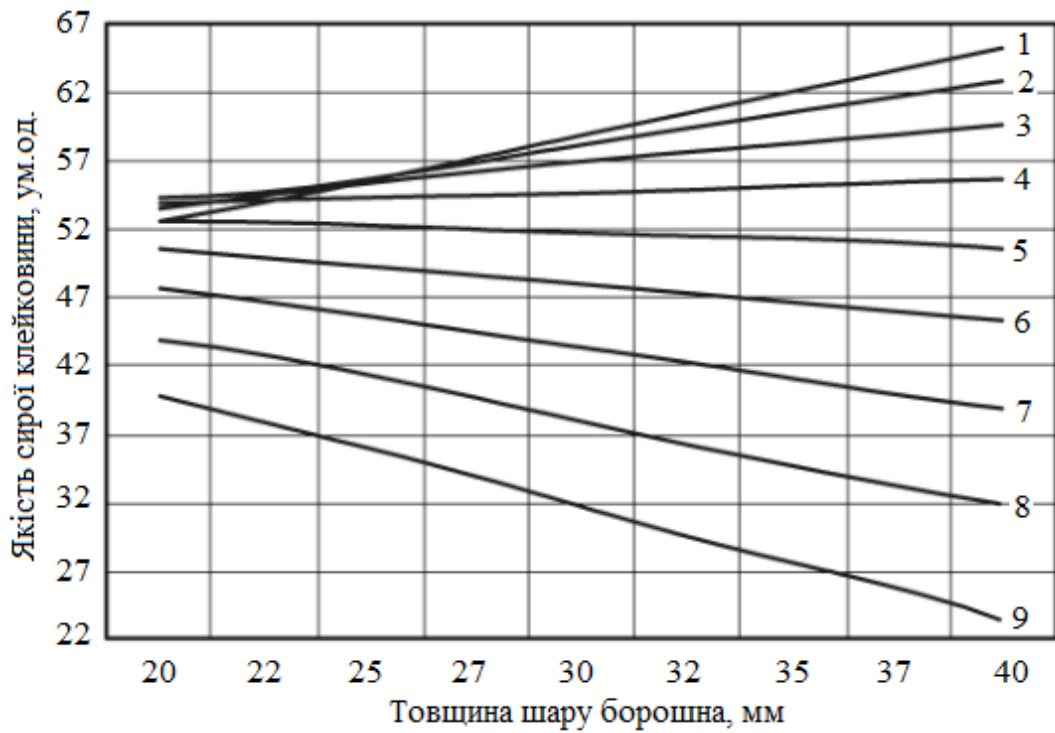


Рисунок 4.9 – Залежність якості сирової клейковини від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях товщини шару борошна і питомої теплової потужності поля НВЧ

1 – 0,12 кВт/м³; 2 – 156 кВт/м³; 3 – 192 кВт/м³; 4 – 0,228 кВт/м³; 5 – 0,264 кВт/м³; 6 – 0,3 кВт/м³; 7 – 0,336 кВт/м³; 8 – 0,372 кВт/м³; 9 – 0,408 кВт/м³.

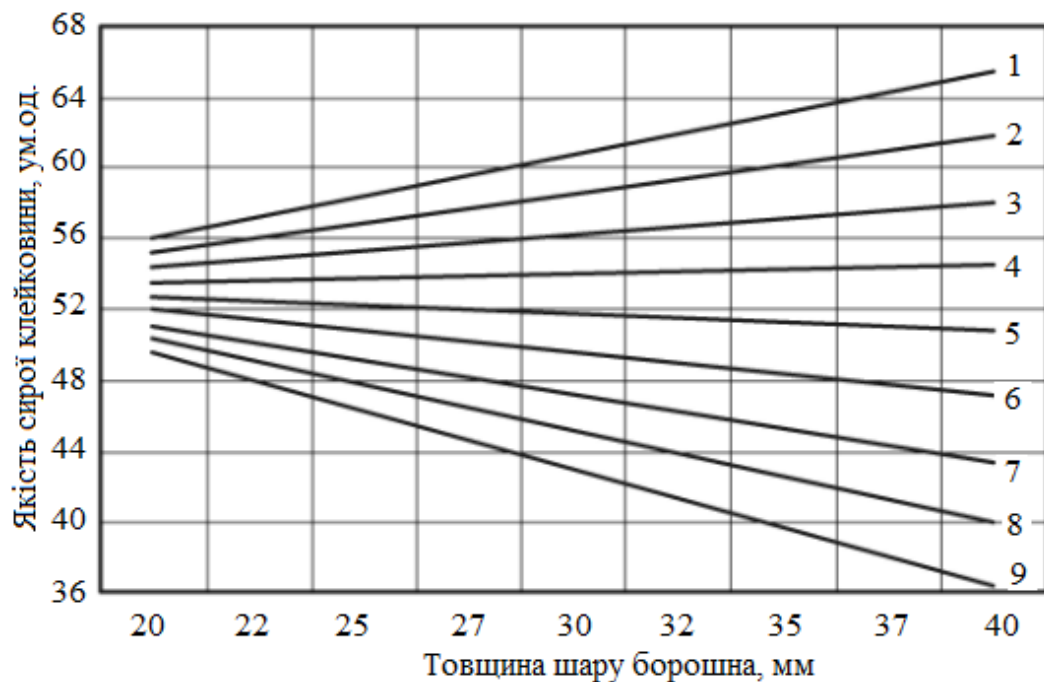


Рисунок 4.10 – Залежність якості сирової клейковини від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях товщини шару борошна та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

4.5 Результати впливу параметрів НВЧ - обробки на вміст білка в пшеничному борошні

На рисунках 4.11 – 4.13 показана залежність вмісту білка від різних поєднань значень вхідних параметрів.

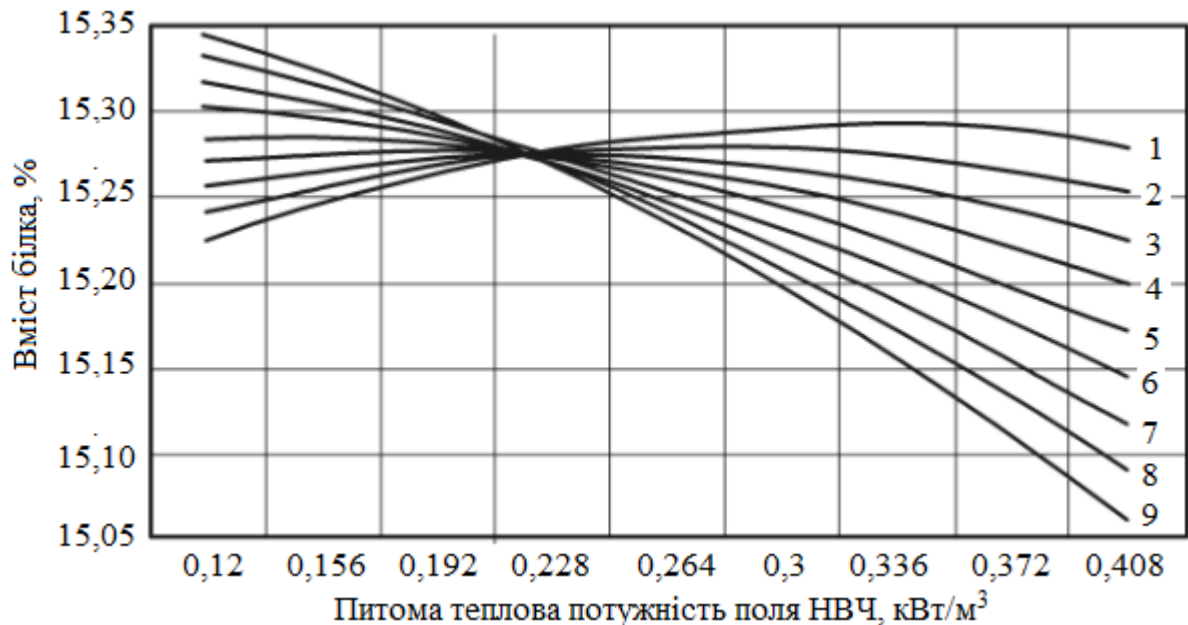


Рисунок 4.11 – Залежність вмісту білка в борошні від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

Аналізуючи графіки, показані на рисунках 4.14 – 4.16 можна відзначити, що спільне поєднання максимальних значень вхідних параметрів дає ефект зниження вмісту білка (питомій тепловій потужності поля НВЧ $0,408 \text{ кВт/м}^3$, часу впливу 90 с, товщині шару борошна 40 мм). При цих параметрах обробки в полі НВЧ температура борошна досягає значень $81 \text{ }^\circ\text{C}$, білки клейковини піддаються значній денатурації, вміст білка в борошні знижується. Таким чином, застосування цього режиму неприйнятно для використання при виробництві борошна.

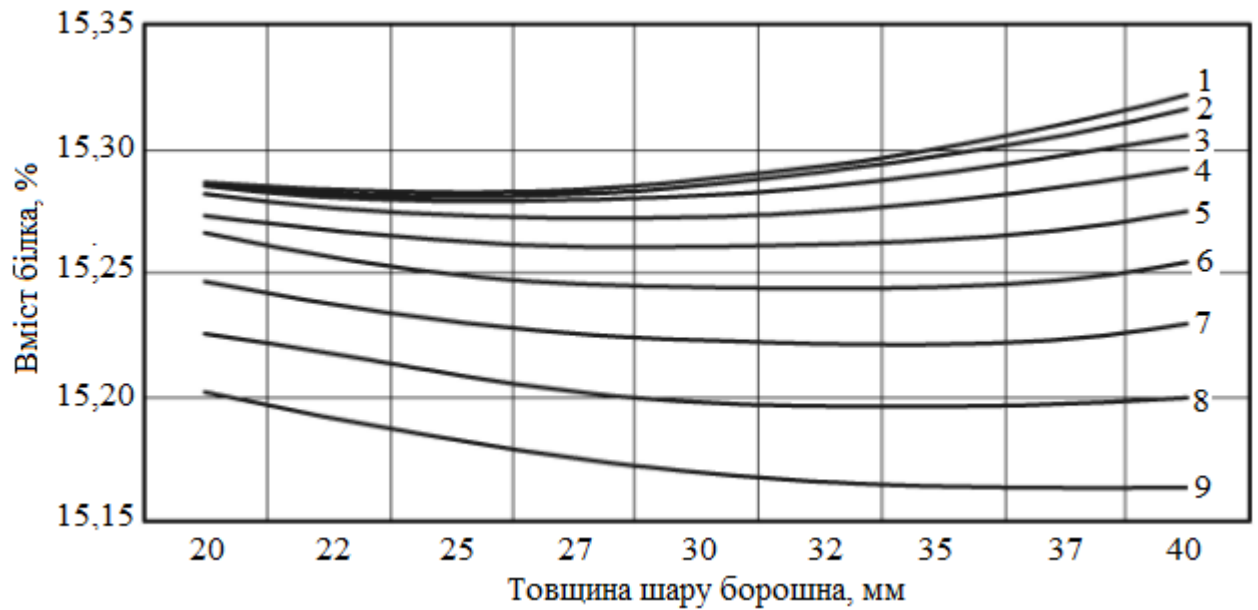


Рисунок 4.12 – Залежність вмісту білка в борошні від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях товщини шару борошна і питомої теплової потужності поля НВЧ

1 – 0,12 кВт/м³; 2 – 156 кВт/м³; 3 – 192 кВт/м³; 4 – 0,228 кВт/м³; 5 – 0,264 кВт/м³; 6 – 0,3 кВт/м³; 7 – 0,336 кВт/м³; 8 – 0,372 кВт/м³; 9 – 0,408 кВт/м³.

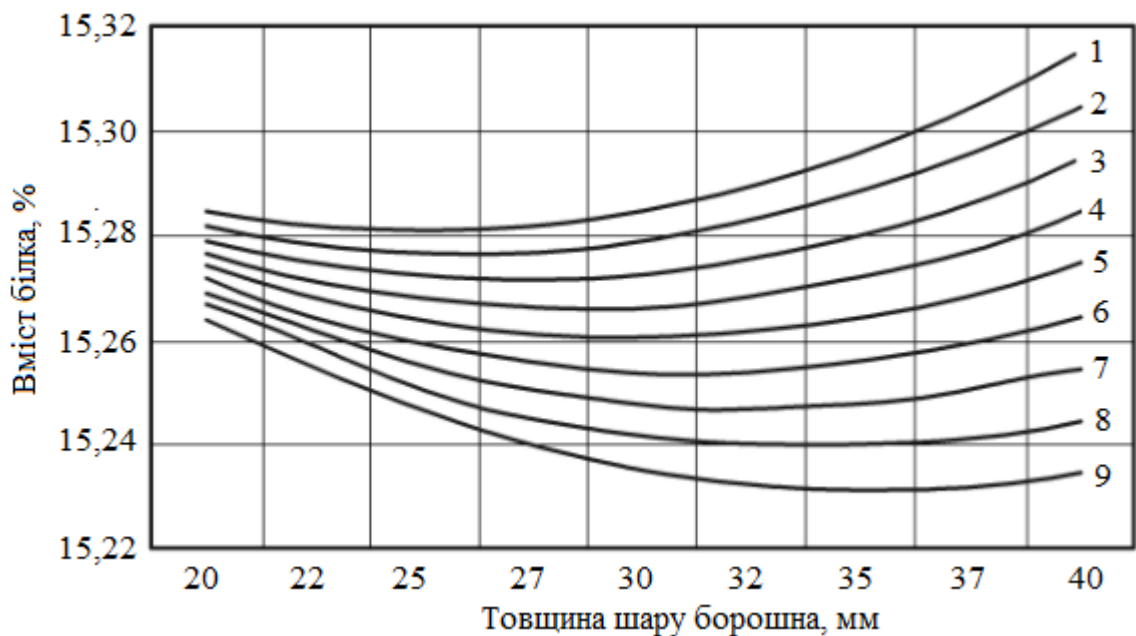


Рисунок 4.13 – Залежність вмісту білка в борошні від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях товщини шару борошна та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

4.6 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на число падіння пшеничного борошна

Аналізуючи залежності, показані на рисунку 4.14 можна зробити висновок про те, що число падіння борошна характеризується параболічною залежністю на різних рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ і часу впливу. При збільшенні питомої теплової потужності поля НВЧ значень числа падіння стає все більш істотним. При цьому число падіння зі збільшенням питомої теплової потужності поля НВЧ в діапазоні часу впливу від 60 до 90 с, зростає, а при часу впливу від 30 до 60 с, з ростом питомої теплової потужності поля НВЧ число падіння знижується.

Аналіз графіка на рисунку 4.15 показує, що на різних рівнях товщини шару борошна і питомої теплової потужності поля НВЧ число падіння борошна характеризується параболічною залежністю. При збільшенні питомої теплової потужності поля НВЧ розкид значень числа падіння стає все більш істотним. Число падіння підвищується в порівнянні з контрольним зразком при впливі максимального значення питомої теплової потужності поля НВЧ $0,408 \text{ кВт/м}^3$, товщині борошна від 20 до 40 мм при часу дії 60 с. Число падіння істотно знижується в діапазоні питомої теплової потужності поля НВЧ від $0,192$ до $0,228 \text{ кВт/м}^3$ при товщині шару борошна 20 і 40 мм.

Зниження числа падіння пшеничного борошна при обробці в полі НВЧ обумовлено впливом параметрів поля надвисокої частоти на структуру борошна. Зменшення значення числа падіння можна пояснити підвищенням активності амілолітичних ферментів α - і β -амілази під впливом поля НВЧ.

Найбільш істотним режимним параметром, що впливає на число падіння борошна, є питома тепла потужність поля НВЧ, при значеннях від $0,3$ – $0,408 \text{ кВт/м}^3$ в поєднанні часу впливу 80 – 90 с відбувається підвищення значення числа падіння в діапазоні товщини шару борошна. При впливі питомої теплової потужності поля НВЧ від $0,12$ до $0,3 \text{ кВт/м}^3$ відбувається суттєве зниження значення числа падіння в діапазоні часу впливу і товщини шару борошна.

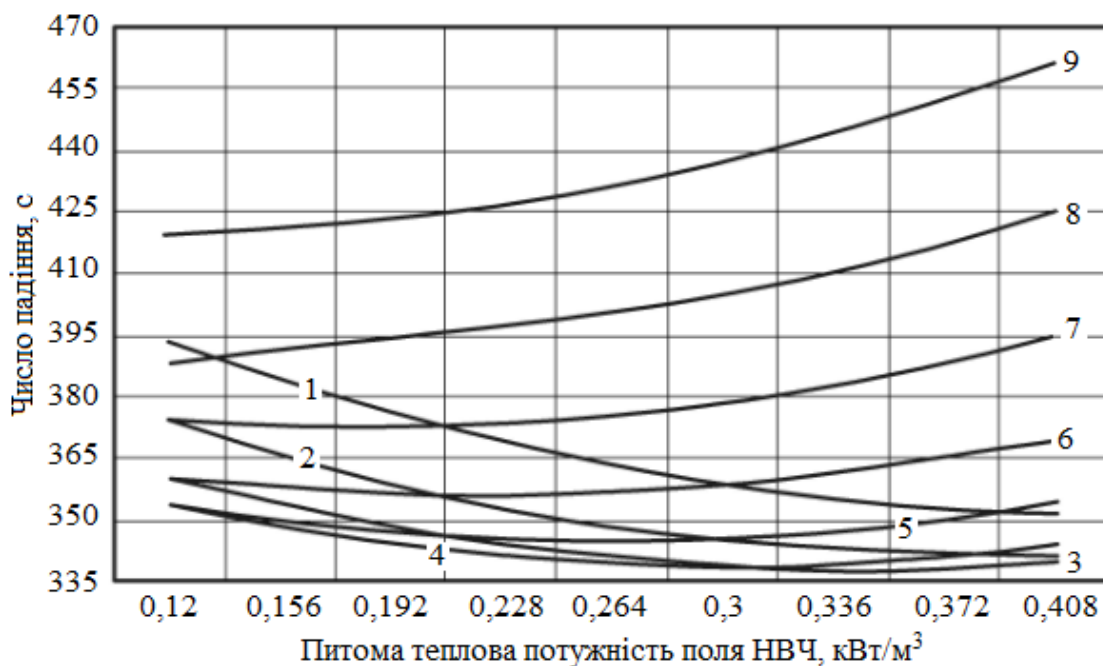


Рисунок 4.14 – Залежність числа падіння борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

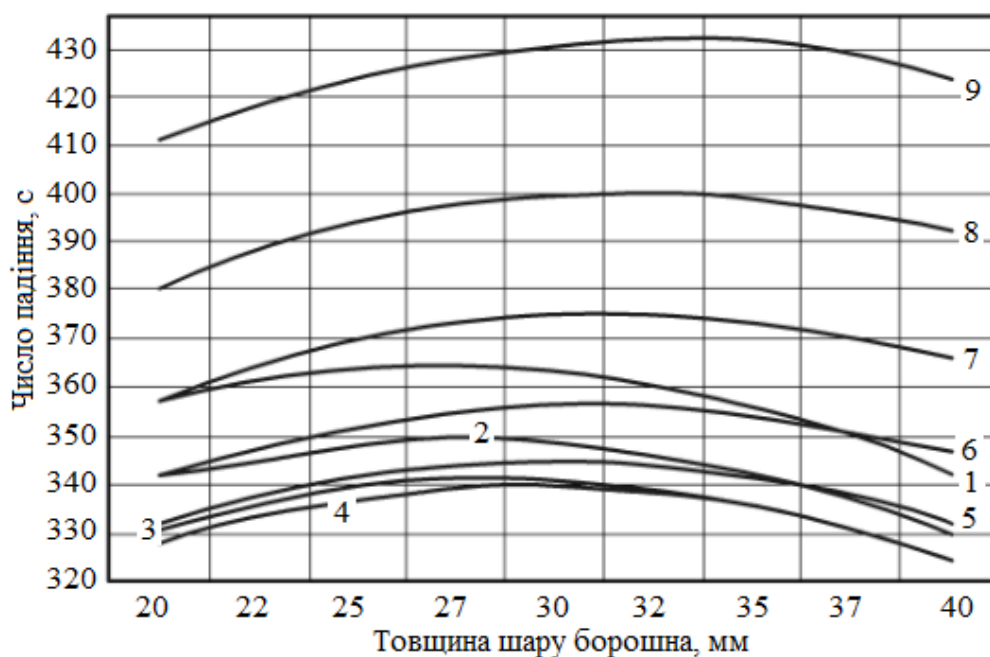


Рисунок 4.15 – Залежність числа падіння борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях товщини шару борошна і питомої теплової потужності поля НВЧ

1 – 0,12 кВт/м³; 2 – 156 кВт/м³; 3 – 192 кВт/м³; 4 – 0,228 кВт/м³; 5 – 0,264 кВт/м³; 6 – 0,3 кВт/м³; 7 – 0,336 кВт/м³; 8 – 0,372 кВт/м³; 9 – 0,408 кВт/м³.

4.7 Результати впливу параметрів обробки в полі НВЧ на кислотність пшеничного борошна

Спільне вплив часу впливу і питомої теплової потужності поля НВЧ на кислотність борошна є істотним, тому для них була побудована залежність, представлена на рисунку 4.16.

Аналізуючи залежності, показані на рисунку 4.16 можна зробити висновок про те, що кислотність борошна характеризується параболічною залежністю на різних рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ і часу впливу. При питомій тепловій потужності поля НВЧ від 0,3 до 0,408 кВт/м³ в поєднанні з часом впливу від 65 до 90 з значення кислотності борошна зростають вище контрольного значення, при цьому на максимальній питомій тепловій потужності поля НВЧ 0,408 кВт/м³ в поєднанні з усім діапазоном часу впливу несприятливо позначається на значенні кислотності борошна.

При обробці в полі надвисокої частоти необхідно прагнути до найменшого зміни кислотності борошна, тому що кислотність характеризує хлібопекарські якості і свіжість борошна [10].

Підвищення кислотності пшеничного борошна при максимальних параметрах обробки в полі НВЧ обумовлено тепловим впливом параметрів поля надвисокої частоти на структуру борошна, відбувається її усушка і утворення кислих фосфатів внаслідок гідролізу фосфорорганічних сполук і жирних кислот в процесі гідролізу жирів.

Таким чином, найбільш істотним режимним параметром, що впливає на кислотність борошна, є питома тепла потужність поля НВЧ, при значеннях від 0,3 – 0,408 кВт/м³ відбувається істотне збільшення значення кислотності в діапазоні часу впливу від 65 до 90 с.°

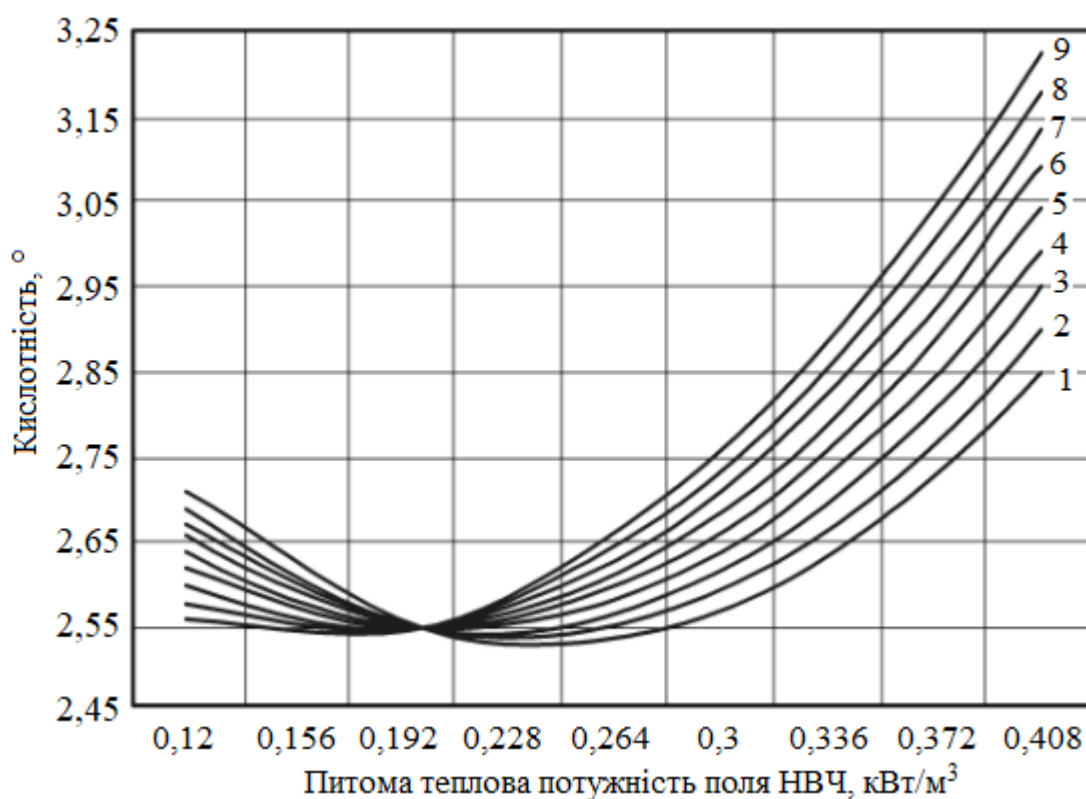


Рисунок 4.16 – Залежність кислотності борошна від параметрів обробки в полі НВЧ при визначених рівнях питомої теплової потужності поля НВЧ та часу обробки

1 – 30 с; 2 – 38 с; 3 – 46 с; 4 – 53 с; 5 – 60 с; 6 – 68 с; 7 – 76 с; 8 – 83 с; 9 – 90 с.

4.8 Обґрунтування раціональних параметрів обробки пшеничного борошна в полі надвисокої частоти

Обґрунтування раціональних параметрів обробки пшеничного борошна в полі НВЧ проводилося шляхом аналізу результатів обробки теоретичних і експериментальних даних і на підставі випробувань, в межах яких спостерігалось найбільше поліпшення фізико-хімічних показників у порівнянні з контрольними показниками.

У таблиці 4.1 наведені раціональні діапазони параметрів обробки в полі НВЧ, при яких спостерігається найбільш істотне поліпшення фізико-хімічних показників пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна.

На підставі даних експериментів, описаних в підрозділах 4.1 – 4.9, були встановлені раціональні параметри обробки пшеничного борошна в полі НВЧ, отриманого з суховійного зерна. За якістю сирої клейковини контрольний зразок борошна ставився до другої групи якості (задовільна міцна, коротка по розтяжності), з низькою газоутворюючою здатністю (згідно з отриманими показниками числа падіння).

Таблиця 4.1 – Раціональні параметри обробки пшеничного борошна в полі НВЧ

Номер варіанту	Час впливу, t , с	Питома теплова потужність, P , кВт/м ³	Товщина шару борошна h , мм
1	80 – 90	0,12	20
2	30 – 35	0,264 – 0,408	20
3	30 – 90	0,12	30
4	30 – 35	0,264	30
5	30 – 60	0,12	40
6	30 – 35	0,264	40

У таблиці 4.2 наведені експериментально отримані фізико-хімічні показники якості зразків з досліджуваної партії борошна, обробленого в полі надвисокої частоти згідно шести раціональних варіантів. В якості контрольного зразка використане необроблене пшеничне борошно першого гатунку, отримане з суховійного зерна.

При раціональних параметрах обробки в полі НВЧ якість клейковини приймає доцільні для застосування в хлібопекарському виробництві показники: по приладу ВДК вона відповідає I групі якості (55 – 65 од. приладу ВДК), по розтяжності – середньої, число падіння знижується на 12 – 20 %, масова частка сирої клейковини збільшується на 4 – 11 %, показник кислотності знижується на 5 – 8 %, показник білизни зменшується незначно – на 1 – 2,5 %, вміст білка не знижується в порівнянні з контрольним зразком, показник зольності практично не змінюється в порівнянні з контрольним зразком, а вологість борошна знижується на 2 – 9 %.

Таблиця 4.2 – Експериментально отримані фізико-хімічні показники якості зразків з досліджуваної партії борошна, обробленого в полі НВЧ

Найменування показника	Контрольний зразок	1 варіант	2 варіант	3 варіант	4 варіант	5 варіант	6 варіант
		$t = 80 - 90$ с; $P = 0,12$ кВт/м ³ ; $h = 20$ мм	$t = 30 - 35$ с; $P = 0,264 - 0,408$ кВт/м ³ ; $h = 20$ мм	$t = 30 - 90$ с; $P = 0,12$ кВт/м ³ ; $h = 30$ мм	$t = 30 - 35$ с; $P = 0,264$ кВт/м ³ ; $h = 30$ мм	$t = 30 - 60$ с; $P = 0,12$ кВт/м ³ ; $h = 40$ мм	$t = 30 - 35$ с; $P = 0,264$ кВт / м ³ ; $h = 40$ мм
Температура обробки в полі НВЧ, °С	-	38	39 – 44	33 – 42	45	46 – 47	51
Масова частка вологи, %	13,5	13,1	12,7 – 12,9	12,85 – 13,3	12,9	11,9 – 12,3	12,1
Масова частка золи, %	0,65	0,65 – 0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Білизна, у.о.	53,8	53,6	52,2 – 52,9	53,2 – 53,5	52,5	52,3 – 52,5	52,6
Масова частка сирії клейковини, %	32,04	35,24	33,92 – 35,32	33,36 – 35,56	36,2	30,96 – 34,92	35,68
Якість сирії клейковини, у.о.	38	63	56 – 57	54 – 63	60	63 – 65	67
Вміст білка, %	15,17	15,35	15,28 – 15,3	15,22 – 15,35	15,28	15,22 – 15,36	15,3
Розтяжність клейковини, см	9	12	12 – 13	11 – 12	14	12 – 13	15
Число падіння, с	405	345	340 – 395	350 – 393	353	330 – 341	340
Кислотність борошна, °	2,8	2,5	2,5 – 2,8	2,6 – 2,7	2,5	2,6 – 2,7	2,5

Підвищення якості сирої клейковини пшеничного борошна і її розтяжності при обробці в полі НВЧ обумовлено впливом параметрів поля надвисокої частоти на структуру борошна, при перерахованих вище параметрах борошно нагрівається до температури 38 – 51 °С, білки клейковини піддаються первинної денатурації клейковина при цьому втрачає пружність і стає більш розтяжною. Зменшення значення числа падіння можна пояснити підвищенням активності амілолітичних ферментів α - і β -амілази під впливом електромагнітного поля НВЧ [45].

Збільшення масової частки сирої клейковини в борошні може пояснюватися інактивацією протеолітичних ферментів при нагріванні борошна, що сприяє збереженню білка в дослідних зразках борошна. При цьому білки клейковини в результаті обробки в полі НВЧ краще протистоять атаці ферментами. Таким чином, застосування вхідних параметрів в перерахованих вище межах сприяє збереженню білкових речовин [45].

Зниження показника кислотності пов'язано з ростом зв'язку фосфорних сполук. Зниження білизни і вологості пшеничного борошна при обробці в полі НВЧ обумовлено тепловим впливом параметрів поля надвисокої частоти на структуру борошна, так як відбувається його усушка [45].

Висновки до розділу

Оцінка фізико-хімічних показників пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна, обробленого в полі НВЧ, дозволяє зробити наступні висновки:

Раціональними варіантами обробки борошна в полі НВЧ, що значно поліпшують показники якості, є такі варіанти (t – час впливу, P – питома теплова потужність; h – товщина шару борошна):

1 варіант: $t = 80 - 90$ с; $P = 0,12$ кВт/м³; $h = 20$ мм;

2 варіант: $t = 30 - 35$ с; $P = 0,264 - 0,408$ кВт/м³; $h = 20$ мм;

3 варіант: $t = 30 - 90$ с; $P = 0,12$ кВт/м³; $h = 30$ мм;

4 варіант: $t = 30 - 35$ с; $P = 0,264$ кВт/м³; $h = 30$ мм;

5 варіант: $t = 30 - 60$ с; $P = 0,12$ кВт/м³; $h = 40$ мм;

6 варіант: $t = 30 - 35$ с; $P = 0,264$ кВт / м³; $h = 40$ мм.

При раціональних параметрах обробки в полі НВЧ якість клейковини приймає доцільні для застосування в хлібопекарському виробництві показники: по приладу ВДК вона відповідає I групі якості (55 – 65 од. приладу ВДК), по розтяжності – середньої, число падіння знижується на 12 – 20 %, масова частка сирової клейковини збільшується на 4 – 11 %, показник кислотності знижується на 5 – 8 %, показник білизни зменшується незначно на 1 – 2,5 %, вміст білка не знижується в порівнянні з контрольним зразком, показник зольності практично не змінюється в порівнянні з контрольним зразком, а вологість борошна знижується на 2 – 9 %.

Доцільність застосування того чи іншого варіанту залежить від вихідної якості пшеничного борошна. Так, варіанти 1, 4, 5, 6 можуть бути застосовні для пшеничного борошна з якістю сирової клейковини 30 – 40 одиниць приладу ВДК, варіант 2, 3 – для пшеничного борошна з якістю сирової клейковини 40 – 45 одиниць приладу ВДК.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Розробка картки безпеки праці є важливим кроком у забезпеченні безпеки праці на робочому місці. «Основним завданням картки безпеки є надання працівникам необхідної інформації про потенційні ризики та заходи безпеки, які необхідно дотримуватися під час роботи на заводі» [17].

Основні елементи, які можуть бути включені до картки безпеки працівника борошномельного заводу наведено на рис. 5.1.

<p>1. Загальна інформація</p> <p>Дана картка безпеки праці розроблена для робітників підготовчого відділення борошномельного підприємства.</p> <p>Важливо! Обов'язково ознайомитись з інформацією цієї картки перед виконанням робіт.</p>	<p>2. Опис робочого місця</p> <p>Посада: апаратник зерноочисного відділення. Місце роботи: Цех очищення зерна від домішок, сепараторний поверх (6-й поверх, млинцех №2). Робочій час: 1 зміна (8:00-20:00) 2 зміна (20:00-8:00)</p>
<p>3. Заходи безпеки</p> <p>До роботи допускаються особи, що досягли 18-річного віку та пройшли відповідний інструктаж з ОП і медичний огляд.</p> <p>Заборонено приступати до роботи в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння. В разі поганого самопочуття негайно повідомити майстра цеху.</p> <p>Уважно готувати робоче місце, дотримуватись правил охорони праці. Обов'язково використовувати засоби індивідуального захисту при виконанні робіт з налагодженням роботи сепаратора</p>	
<p>4. Надзвичайні ситуації</p> <p>1) Пожежа: негайно повідомити про це відповідні служби та натиснути на пожежну сигналізацію. Використовувати вогнегасник або інші засоби пожежогасіння, якщо ви натрапили на невелике загоряння та можете безпечно його загасити.</p> <p>2) Аварія: негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Уникайте зони аварії та слідуйте вказівкам служб безпеки.</p> <p>3) Травма: негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Зверніться до медичного працівника або запросіть медичну допомогу, якщо потрібно.</p>	
<p>5. Потенційні ризики</p> <p>а) зерновий пил, б) можливість травмування внаслідок дії рухомих частин обладнання, в) ризик пожежі.</p>	<p>6. Контакти екстрених служб</p> <p>Черговий: вн.т. 42-78-15 Пожежна служба: 101 Екстрена медична допомога: 103 Служба екстреної допомоги: 112</p>

Рисунок 5.1 – Картка безпеки праці працівника цеху з виробництва борошна

Важливо, щоб кожен працівник був ознайомлений з карткою безпеки і дотримувався усіх вказівок і правил, щоб забезпечити безпеку та запобігти можливим небезпекам на борошномельному заводі.

Фінансування заходів з охорони праці здійснюється за рахунок підприємства. Кошти витрачаються на оновлення засобів пожежогасіння, засобів індивідуального захисту та спецодягу, а також на навчання працівників безпечним умовам праці. Для забезпечення нормального функціонування служби, вона фінансується коштами у розмірі 0,5% від фонду заробітної плати.

5.2 Утилізація відходів виробництва борошна

Виробничий процес на борошномельних підприємствах суттєво впливає на навколишнє середовище. Цей вплив можна описати за допомогою наступних ключових аспектів: викид пилу та токсичних речовин у повітря, забруднення зернопродуктів, викидання стічних вод та генерація виробничого шуму.

Забезпечення чистоти повітря є однією з ключових задач у системі заходів з охорони навколишнього середовища на підприємствах, які займаються виробництвом борошна, оскільки забруднення атмосфери становить основну загрозу.

Під час очищення зерна від домішок та сухого очищення його поверхні, а також під час переміщення зерна, утворюється значна кількість мінерального та органічного пилу. Процес подрібнення і сортування зерна та його проміжних продуктів також супроводжується утворенням пилу, який у деяких випадках містить цінну високобілкову фракцію борошна, втрата якої є неприпустимою. Для запобігання виносу пилу в атмосферу та забруднення навколишньої території підприємства, на заводі передбачена система аспірації, яка ефективно відсмоктує пил з усіх точок викиду. Повітря піддається надійному очищенню в циклонах та фільтрах різних конструкцій.

Транспортні комунікації повинні мати мінімальну кількість точок перевантаження та мінімальну протяжність. Розташування виробничого

обладнання на підприємстві розраховано на легкий доступ для обслуговування та очищення від пилу. Навантаження на обладнання відповідає виробничим даним, нормам технологічного проектування та правилам організації та проведення технологічного процесу. Обладнання підтримується в технічно справному стані під час експлуатації, що гарантує безперебійну роботу до планового ремонту.

Під час виробництва борошна необхідно акцентувати увагу на ефективному управлінні відходами. В процесі підготовки зерна до помелу проводиться його очищення від домішок, що призводить до утворення різних категорій відходів, включаючи цінні кормові та непридатні відходи. Один із можливих варіантів системи управління відходами - впровадження лінії гранулювання для подальшої переробки висівок. Відходи третьої категорії також евакуюються за межі підприємства.

Заходи з охорони навколишнього середовища для підприємств, які займаються виробництвом борошна, передусім мають на меті відновлення здорових і, перш за все, безпечних умов праці та життя для працівників, і вони також визначаються як важливий фактор підвищення продуктивності.

Висновки до розділу

Заходи з охорони навколишнього середовища для підприємств, які займаються виробництвом борошна, передусім мають на меті відновлення здорових і, перш за все, безпечних умов праці та життя для працівників, і вони також визначаються як важливий фактор підвищення продуктивності.

Визначено, що заходи з охорони навколишнього середовища для підприємств, що займаються виробництвом борошна, передусім, повинні бути спрямовані на створення умов праці та життя, що сприяють здоров'ю та, передусім, безпеці працівників, і вони також є ключовим чинником підвищення продуктивності.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Одним з фізичних способів поліпшення якості зерна пшениці та продуктів його переробки є обробка в полі НВЧ. Обробка зерна в полі НВЧ впливає на кількісні і якісні показники нормального зерна з метою зниження його мікробного обсіменіння, пошкодженого зерна (пророслого, морозобійного, пошкодженого шкідниками, самозігріванням, промороженого, зіпсованого сушінням) з метою поліпшення його якості, а також пшеничного борошна для зниження мікробного обсіменіння, прискорення його дозрівання, поліпшення хлібопекарських властивостей борошна зі слабкою клейковиною.

Планування досліджень включає наступні етапи: формування переліку завдань, визначення взаємозв'язків і тривалості робіт, створення сіткового графіка, визначення критичного маршруту, а також розрахунок бюджету витрат на проведення експерименту.

Таблиця 6.1 містить перелік завдань, що передбачені в ході дослідження процесу обробки зерна в полі НВЧ..

Згідно з планом дослідження формується сітьовий графік - графічна модель, яка відображає майбутні етапи роботи або процесу у вигляді окремих елементів і дозволяє шляхом обчислень знайти оптимальний варіант його виконання. У фазі виконання сітьовий графік надає можливість оперативного управління прогресом виконання завдань (див. рис. 6.1).

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Обґрунтування напрямку наукових досліджень	1
2-3	Літературний пошук	12

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
3-4	Написання літературного огляду	5
4-5	Складання плану виконання дослідних робіт	2
5-6	Розробка та викладення методик проведення досліджень	4
6-7	Підготовка дослідних зразків пшеничного борошна	3
7-8	Підготовка дослідного устаткування	15
8-9	Дослідження впливу параметрів поля НВЧ на температуру та вологість пшеничного борошна	2
8-10	Дослідження впливу параметрів поля НВЧ на білизну та якість клейковини пшеничного борошна	2
8-11	Дослідження впливу параметрів поля НВЧ на число падання та кислотність пшеничного борошна	6
8-12	Визначення впливу оптимальний параметрів обробки пшеничного борошна в полі НВЧ	8
9-13	Обробка результатів експериментальних дослідження	1
10-13		1
11-13		1
12-13		2
13-14	Підготовка матеріалу для доповіді	6

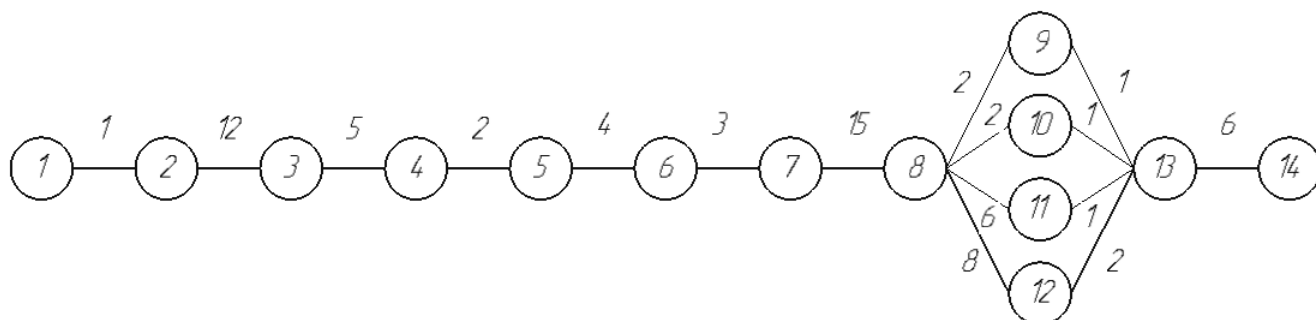


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення науково-дослідної роботи

Використовуючи сітьовий графік, знаходять повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-9-13-14}^1 = 1 + 12 + 5 + 2 + 4 + 3 + 15 + 2 + 1 + 6 = 51;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-10-13-14}^2 = 1 + 12 + 5 + 2 + 4 + 3 + 15 + 2 + 1 + 6 = 51;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-11-13-14}^3 = 1 + 12 + 5 + 2 + 4 + 3 + 15 + 6 + 1 + 6 = 55;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14}^4 = 1 + 12 + 5 + 2 + 4 + 3 + 15 + 8 + 2 + 6 = 58.$$

Шлях, який має максимальну тривалість називають критичним. У нашому випадку критичним є четвертий шлях з тривалістю в 58 дні.

6.2 Витрати на проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

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

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Борошно пшеничне, кг	5	10,2	51,00
Всього			51,00

Розрахунок витрат на заробітну плату учасників дослідження, наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	47,62	15	714,30
Всього				714,30

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{714,30 \cdot 22}{100} = 157,15 \text{ грн.}$$

Затрати на електроенергію складають:

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

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

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

Затрати енергії на роботу установки поля НВЧ складають:

$$E_1 = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 57,60 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на персональний комп'ютер складають:

$$E_2 = 1,3 \cdot 0,9 \cdot 240 \cdot 1,68 = 471,74 \text{ грн.}$$

Загальні затрати електроенергії складають:

$$E = E_1 + E_2 = 57,60 + 471,74 = 529,34 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію розраховуємо за формулою:

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

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Установка поля НВЧ	3850,00	15	2	3,16
Персональний комп'ютер	90000,40	24	30	177,54
Всього				180,70

Накладні витрати становлять:

$$\frac{(714,30 \cdot 80)}{100} = 571,44 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат наведений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	51,00
Заробітна плата	714,30
Нарахування на заробітну плату	157,15
Електроенергія	529,34
Амортизація	180,70
Накладні витрати	571,44
Всього	2203,93

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

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна досліджень визначалася на основі витрат на дослідження і рентабельності:

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

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 2203,93 + \frac{30 \cdot 2203,93}{100} = 2865,11 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 2865,11 грн.

Висновки до розділу

Виявлено, що основні витрати складаються з виплат заробітної плати та накладних витрат, які складають відповідно 714,30 грн і 571,44 грн. Загальна вартість проведеного дослідження становить 2865,11 грн, враховуючи нормативну рентабельність на рівні 30 %.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Досліджено та розроблено технологію обробки із застосуванням поля НВЧ на прикладі пшеничного борошна, отриманого з суховійного зерна з включенням етапу по впливу електромагнітного поля на борошно.

Запропоновано схему установки для вивчення впливу обробки в полі НВЧ на кількісні і якісні показники пшеничного борошна, описаний алгоритм роботи установки.

2. Раціональними варіантами обробки борошна в полі НВЧ при частоті 2,45 ГГц, що значно поліпшують показники якості, є такі варіанти: t – час впливу, $t = 30 - 90$ с, P – питома теплова потужність, $P = 0,264 - 0,408$ кВт/м³, h – товщина шару борошна, $h = 20 - 40$ мм.

3. Встановлено вплив обробки в полі НВЧ на кількісні і якісні показники пшеничного борошна, параметри яких будуть оптимальними для застосування в хлібопекарському виробництві:

- по приладу ВДК якість сирової клейковини відповідає I групі якості (55 – 65 у.о. приладу ВДК);
- масова частка сирової клейковини збільшується на 4 – 11 %;
- розтяжність – середня;
- число падіння знижується на 12 – 20 %;
- показник кислотності знижується на 5 – 8 %;
- показник білизни зменшується незначно – на 1 – 2,5 %;
- вміст білка не знижується порівняно з контролем;
- показник зольності практично не змінюється порівняно з контролем;
- вологість борошна знижується на 2 – 9 %.

5. Виявлено, що основні витрати складаються з виплат заробітної плати та накладних витрат, які складають відповідно 714,30 грн і 571,44 грн. Загальна вартість проведеного дослідження становить 2865,11 грн, враховуючи нормативну рентабельність на рівні 30 %.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Т. Мерко, В.О. Моргун. Одеса: Друк, 2001. 348 с.
2. ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне Технічні умови». К: Держспоживстандарт України, 1999. 14 с.
3. Рослинництво. Навчальний посібник з дисципліни «Рослинництво» для студентів галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 201 «Агрономія» першого бакалаврського рівня / Мазур В.А., Поліщук І.С., Телекало Н.В., Мордванюк М.О // Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 352 с.
4. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К. : Аграрна освіта, 2014. 393 с.
5. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. К.: ВПОЛ, 1998. 148 с.
6. Технологія зберігання і переробки зерна : навч. посіб. /Л.М. Пузік, В.К. Пузік; Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Х.: ХНАУ, 2013. 312с
7. Дудяк І. Д., Туз М. С. Технологія виробництва борошна, круп і комбікорму : методичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти ступеня «магістр» спеціальності 201 «Агрономія» денної форми навчання. Миколаїв, 2015. 139 с.
8. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288с.
9. Сайт фірми «Arrow Corp». Електронний ресурс. – URL: <https://www.arrowcorp.com/kipp-kelly-gravity-separators/>
10. Сайт фірми «Cimbria». Електронний ресурс. – URL: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html>
11. Сайт фірми «PETKUS». Електронний ресурс. – URL: <http://www.petkus.com/products/-/info/sorting/cleaners/a-cleaner>

12. Сайт фірми «Satake». Електронний ресурс. – URL: <https://satake-group.com/news/new-release/140122.html>

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

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

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

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

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

18. Тертишний О.О., Півоаров О.А., Кошулько В.С. Механічні процеси та обладнання харчових виробництв. Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2022. 351 с.

19. Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / Кобець А.С., Сокол С.П., Пугач А.М., Чурсінов Ю.О., Півоаров О.А., Миколенко С.Ю., Ковальова О.С., Калина В.С., Кошулько В.С., Тимчак Д.О., Сова Н.А., Худайбердієва К.А. Колективна монографія. Дніпро: «Свідлер А.Л.», 2022. Том 4. 460 с.

20. Єремєєва О.А., Харченко Є.І., Любич В.В. Технологічні процеси переробки зерна пшениці в борошно: моногр. / Київ, 2021. 160 с.; іл.

21. Технологічні комплекси харчових виробництв : навчальний посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. – Київ : Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.
22. Передумови формування якості зерна пшениць і продуктів його перероблення : моногр. / Г.М. Господаренко та ін.; Київ, 2019. 336 с.
23. Якість та облік зерна за приймання, оброблення і зберігання: навч. посіб. / Н. М. Осокіна та ін. – К.: ТОВ «ТРОПЕА», 2021. – 456 с.: іл
24. Aliiev Elchyn, Gavrilchenko Alexander, Tesliuk Hennadii, Tolstenko Alexander, Koshul'ko Vitaliy (2019). Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. *acta periodica technologica (APTEFF)*, 50, 12–22. DOI:<https://doi.org/10.2298/APT1950012A> (Scopus).
25. Верещинский О.П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці: дис. ... д-ра техн. наук / О.П. Верещинский. – Київ: НУХТ, 2014. – 388 с.
26. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).
27. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko, V., & Aleksandrova, A. (2022). Study of use of antiseptic ice of plasma-chemically activated aqueous solutions for the storage of food raw materials. *Food Science and Technology*, 15(4). <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2260>. (Web of Science (Core Collection)).
28. Жемела Г.П., Бараболя О.В. Технологія борошномельного та круп'яного виробництва: навчальний посібник для студентів вищих агротехнологічних навчальних закладів. Полтава, 2011. 292 с.
29. Мерко І.Т. Технології мукомельного і круп'яного виробництва [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Вид. 2-ге, перероб. та допов. Одеса: Друк. дім, 2010. 472 с.

30. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Одеса: Друк, 2001. 348с.
31. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. К.: Віпол, 1998. 145 с.
32. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. К.: Віпол, 1998. 164 с.
33. Шатенко Є. І., Соц С.М. Технологія круп'яного виробництва. К.: Освіта України, 2010. 272 с.
34. Чурсінов Ю.О., Хозяєв І.О., Черних С.А., Лакіза О.В. Інноваційні технології виробництва борошна, круп та харчоконцентратів: навчальний посібник. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. 126 с.
35. Михайлов В. М. Використання мікрохвильової вакуумної обробки в процесах виробництва овочевих концентратів: монографія / за заг. ред. О. І. Черевко // Харків: ХДУХТ. 2014. 117 с.
36. Regier, M., Knoerzer, K., & Schubert, H. (2017). Introducing microwave-assisted processing of food. *The Microwave Processing of Foods*, 1–22. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100528-6.00001-2>
37. Використання мікрохвильової вакуумної обробки в процесах виробництва овочевих концентратів. Монографія / О.І. Черевко, В.М. Михайлов, В.О. Потапов та ін. Харків: ХДУХТ. 2014. 116 с.
38. Ekezie, Flora-Glad & Sun, Da-Wen & Han, Zhang & Cheng, Jun-Hu. (2017). Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. *Trends in Food Science & Technology*. 67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.014>.
39. Кошулько В.С. Змішувач. Кобець А.С., Пугач А.М., Миколенко С.Ю., Гончарова О.В., Пальчиков В.О. Гезь Я.В. Патент на корисну модель № u 201704919, заявлено 22.05.2017; опубліковано 10.11.2017, Бюл. № 21.
40. Кошулько В.С. Диспергатор. Кобець А.С., Гончарова О.В., Пугач А.М., Миколенко С.Ю., Гезь Я.В. Патент на корисну модель № u 201803832, заявлено 10.04.2018; опубліковано 10.10.2018, Бюл. № 19.

41. Guzik, Paulina & Kulawik, Piotr & Zając, Marzena & Migdał, Władysław. (2021). Microwave applications in the food industry: an overview of recent developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62. 1-20. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1922871>.
42. Ainhoa Vicente, Marina Villanueva, Pedro A. Caballero, José María Muñoz, Felicidad Ronda, Buckwheat grains treated with microwave radiation: Impact on the techno-functional, thermal, structural, and rheological properties of flour, *Food Hydrocolloids*, Volume 137, 2023, 108328, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108328>.
43. Chang, Yoon & Steel, Caroline & Clerici, Maria. (2011). The Use of Microwave Radiation Energy to Process Cereal, Root and Tuber-based Products. <https://doi.org/10.5772/14177>.
44. Hu, Q., He, Y., Wang, F. et al. Microwave technology: a novel approach to the transformation of natural metabolites. *Chin Med* 16, 87 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.
45. Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, Ю.О. Чурсінов, О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, О.С. Ковальова, В.С. Калина, В.С. Кошулько, Д.О. Тимчак, Н.А. Сова, К.А. Худайбердієва. Дніпро: «Свідлер А.Л.». 2022. Том 4. 460 с. (наукова монографія, ISBN 978-617-627-174-1).
46. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
47. Тертишний О.О., Півоваров О.А., Кошулько В.С. Теплові процеси та обладнання в харчових виробництвах. Навчальний посібник, 2023. 360 с. (Рекомендовано до видання вченою радою ДДАЕУ, протокол №__ від 29.06.2023 р.) (5 др. арк.)