

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Розробка та дослідження системи автоматичного регулювання вологості зерна на базі «Тернопільського комбінату хлібопродуктів»**

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи КАМ-61

напряму підготовки (спеціальності) 151

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Яцуляк В. Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Михайлишин Р. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Козбур І. Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Стухляк П. Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проекту (роботи) _____

Керівник проекту (роботи) _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « _____ » _____ 201__ року № _____

2. Термін подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

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

Анотація

Дипломна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить 15 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 166 друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – 2 друкованих сторінок формату А4.

Дипломна робота складається з восьми розділів, в яких нараховується 34 рисунків та 18 таблиць з даними. В роботі використано 81 літературних джерел

Метою даної магістерської роботи є підвищення ефективності зернопереробки на млинах шляхом оптимізації керування процесами підготовки та зволоження зерна.

Розроблена автоматизована систем формування помольної суміші та керування процесом гідротермічної обробки зерна включає:

– автоматизовані системи керування для технологічних схем гідротермічної обробки зерна з машинами мокрого луцення та зволожувальними апаратами на основі нового методу і алгоритму визначення основного збурення від машини мокрого луцення і його компенсації без ускладнення технічної структури системи керування;

– структура автоматизованої системи зволоження з оснащенням машини для мокрого луцення зерна дозатором води з його підключенням до мікроконтролера для реалізації керуваності процесу.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, ОБРОБКА ЗЕРНА, ПОМОЛЬНА СУМІШ, ВОЛОГІСТЬ ЗЕРНА, АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ОЧИСТКА ЗЕРНА, ПІДГОТОВКА ЗЕРНА.

Annotation

The thesis consists of an explanatory note and a graphic part (illustrative material - slides).

The volume of the graphic part of the thesis is 15 slides.

The volume of the explanatory note is 166 A4 pages (210 × 297), the volume of applications is 2 A4 pages.

The thesis consists of eight sections, with 34 figures and 18 data tables. 81 literary sources were used

The purpose of this master's thesis is to improve the efficiency of grain processing at the mills by optimizing the management of the preparation and moistening of grain.

The automated systems for forming the grinding mixture and controlling the process of hydrothermal treatment of grain include:

- automated control systems for technological schemes of hydrothermal grain treatment with wet peeling machines and humidifiers based on a new method and algorithm for determining the main perturbation from a wet peeling machine and its compensation without complicating the technical structure of the control system;
- structure of the automated system of moistening with the equipment of the machine for wet peeling of grain by the water dispenser with its connection to the microcontroller for realization of controllability of process.

Keywords: TECHNOLOGY, GRAIN TREATMENT, MOLLING MIXTURE, GRAIN MOISTURE, AUTOMATIC CONTROL SYSTEM, GRAIN CLEANING, GRAIN PREPARATION.

| | |
|---|----|
| | 5 |
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА | 10 |
| 1.1 Аналіз актуальності вирішення проблем підготовки зерна до помолу на мукомельних підприємствах | 10 |
| 1.2 Загальні відомості про зерно, як сировину для виробництва борошна..... | 13 |
| 1.2.1 Поняття про класифікацію зернових культур | 13 |
| 1.2.2 Типовий склад і класи пшениці | 15 |
| 1.2.3 Будова зерна..... | 17 |
| 1.2.4 Ознаки якості зерна і методи їх визначення..... | 19 |
| 1.2.5 Вплив води на властивості зерна | 21 |
| 1.2.6 Мукомельні властивості зерна пшениці | 22 |
| 1.3 Аналіз обладнання, яке використовується для зволоження зерна..... | 25 |
| 1.3.1 Пристрої зволоження зерна..... | 25 |
| 1.3.2 Витратомір сипучих речовин в потоці..... | 32 |
| 1.3.3 Датчик вологості зерна в потоці | 34 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 37 |
| 2.1 Характеристика об'єкту автоматизації | 37 |
| 2.2 Хімічний склад пшеничної муки і зерна..... | 38 |
| 2.3 Етапи підготовки зерна до помолу..... | 42 |
| 2.4 Вплив технологічних властивостей зерна на якість і вихід муки..... | 49 |
| 2.5 Гідротермічна обробка зерна | 52 |
| 2.6 Опис технологічного процесу зерноочисного відділення Тернопільського КХП..... | 55 |
| 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА | 57 |
| 3.1 Основні методи дослідження системи підготовки зерна, як об'єкту керування | 57 |
| 3.2 Створення моделі для формування помольної суміші, в основі якої методи оптимального керування..... | 58 |

| | |
|---|-----|
| 3.3 Нові методи багатокomпонентного дозування при формуванні помольної суміші..... | 69 |
| 3.4 Процес гідротермічної обробки зерна як об'єкт керування | 75 |
| 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА..... | 87 |
| 4.1 Експериментальні дослідження процесу підготовки зерна до помолу | 87 |
| 4.2 Дослідження методів багатокomпонентного дозування в системах формування помольної суміші..... | 88 |
| 4.3 Експериментальні дослідження процесу гідротермічної обробки зерна | 99 |
| 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА..... | 108 |
| 5.1 Розробка систем автоматичного керування та контролю процесом підготовки зерна..... | 108 |
| 5.2 Автоматизована система розрахунку та формування складу помольної суміші..... | 109 |
| 5.3 Автоматизована система гідротермічної обробки зерна..... | 114 |
| 6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ..... | 123 |
| 6.1 Економічне обґрунтування ефективності | 123 |
| 6.2 Вихідні дані | 126 |
| 6.3 Проектна потужність і об'єм випуску продукції | 127 |
| 6.4 Розрахунок зміни собівартості продукції | 128 |
| 6.4.1 Розрахунок індексів зміни витрат..... | 128 |
| 6.4.2 Аналіз зміни собівартості | 129 |
| 6.5 Розрахунок техніко-економічних показників..... | 130 |
| 6.6 Розрахунок показників економічної ефективності | 134 |
| 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 135 |
| 7.1 Охорона праці | 135 |
| 7.1.1 Загальні положення | 135 |
| 7.1.3 Вимоги по охороні праці перед початком роботи | 141 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 7.1.4 | Вимоги по охороні праці при виконанні роботи..... | 142 |
| 7.1.5 | Вимоги по охороні праці по закінченню роботи..... | 144 |
| 7.1.6 | Вимоги по охороні праці в аварійних ситуаціях..... | 144 |
| 7.2 | Безпека а надзвичайних ситуаціях..... | 146 |
| 7.2.1 | Структура цивільного захисту на підприємствах харчової промисловості | 146 |
| 8 | ЕКОЛОГІЯ | 151 |
| 8.1 | Вплив мукомельного підприємства на навколишнє середовище | 151 |
| 8.2 | Результати забрудненості продуктів харчування | 155 |
| 8.3 | Аналіз методів досягнення безпеки харчових продуктів..... | 156 |
| | ВИСНОВКИ..... | 158 |
| | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | 160 |
| | ДОДАТКИ..... | 167 |

ВСТУП

Технологічний процес зернопідготовки – це багатофункціональна система машин і механізмів, транспортного і аспіраційного обладнання, засобів контролю і керування, технологічних регламентів і інструкцій для реалізації технологічних операцій по прийманню зерна, формуванню помольної суміші, очищенню та гідротермічній обробці зерна. Процес є визначальним в структурі зернопереробки і його оптимальне проведення забезпечує основні показники конкурентоспроможності зернопереробного підприємства – раціональне використання запасів зерна, якість та собівартість основної продукції – борошна. І саме ця технологічна, виробнича та техніко-економічна визначальність процесу пояснює особливу увагу до проблем зернопідготовки науковців, проєктантів, технологів-мірошників, управлінців і виробничників.

Провідними вітчизняними та зарубіжними науково-дослідними установами і фірмами (ОДАХТ, ВНДІЗ (РФ), «БЮЛЛЕР» (Швейцарія), «ОКРІМ» (Італія), «НАГЕМА» (Німеччина), «АГРОМАТІК» (Швейцарія), «ЕЛКОН» (РФ) та інш.) виконані ґрунтовні дослідження процесу зерно підготовки, що дозволило розв'язати ряд проблем по створенню високопродуктивного обладнання, відпрацюванню параметрів і режимів його роботи, дослідженню процесів змішування зерна різних типів і класів, гідротермічної обробки зерна, розробці моделей формування помольної суміші, технологічних регламентів гідротермічної обробки та систем стабілізації вологості зерна.

Проте залишаються нерозв'язаними задачі по ефективному використанню зернових ресурсів і оптимізації процесу зернопідготовки, зокрема:

- створення моделі формування помольної суміші на основі визначальних показників якості зерна і методів оптимального керування для мінімізації вартості зернової суміші;

- дослідження процесу багатокomпонентного дозування і розробка високоефективних методів дозування на основі сучасних тензовимірювальних і комп'ютерних технологій обробки інформації і керування;

- дослідження процесу гідротермічної обробки зерна, доповнення моделі процесу такими параметрами як міцність зерна та вихід круподунстових продуктів з перших дертяних систем;

- оптимізація структур систем керування процесом гідротермічної обробки зерна на першій стадії для різних технологічних схем зволоження – з застосуванням машин для миття, мокрого луцення і зволожувальних апаратів;

- розробка оптимальних систем автоматизованого керування процесами формування помольної суміші та гідротермічної обробки зерна.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз актуальності вирішення проблем підготовки зерна до помолу на мукомельних підприємствах

Харчова промисловість за обсягом валової продукції займає друге місце після машинобудування та металообробки, третє за кількістю робітників, п'яте за вартістю основних виробничих фондів. Харчова промисловість об'єднує 22 спеціалізовані галузі, що включають більше 40 основних виробництв.

В цілому в Україні вона виробляє понад 10 тис. найменувань продукції. Особливістю харчової промисловості є високий рівень матеріалоємності. Так, в собівартості харчової продукції витрати на сировину і матеріали складають понад 85...90 % загальної вартості.

В даний час найбільший економічний ефект дають ті рішення, які направлені на раціональне використання сировини і матеріалів, впровадження матеріалозберігаючої техніки і технологій. В якості головного важеля інтенсифікації народного господарства ставиться кардинальне прискорення науково-технічного прогресу, широке впровадження новітньої техніки і нових технологій, що забезпечить високу ефективність виробництва.

Харчова промисловість являє собою сукупність послідовних технологічних процесів по переробці сировини рослинного та тваринного походження з метою отримання харчових продуктів із заданими властивостями і терміном зберігання. Важливою особливістю харчових виробництв є необхідність виконання санітарно-технічних вимог, пов'язаних з охороною здоров'я споживачів.

В харчових виробництвах потрібно виділити найбільш характерні етапи технологічного процесу:

1. Зберігання, підготовка сировини (відділення від домішок, миття), тари та обладнання до основних технологічних процесів.

2. Механічні процеси подрібнення продуктів, розділення їх на фракції.

3. Процеси змішування компонентів.
4. Теплова дія на продукти харчування.
5. Масообмінні процеси перетворювання харчових продуктів.
6. Фасування, упаковка.
7. Транспортування [1].

При теперішній великій кількості харчових виробництв існує така ж різноманітність технологічного обладнання.

По характеру дії на оброблюваний продукт обладнання харчових виробництв поділяється на три групи:

– апарати для зміни фізико-хімічних властивостей продуктів або їх агрегатного стану під дією фізико-механічних, біомеханічних, теплових чи електричних процесів;

– машини, в яких на продукт здійснюється механічна дія, що приводить до зміни їх форми і розмірів при збереженні початкових властивостей;

– транспортуючі машини для транспортування сировини, продуктів, напівфабрикатів.

Характерна особливість машин — існування рухомих робочих органів, які здійснюють відповідну механічну дію на оброблюваний продукт.

Особливістю апаратів є наявність визначеного простору (робочої камери), в якому відбувається дія на продукт з метою зміни його властивостей.

Необхідно відмітити наступні характерні особливості харчових виробництв:

– контакт продукту чи харчового середовища з елементами машини і апаратів;

– часовий фактор, коли технологічний процес має жорсткі часові межі.

Взаємодія системи продукт-матеріал оцінюється і регламентується Міністерством охорони здоров'я України з точки зору споживача. При цьому для кожного виду продукту є матеріали, які дозволені чи заборонені до використання. Наведемо приклад: мідь заборонена до використання в обладнанні молочних заводів і дозволена в обладнанні цукрової промисловості. Алюміній дозволено

використовувати в молочній промисловості взагалі, але у виробництві дитячого молочного харчування він заборонений[1].

В умовах сучасного ринку, коли значно збільшилася кількість постачальників зерна, а розмір партій зерна зменшився, коли конкуренція вимагає посилення контролю якості вихідного продукту при суттєвих коливаннях якості зерна на вході від партії до партії, необхідно неухильно забезпечувати якість борошна [2].

Головне завдання будь-якої технології полягає в забезпеченні вискоєфективного використання сировини при виробництві готової продукції з найменшими питомими витратами.

Особливе значення має рішення цієї задачі в технології виробництва муки і крупи, оскільки зерно є не дешевою сировиною, а продукти його переробки очолюють список життєво необхідних продуктів харчування. Підвищення рентабельності підприємств мукомельно-круп'яної промисловості вимагає подальшого вдосконалення технологічних процесів.

Відповідно до аналізу зібраної інформації по обстеженню існуючих млинів різного типорозміру вдалося встановити основні напрями вдосконалення технологій для збільшення виходу високосортної продукції.

Такими напрямками є розвиток підсистеми підготовки зерна до помолу, плющення його перед подачею на першу драну систему і регулювання кратності помолу безпосередньо в розмельному відділенні з відповідним підбором параметрів і режимів.

Наприклад, за кордоном пропонують здійснювати розділення зернової маси на три-чотири фракції на початку процесу очищення. При цьому у крупну і дрібну фракції потрапляють характерні домішки, що дозволяє скоротити комплекс зерноочисних машин при обробці окремих фракцій. Середня фракція практично не містить сміття. Таким чином, роздільна підготовка до помолу пшениці, що калібрується, дозволяє:

- понизити питомі навантаження на зерноочисні машини;
- зменшити кількість машин в зерноочисному відділенні і поліпшити умови їх експлуатації;

- забезпечити рівномірний розподіл вологи в зерновій масі і отже, стабільну роботу зернопереробного устаткування;
- підвищити ступінь використання зерна шляхом встановлення раціональних режимів подрібнення і сортування зернопродуктів [3].

Одним з важливих питань є забезпечення належної точності зволоження зерна. Коливання вологості зерна, яке надходить в зерноочистку на протязі однієї зміни, досягає значних величин і досягти необхідного рівня вологості зерна в умовах ручного регулювання подачі води, відсутності ротаметрів і потокових вологомірів зерна практично неможливо. Окрім того, в схемах холодного кондиціонування, коли необхідна величина зволоження часто порівнянна з похибкою основного зволоження, потрібне дозволоження зерна перед першою драною системою [2].

1.2 Загальні відомості про зерно, як сировину для виробництва борошна

Всі рослини які живуть на землі розділяються на дві групи – дикорослі і культурні.

Особливе місце в групі культурних рослин займають зернові культури, основною метою вирощування яких є отримання зерна для задоволення потреб людини.

Всі зернові культури прийнято класифікувати по ботанічним признакам, хімічному складу і цільовому призначенню [4].

1.2.1 Поняття про класифікацію зернових культур

Класифікація за ботанічним ознаками. Все різноманіття рослинного світу класифіковане ботанікою по подібним ознакам в сімейства, роди, види, підвиди, різновиди, форми, сорти.

Сімейство об'єднує близькі роди, подібні по будові плодів. Наприклад, відомо більше 20 видів пшениці (м'ягка, тверда, карликова та ін.), які об'єднані в один рід-пшениця.

Вид (ботанічний) – основа класифікації рослин. Найбільш розповсюджені види: у пшениці – м'яка і тверда, у овса – посівний, у гречки – звичайна.

Різновидність – поділ видів по морфологічним ознакам (остистість, опушеність колоскових луск, колір колоса і зерна).

Сорт – визначена біологічна форма культурної рослини, виведена селекцією, яка володіє стійкими біологічними і цінними господарськими ознаками. Сорти по подібним ботанічним ознакам об'єднуються у відповідні різновиди.

Класифікація за хімічним складом. За хімічним складом всі культури прийнято ділити на три групи: крохмальні – містять до 80% вуглеводів. До цієї групи відносять зернові культури із сімейства злакових (пшениця, жито та ін.), а також гречку; білкові – містять білки до 30% і більше. До цієї групи відносять горох, сою, боби та інші культури сімейства бобових; олійні – містять більше 25% жиру. До цієї групи підносять соняшник, ріцину, бавовник та інші культури.

Класифікація за цільовим призначенням. Ця класифікація оснований на використанні зерна за визначеним цільовим призначенням. Всі культури поділяються на наступні групи: мукомельні – для виробництва муки (пшениця, жито, та ін.); круп'яні – для виготовлення круп (просо, гречка, рис та ін.); кормові – для виробництва комбікормів і в якості самостійного корму (кукурудза, овес, ячмінь та ін.); технічні – для виробництва олії (олійні культури), крохмалю, глюкози (кукурудза), пива (ячмінь), солода для спиртового виробництва (жито, просо, ячмінь, овес) [5].

1.2.2 Типовий склад і класи пшениці

Пшеницю ділять на п'ять типів. В основу поділу на типи покладено наступні признаки: колір (білозерна, червонозерна), ботанічний вид (м'ягка, тверда) і біологічна форма (яра, озима); I, II, III і IV типи ділять на підтипи. В основу поділу зерна пшениці на підтипи покладено відтінок кольору (темно-червона, світло-червона і т.д.) і скловидність (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Типовий склад пшениці

| Тип | Біологічні особливості пшениці | Підтип | Відтінок кольору і скловидність | Загальна скловидність, % |
|-----|--------------------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------|
| I | М'ягка яра червонозернова | 1-й | Яра темно-червона, скловидна | Не менше 75 |
| | | 2-й | Яра червона | Не менше 60 |
| | | 3-й | Яра світло-червона | Не менше 40 |
| | | 4-й | Яра жовта | Менше 40 |
| II | Яра (дурум) тверда | 1-й | Яра (дурум) темно-янтарна, скловидна | Не менше 70 |
| | | 2-й | Яра (дурум) світло-янтарна, скловидна | Не обмежується |
| III | Яра білозерна | 1-й | Яра білозерна, скловидна | Не менше 60 |
| | | 2-й | Яра білозерна | Менше 60 |
| IV | Озима червонозерна | 1-й | Озима темно-червона, скловидна | Не менше 75 |
| | | 2-й | Озима червона | Не менше 60 |
| | | 3-й | Озима світло-червона | Не менше 40 |
| | | 4-й | Озима жовта | Менше 40 |
| V | Озима білозерна | – | – | Не обмежується |
| VI | Тверда озима | – | – | Не обмежується |

Всі сорти пшениці в основноу відносяться до двох ботанічних видів: пшениця м'ягка і пшениця тверда. Типові особливості, являються сортовими признаками визначень «твердозена» і «мягкозерна». Ці два види пшениці розрізняються як по хімічному складу і біохімічним властивостям зерна, так і по технологічним.

Для хлібовипікання використовують муку із зерна м'якої скловидної пшениці в основному I, III і IV типів або із м'якої пшениці із додаванням не більше 20% твердої пшениці II типу.

Хлібопекарну пшеничну муку виробляють з достатнім (близько 14%) вмістом білка і клейковиною хорошої якості.

Тверда пшениця являється основною сировиною для виробництва високоякісних макаронних виробів. Колір зерна в основному янтарно-жовтий. Консистенція зерна, як правило, скловидна. Загальна скловидність не менше 70%. Різниця в будові зерна м'якої і твердої пшениці легко помітно.

Продовольче зерно, в свою чергу, диференціюється на класи, якість яких забезпечує можливість виготовлення муки, крупи високої якості при хорошому виході. Перші класи використовуються як поліпшувачі, а нижні класи – в підсортування.

В основу товарної класифікації пшениці (ГОСТ 9353-90 «Пшениця. Вимоги при заготовках і поставках») покладені показники, які характеризують мукомольні (натура, скловидність) і хлібопекарні властивості (сорт, кількість і якість клейковини, вміст пророслих і фузаріозних зерен, степінь обезколірення), що зумовлює цільове призначення класу. Наприклад, вищий, 1-й і 2-й класи («сильна» пшениця) призначенні для використання в якості поліпшувача «слабкої» пшениці. До них відносяться лише партії сортів, включених в список «сильних» і по всім показникам, які відповідають вимогам вищого, 1-го і 2-го класам. Цільове призначення пшениці цих класів – служить поліпшувачами для партій зерна 3-го класу (із пониженим вмістом клейковини 23-24%), а також 4-го класу.

Пшениця 3-го класу (із кількістю клейковини 23% і більше) не нижче II групи якості придатна для виготовлення стандартної сортової хлібопекарської муки.

Пшениця 4-го класу без підсортуння до неї значної кількості високоякісного зерна «сильної» пшениці для отримання стандартної хлібопекарської муки використовувати проблематично.

Класифікація твердої пшениці по якості передбачає поділ її на 5 класів. В основу цієї класифікації покладені також технологічні ознаки, які характеризують зерно як сировину для отримання муки, придатної для виготовлення макаронних виробів (кількість і якість клейковини, стан зерна, його колір і запах).

При дефіциті твердої пшениці макаронну муку вимушені виробляти із м'яккої, тоді підбираються партії пшениці з високою скловидністю.

М'яка і тверда пшениця всіх класів, крім 5-го, призначена для використання у продовольчих цілях.

Кожному класу відповідає визначений підтип типового складу, стан зерна, кількуість і якість (група) клейковини, скловидність і вміст важковідділювальних домішок.

Клас пшениці визначають по найгіршому значенню одного із показників якості зерна, вказаних в таблицях ГОСТа [3].

1.2.3 Будова зерна

Злакові культури. Сімейство має 8 родів: пшениця, жито, ячмінь, овес, просо, сорго, кукурудза і рис. Плодом злакових культур являється зерновка, яка називається зерном. Злакові культури діляться на дві групи: а) справжні хліба – пшениця, жит, ячмінь, овес; б) просовидні хліба – просо, сорго, кукурудза.

Зерно справжніх злаків має подовжену форму з ясно вираженим опущенням (бородкою) на верхній частині зерна і повздожною бородкою, яка йде позовж черевної сторони зерновки. Ці злаки більш вимогливі до вологи і менш вимогливі до тепла.

Зерно просовидних злаків не має бородки і бороздки. Просовидні злаки засухостійкі (крім рису) і теплолюбиві.

У посівах більшість злакових культур розповсюджені як яров, так і озима форми.

В анатомічній будові зернових окремих злакових культур принципової різниці немає. Типовою являється зернина пшениці (рисунок 1.1). Вона має подовговасту форму, у верхній частині розташована бородка, а в нижній частині – зародиш. Випукла сторона зернини називається спинкою, протилежна – черевцем, вздовж якого є углиблення (бороздка).

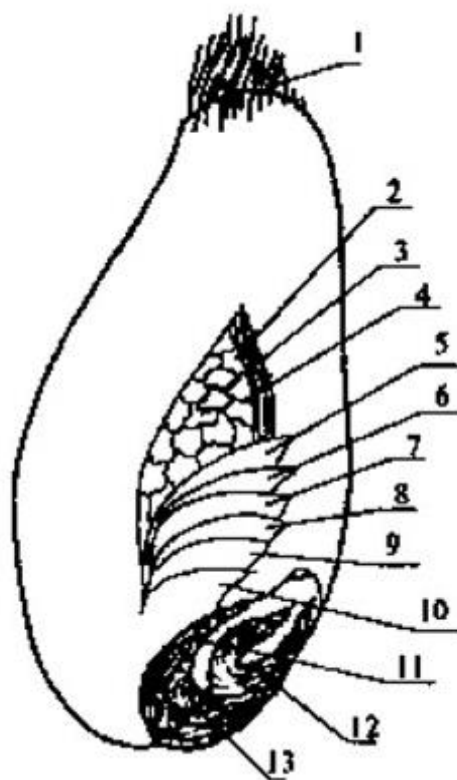


Рисунок 1.1 – Анатомічна будова зернини пшениці

1 – бородка зерна; 2 – крохмалиста частина зерна; 3 – клітина ендосперма; 4 – стінка клітин; 5 – гіаліновий шар; 6 – пігментний шар; 7 – трубчастий шар; 8 – поперечний шар; 9 – повздовжний шар; 10 – верхній шар оболонки плодової; 11 – щиток зародиша; 12 – росток; 13 – корішок.

З зернини розрізняють три основні частини: оболонку, ендосперм і зародиш. Оболонки захищають зернину від механічних пошкоджень і від проникнення всередину зерна шкідливих речовин і мікроорганізмів [7].

Зернина пшениці має пдлодоносну (верхню) оболонку, яка складається із трьох шарів – продольного, поперечного і трубчастого, і сімяну, яка складається також із трьох шарів – верхнього прозорого, середнього пігментного і нижнього прозорого набухаючого.

За сімяною оболонкою розташований алейроновий шар (крайній шар ендосперми), яка складається із одного ряду грубостінних клітин. Під алейроновим шаром розташована основна частина зерна – ендосперм, який складається із тонкостінних великих клітин, заповнених в основному крохмалем.

Алейроновий шар разом із ендоспермом являється сховищем поживних речовин, необхідних для розвитку нової рослини при проростанні зерна [9].

1.2.4 Ознаки якості зерна і методи їх визначення

Підприємств, які займаються заготовкою і зберіганням зернових ресурсів, приймають від хлібоздатчиків партії зерна. Кожну партію зерна разом з домішками прийнято називати зерною масою або просто зерном.

Формування зернової маси починається в процесі зборки зерна в полі. Основну частину зернової маси складає зерно тої ультури, по найменуванню якої і названа партія (наприклад, партія пшениці).

При поступленні зерна на хлібоприймне підприємство, млин, крупозавод оцінюють якість кожної партії з метою:

- визначення цільового призначення партії;
- розміщення зерна;
- розрахунку з поставщиками;
- виявлення і заобігання негативних процесів при зберіганні;
- вибір операції і режимів обробки з метою забезпечення збереженості.

Якість партій зерна оцінюється по ряду показників, які класифікуються на три групи:

1. Обов'язкові загальні показники – це такі показники, які визначають у всіх партіях, незалежно від роду культури і призначення. Їх всього чотири:

- а) свіжість (колір, запах, смак);
- б) вологість;
- в) засміченість;
- г) зараженість.

2. Обов'язкові спеціальні показники – це такі показники, які визначають у партії в залежності від роду культури і призначення, наприклад: скловидність, клейковина у пшениці, пльончатість у круп'яного овса.

3. Додаткові показники – їх на підприємстві не визначають у зв'язку із складністю і великими затратами часу, наприклад: склад білку, крохмалю, жиру, і т.д. Проводять дані аналізи при особливій необхідності (при наукових дослідженнях, розходжень з поставщиками і т.д) [9].

Методи визначення якості прийнято ділити на:

органолептичні – визначають за допомогою органів відчуттів (колі, запах, смак);

лабораторні – визначають при проведенні аналізу, розрахунку з використанням приладів, апаратів.

Всі методи визначення якості зерна стандартизовані.

Стандарт містить загальні вимоги до зерна (продукції) при його закупівлі, зберіганні і переробки. Стандарт застосовують до всіх партій зерна (продукції), з якими мають справу їх власник.

Сертифікат оцінює якість визначеної партії зерна (продукції) або серійно впущеної продукції. При обов'язковій сертифікації він містить встановлені законодавчим актом показники на відповідність продукції вимогам безпеки. Сертифікат являється документом, який гарантує безпеку зерна і зернопродуктів для життя і здоров'я населення [7].

1.2.5 Вплив води на властивості зерна

Одним із самих важливих головних показників стану зерна вважають його вологість (відношення маси вологи до маси зерна, виражена у відсотка). Значення показника важко переоцінити, адже у всіх процесах, які відбуваються в зерні і зерновій масі, бере участь вода.

Вміст води у зерні необхідно знати на всіх етапах роботи з ним.

Зерно являється придатним для зберігання при вологості менше 14%. Зернові культури збувають зазвичай при вологості від 14% до 20%; однак вологість окремих партій зерна досягає більше 25%. Занадто велика вологість знижує споживчу цінність зерна, що проявляється у високих втратах сухої речовини при диханні, в самозігріванні і ушкодженні речовин, які містяться в зерні. По вологості визначають терміни збирання урожаю, режими роботи зборочних машин, зерноочисного і сишильного обладнання, установок активного вентилявання, організовують зберігання зерна.

Підвищена вологість зерна при зберіганні не допустима, та як не тільки збільшується його дихання, но і сприяє проростання, розвитку плісіні і шкідників хлібних запасів, самозігріванню.

Вологість впливає не тільки на зберігання зерна, но і на його технологічні властивості, тобто на хід переробки і вихід готової продукції. Помол і просіювання продуктів помолу зерна з підвищеною вологістю ускладнений, так як зерно плющиться, при цьому знижується продуктивність машини, підвищується їх знос і розхід енергії на переробку зерна. Сире зерно взагалі не розмолується, а дуже сухому – оболонки втрачають еластичність, сильно подрібнюються і попадають в муку.

По вологості ведуть розрахунок втрат зернової маси при сушці і зберіганні, розрахунок виходу продукції при переробці зерна.

Зерно і насіння основних продовольчих культур в залежності від вологості відносять до одного із чотирьох станів:

– сухе (вологість до 14% включно);

- середня сухість (від 14 до 15,5%);
- вологе (від 15,5 до 17%);
- сире (більше 17%).

В якості основного методу визначення вологості прийнято висушування навішування змеленого зерна в сушильній шафі протягом 40 хв. при температурі 130 °С [11].

Звичайно, таке визначення вологості потребує багато часу, тому більшу надію покладають на методи, при яких використовують вологомір. Основані вони на визначенні фізичних властивостей зерна (механічні, акустичні, оптичні, електричні – діелектрична проникність, питомий опір), функціонально зв'язані з вологістю.

Під впливом різних факторів покази вологоміра віхиляються від істинної величини і тому ними користуються тільки для внутрішнього контролю, а вологість зерна для встановлення залікової маси і розрахунку з господарствами визначають методом повітряно-теплової сушки в сушильній шафі, тобто тривалим основним методом.

1.2.6 Мукомельні властивості зерна пшениці

Мукомельні властивості проявляються в процесі переробки зерна в муку і здійснюють основні впливи на вихід і якість муки, розхід електроенергії на подрібнення зерна. Мукомельні властивості визначаються наступними показниками: виходом і якістю муки, в тому числі муки високих сортів (вищого і першого), кількістю отриманих крупин і дунстів, степеню вимелювання оболонки, витратою електроенергії на виробітку 1 т муки і залежить від якості і стану зерна – зольність, скловидність, натури, щільності, крупності і рівномірності, маси 1000 зернин, міцності і твердості зерна..

Зольність. Зола, отримується в результаті озолення зерна в муфельній печі, складається із окислів і солей калія, фосфора, натрію, кальцію, магнію та ін. в різних співвідношеннях: фосфора – 60, калію – 30%. Зольність анатомічних

частин зерна не однакова: найбільшу зольність мають оболонки з алейроновим шаром, наменшу – ендосперм. Зольність шарів зерна підростає в напрямку від центра до периферії (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 - Зольність анатомічних частин зерна

| Зольність | Зерно | Ендосперм | Оболонка з алейроновим шаром | Зародиш |
|-------------|-------|-----------|------------------------------|---------|
| Максимальна | 2,30 | 0,51 | 9,83 | 6,08 |
| Середня | 1,95 | 0,46 | 8,49 | 5,98 |
| Мінімальна | 1,60 | 0,38 | 7,54 | 5,11 |

Зольність служить важливим показником мукомельних властивостей, так як вона характеризує якість проміжних і кінцевих продуктів переробки.

Зольність зерна, як відносний показник його якості, використовують при розрахунку виходу муки.

Скловидність. До скловидності відносять зернини, які слабо заломлюють промінь світла і при просвічуванні здаються прозорими. Мучнисті зерна непрозорі і при просвічуванні здаються темними, в розрізі вони білі. Скловидне зерно вимолується легше, чим мучнисте і дає великий вихід крупинок. В скловидному зерні зольні елементи розподілені більше рівномірно. Скловидність зерна впливає також на питому витрату електроенергії при його подрібненні.

Вологість. Цей показник має велике значення не тільки при зберіганні зерна, а й при його подрібненні.

Натура – це маса одного літра зерна, виражена в грамах, визначається щільністю укладки частинок і середньою щільністю самих зерен. Чим вищий цей показник, тим кращі мукомельні властивості зерна, тим менше в зерні міститься оболонок і більше ендосперму. Однак, при наявності великих домішок і підвищенні вологості натура зерна зменшується, отже даний показник може лиш дотично характеризувати мукомельні властивості зерна.

Встановлена наступна залежність між натурою пшениці і вмістом ендосперма (усереднені дані): при натурі 725 г/л вміст ендосперма складає 77,8%, при 760 г/л – 79,6%, при 780 г/л – 80,4%.

Для мукомельної промисловості встановлена єдина базисна норма натур пшениці 750 г/л. Якщо натура оброблювального зерна нижча, то за кожен грам кількість отриманої продовольчої продукції (муки) зменшується на 0,11% за рахунок збільшення в такому ж розмірі кормової продукції – висівок. Пшениця з натурою нижче 690 г/л на сортові помолі не використовується, оскільки вихід муки і крупи із зерна знаходиться в прямій залежності від натур.

При формуванні товарних партій, розміщенні їх на зберіганні і переробки пшениці класифікуються на: високонатурну при 785 г/л і більше, середньонатурну – 745-748 г/л, низьконатурну – нижче 745 г/л.

Щільність зерна пшениці коливається від 1,33 до 1,48 г/мл і залежить від хімічного складу і анатомічної будови зернівки.

Найбільшу щільність у зерні злакових культур має ендосперм, багатий крохалем, а найменшу – оболонки, клітини які складаються із клітковини. Різна щільність ендосперму і оболонок використовується при помолі зерна, в процесі збагачення крупин і дунстів.

До основних показників, які характеризують мукомельні властивості зерна жита, відносять зольність, скловтидність, натуру, масу 1000 зерен, вирівненість і вологість.

Мукомельні властивості зерна в значній мірі характеризуються ваговим вмістом ендосперми, кількість якого в пшениці коливається від 74 до 85%, в житі від 75 до 79%.

Мукомельні властивості зерна визначають експериментальними помолками, які проводять на лабораторній мельниці [3].

1.3 Аналіз обладнання, яке використовується для зволоження зерна

1.3.1 Пристрої зволоження зерна

До основних процесів підготовки зерна до помолу, які якісно поліпшує його продовольче використання, відносяться зволоження і мийка зерна. У процесі зволоження в зерні відбуваються фізико-хімічні процеси, в результаті яких полегшується відділення оболонки від зерна при незначних втратах ендосперму.

Процес підготовки зерна до помолу включає дві стадії його зволоження. Основне зволоження відбувається в машині інтенсивного зволоження А1-БШУ2. Перед І драною системою зерно дозволювати в апараті А1-БАЗ.

Збільшення вологості в зерні при обробці в машинах основного зволоження становить в середньому 2,5-3,5% і залежить від вологості зерна, що поступила та його типового складу. Дозволення зерна перед І драною системою протягом зміни також доолі стабільно, залежить від вологості зерна, що надходить на І драну систему, і становить 0,3-0,5%. На І драну систему вологість зернової маси (суміш І і ІV типів пшениці, взятих у співвідношенні 50:50) підтримується в межах 15,8-16,0%.

Наявність бункерів для зволоження великої місткості полегшує дотримання необхідних режимів зволоження зерна. Для кожної партії зерна з урахуванням його технологічних властивостей застосовують відповідні режими холодного кондиціонування, в залежності від технологічних властивостей зерна, показників його якості, типу помолу, температури зерна і води. Тривалість зволоження зерна з вихідною вологістю менше 10% при основному двоетапному зволоженні встановлюють не менше 48 год.

Машини типу А1-БШУ-2. Машину А1-БШУ-2 використовують для основного зволоження на початку першого етапу перед розподільними гвинтовими конвеєрами, що направляють зерно на відволожування (рисунок 1.2).

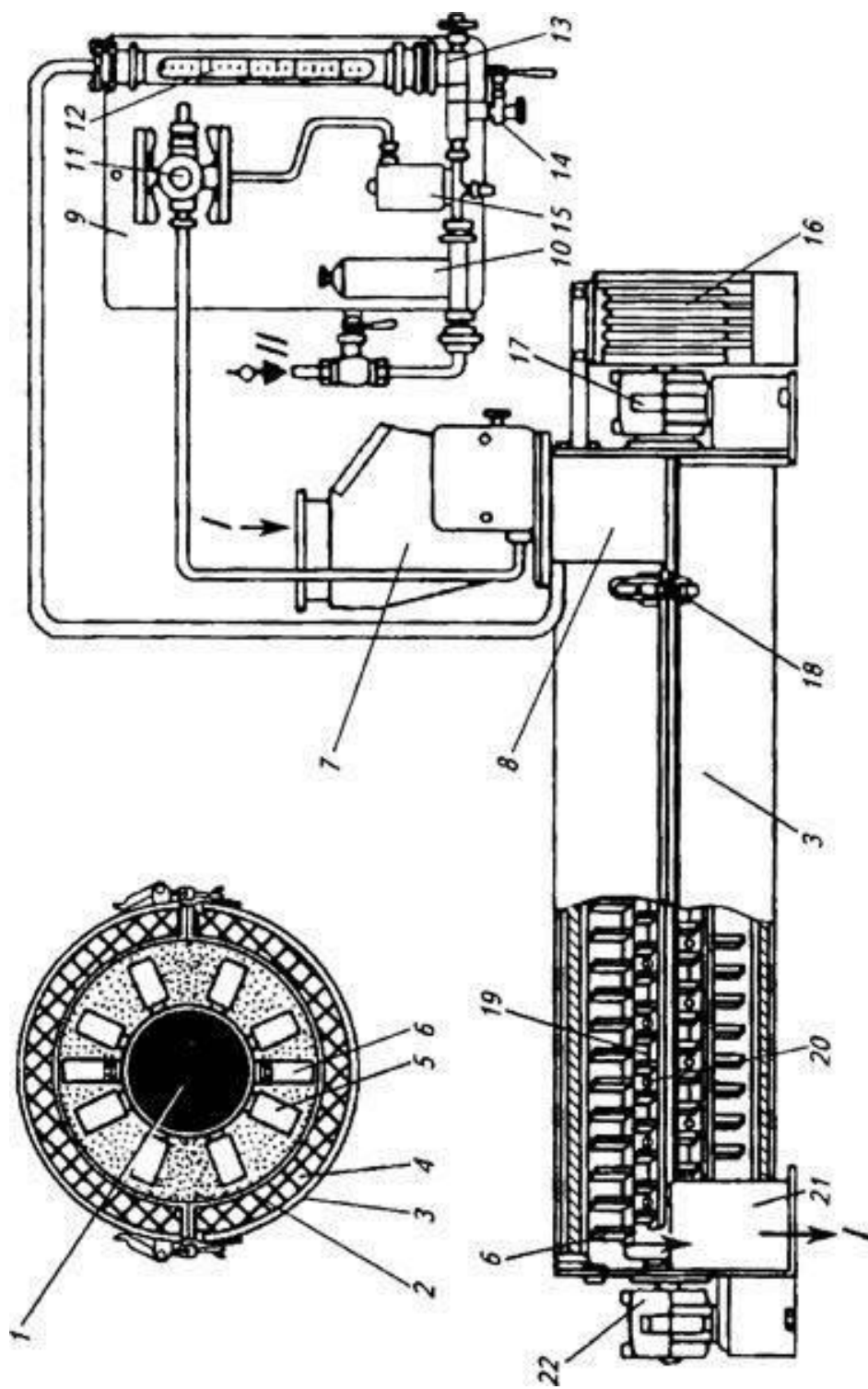


Рисунок 1.2 – Машина А1-БШУ-2 для зволоження зерна:

- 1 - вал; 2 - корпус; 3 - кожух; 4 - прокладка; 5,6- гонки; 7 - індикатор наявності зерна; 8, 21 - пійомний і випускний патрубки; 9 - панель; 10 - фільтр; 11 - електророзетка; 12 - ротамер; 13 – голчастий вентиль; 14 - спускний кран; 15 - електромагнітний вентиль; 16 - привод; 17, 22 - корпуси підшипників; 18 - замок; 19 - бич; 20 - шпилька; I - зерно; II - вода

Корпус 2 з горизонтальними роземами виконаний із нержавіючої сталі. Обидві половинки з'єднані між собою болтами. З торців корпус має стінки, до яких болтами прикріплені опори рами для встановлення корпусів підшипників 17, 22. На корпусі 2 змонтовані приймальний 8 і випускний 21 патрубки. Корпус машини закритий кожухом 3 із листової сталі товщиною 1 мм. Вона, також являється і корпусом, виконаним роземним по горизонталі. Обидві половинки кожуху з'єднані між собою замками 18. Для зниження рівня шуму між корпусом і кожухом встановлюють паралонову прокладку 4.

Основним робочим органом машини являється бичевий ротор, який обертається в нерухомому циліндричному корпусі 2. Ротор складається із вала 1 виконаного із пустотілої труби діаметром 140 мм. В трубу з обох сторін вварені цапфи і 68 шпильок, до котрих кріпляться вісім повздовжних бичей 19 і дві гонки 5,6. До бичей приварені гонки у вигляді прямокутних пластин (до кожного по 21 гоці). Бичі і гонки зроблені із нержавіючої сталі. Гонки виконують функцію ударної і транспортної дії на зернову масу.

Для забезпечення необхідної механічної дії і диференційованої швидкості транспортування зерна гонки на суміжних бичах встановлені (через один) під кутом 60° відносно осі ротора, а на решті чотирьох – під кутом 70° . Зазор між гонками і корпусом складає 16 – 18 мм. Цапфи ротора спираються на підшипникові опори кочення з дворядними сферичними роликівими підшипниками.

Рама, зварена з швелерів, болтами прикріплена до перекриття. На ній встановлено корпусу підшипників 17, 12. На стійці рами (з боку приймального патрубка) на плиті встановлений електродвигун. Привід машини здійснюється від електродвигуна через клиноременну передачу 16. Натяг ременів проводиться переміщенням плити з електродвигуном щодо рами. Індикатор наявності зерна 7 встановлений над прийомним патрубком 8.

Технологічний процес в машині А1-БШУ-2. При надходженні зерна в індикатор відхиляється поворотна заслінка, і мікрореле замикає електричний ланцюг електромагнітного вентиля, який відкриває подачу води.

Зерно і вода надходять через приймальний патрубок 8 в робочу зону машини. Тут в кільцевому просторі поряд з високошвидкісним ударним впливом здійснюється транспортування зерна в осьовому напрямку з різними швидкостями. Наявність диференційованого поля швидкостей в обмеженому просторі забезпечується різницею кутів нахилу гонки на суміжних бичах. В результаті поєднання складного ударного і фрикційного впливів на поверхню зерна відбувається інтенсивна сорбція вологи за порівняно короткий час обробки.

Технологічна ефективність, тобто ступінь зволоження зерна в цих машинах істотно залежить від частоти обертання ротора, кількості бичів і гонки, а також від їх розташування на роторі. Ці чинники одночасно впливають на продуктивність машин і ступінь пошкодження зерна. При закладених в конструкцію параметрах досягаються наступні результати: А1-БШУ-2: - при продуктивності 7,8 т/г вологість зерна підвищувалась на 5% при початковій вологості зерна 11,2-12,4%, натурі 818-824 г/л і скловидності 50%. Збільшення кількості битих зерен практично не спостерігається.

Для визначення наявності зерна в машині служить спеціальний індикатор (рисунок 1.3). Під дією потоку падаючого зерна заслінка 3 відхиляється від початкового положення і, долаючи опір пружини 5, замикає рухливий електроконтакт мікрореле 7. При цьому електричний сигнал подається на електромагнітний вентиль, що відкриває подачу води. При припиненні надходження зерна в індикатор пружина повертає заслінку, яка розмикає електроконтакт, у вихідне положення. Електромагнітний вентиль знеструмлюється і припиняє подачу води.

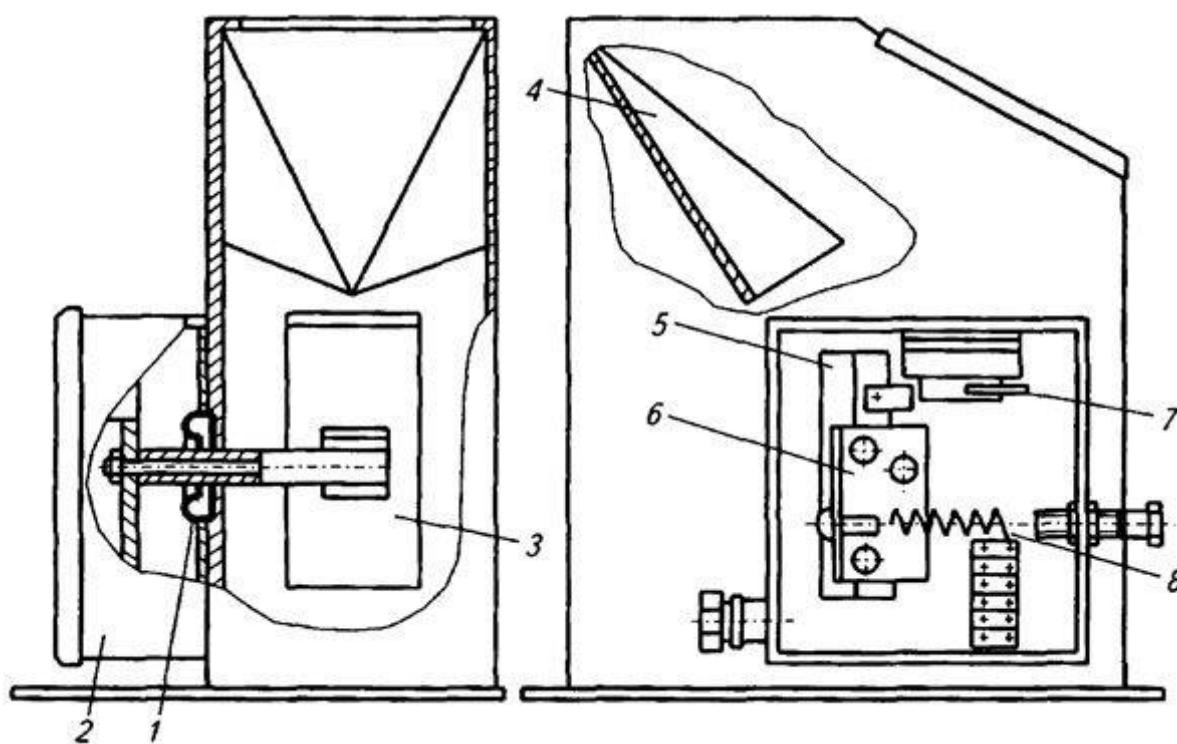


Рисунок 1.3 – Індикатор наявності зерна

1 – мембрана; 2 – сигналізатор; 3 – заслонка; 4 – лоток; 5 – кронштейни;
6 – направляюча; 7 – мікровилючатель; 8 – пружина

В даний час індикатор наявності зерна замінюють на датчики електронного типу[13].

Машини типу А1-БАЗ. Для зволоження зерна перед І драною системою використовують машину А1-БАЗ з витратою води до 50 л/год. Зволожувальні апарати цього типу відрізняються простою конструкцією. Вода надходить через форсунки в розпиленому стані. Для кращого розпилення води в форсунки апарату А1-БАЗ подають стиснене повітря. Апарати працюють в системі автоматизованого управління з включенням через індикатори наявності зерна, що забезпечує подачу води тільки при наявності зерна.

На рисунку 1.4 показана залежність зволоження зерна від розходу води в апаратах А1-БАЗ.

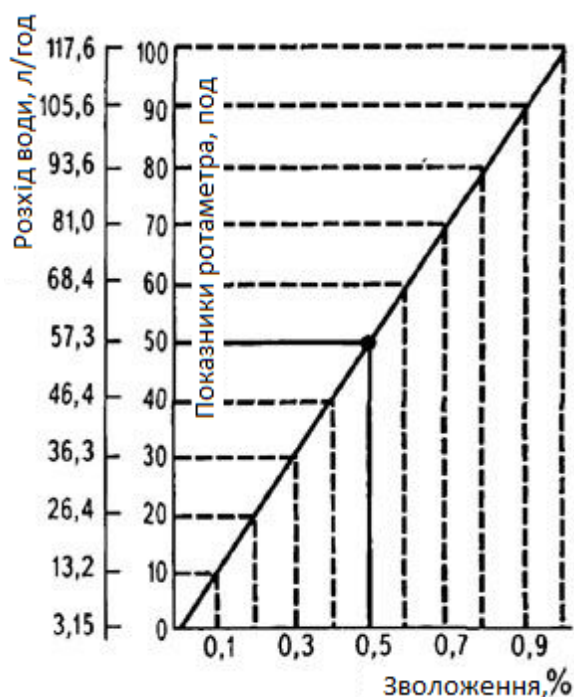


Рисунок 1.4 – Залежність ступеня зволоження зерна від витрати води:
в апараті А1-БАЗ

Зволожувальний апарат А1-БАЗ складається з наступних основних складальних одиниць: панелі, індикатора наявності зерна і форсунки (рисунок 1.5).

На панелі розміщені металокерамічний фільтр 8, електромагнітний вентиль 7, розподільна коробка 12, спускний кран 6, голчастий вентиль 5 і ротаметр 13. Фільтр 8 призначений для очищення води від іржі та інших домішок. Очищена вода через вихідний отвір фільтра надходить в основну магістраль і направляється до електромагнітного вентиля 7. Він складається з корпусу, електромагніту, золотника і мембрани. Вентиль пов'язаний з індикатором 2 в єдину електричну ланцюг, яка замикається при наявності зерна.

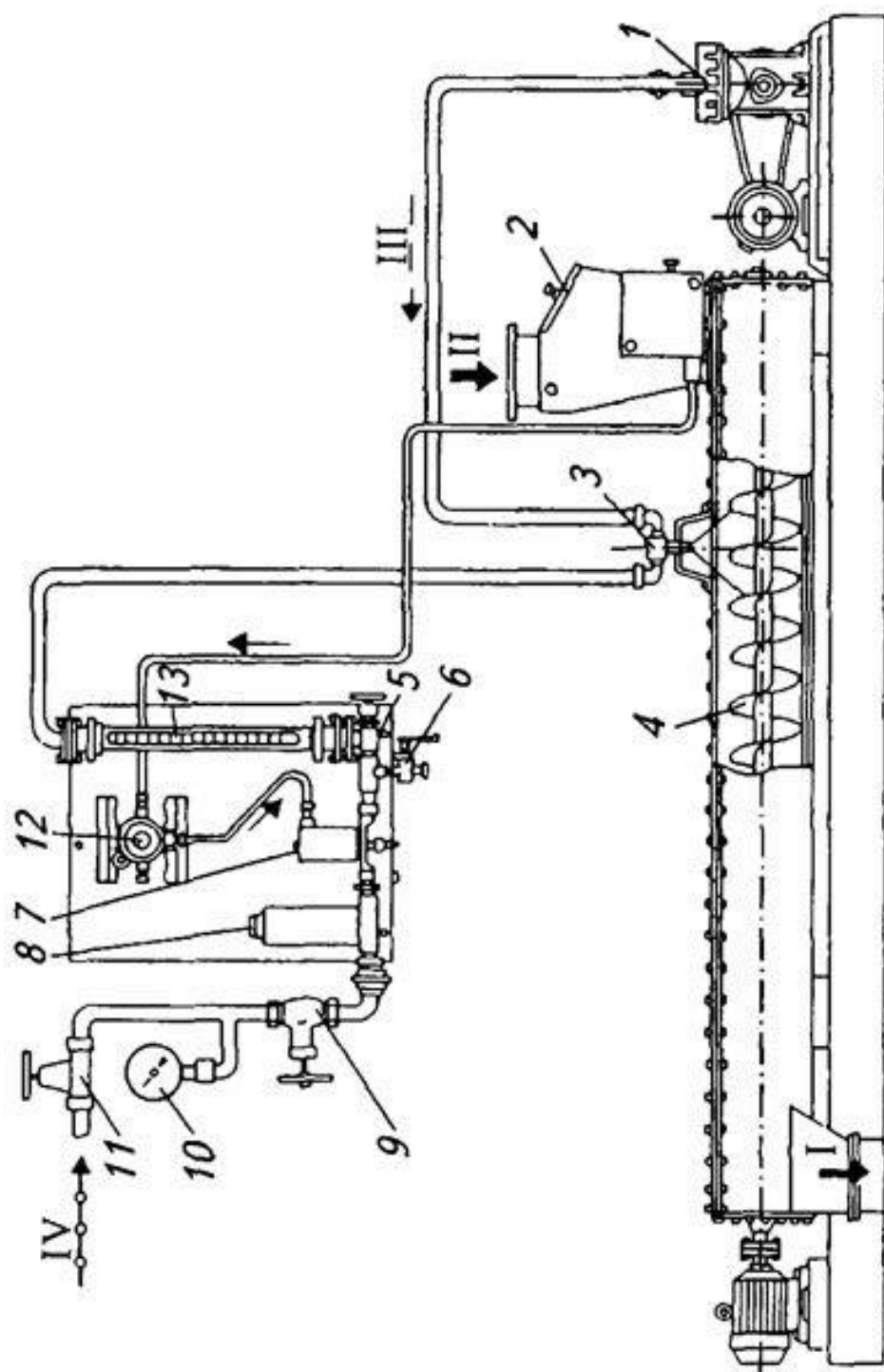


Рисунок 1.5 – Зволожувальний апарат А1-БАЗ:

- 1 - компресор; 2 - індикатор наявності зерна; 3 - форсунка; 4 - шнек; 5 - голчастий вентиль;
 6 - спускний кран; 7 - вентиль мембранний електромагнітний; 8 - фільтр; 9 - вентиль;
 10 - манометр; 11 - клапан редукційний; 12 - розподільна коробка; 13 - ротаметр;
 I, II - зерно; III - повітря; IV - вода

Технологічна ефективність роботи і експлуатація апаратів А1-БАЗ. За даними випробувань апарат А1-БАЗ забезпечує зволоження зерна на 1,0 - 1,1%,.

Стабільність потоку зерна, що надходить в індикатор, підтримується регуляторами потоку УРЗ-1, що встановлені під бункерами для неочищеного зерна. Робота в режимі змінного навантаження не допускається, так як в апараті відсутній автоматичне регулювання подачі води.

Експлуатація зволожувальних апаратів А1-БАЗ. Апарати готують до роботи в такий спосіб. Зміцнюють на стіні панель так, щоб вісь ротаметра була вертикальна. Далі приєднують водопровідну магістраль до вентиля. Індикатор наявності зерна встановлюють на корпусі шнека і зміцнюють його болтами. До нього приєднують зернопроводів. Форсунки з'єднують трубопроводом з ротаметром. Підводять електричні дроти до датчика наявності зерна, від нього - до розподільній коробці, встановленої на панелі і далі -до електромагнітного вентиля. Заземляють панель, індикатор наявності зерна і компресор [13].

1.3.2 Витратомір сипучих речовин в потоці

Принцип дії витратоміра сипучих речовин FlowSlide (рисунок 1.6) заснований на законі відцентрової сили. Сипучий матеріал за допомогою жолоба подається на радіальну вимірювальну пластину, викликаючи її механічне відхилення. При радіальному русі продукту окрім відцентрових сил, направлених до центру радіуса, діють доцентрові сили, які утримують продукт в колі. При даному оптимально розташованому вимірювальному механізмі, відцентрова сила, викликана рухом продукту, прямо пропорційна масі потоку. Горизонтальна складова цього відхилення перетворюється в електричний сигнал ваговимірювальної комірки. Сигнал з комірки передається на електронний вимірювальний перетворювач, на дисплей якого безперервно відображає значення витрати і сумарну кількість речовини. Тобто, вимірюються тільки горизонтальна складова сили, любі вертикальні зусилля, виникаючі через налипання матеріалу на пластині за межами області падіння, не впливають на вимірювання. Після

пластини матеріал безперешкодно рухається далі, тобто приривання процесу руху матеріалу не виникає.

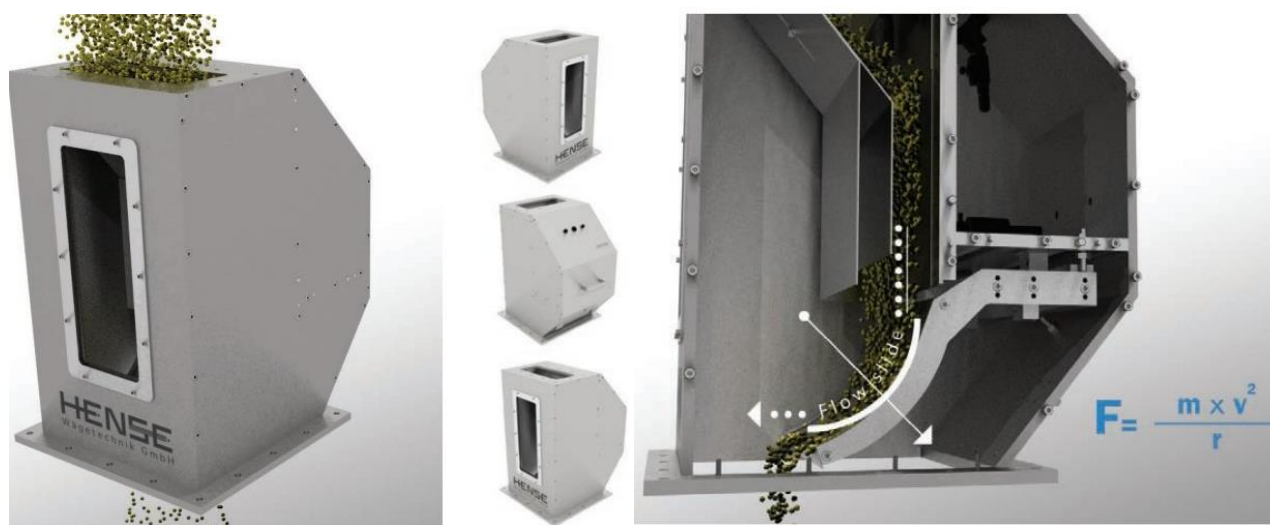


Рисунок 1.6 – Витратомір сипучих речовин FlowSlide

Витратомір сипучих речовин FlowSlide вимірює сухі сипучі речовини розміром від порошка до гранул діаметром до 30 мм. Діапазон вимірювання витрати до 300 м³/год. Щільність матеріалу варюється в широких межах, також як і сипучість: від порошкоподібних речовин, наприклад летючої золи, до важко текучих матеріалів, наприклад, тоакрної стружки.

1.3.3 Датчик вологості зерна в потоці

Мікрохвильовий вологомір зерна в потоці А315 (рисунок 1.7) призначений для:

– безперервного автоматичного вимірювання в потоці поточного значення вологості зернових, зернобобових та олійних культур на зерносушильних комплексах при автоматизації процесу сушіння;

– вимірювання вологості зерна на борошномельних підприємствах і забезпечення оптимального технологічного циклу зволоження зерна перед помолом в складі автоматизованої системи зволоження;

– забезпечення вхідного контролю вологості зерна в потоці для зерносховищ;

– лабораторного високоточного експрес-контролю вологості зерна.

Переваги:

– показання вологості зерна не залежать від його щільності, що забезпечує високу достовірність вимірювання вологості в потоці;

– не потрібне проведення додаткових калібрувань на місці монтажу протягом всього терміну експлуатації вологоміра по всіх культурах;

– всі характеристики вологоміра підтверджені сертифікатами і внесенням до державного Реєстру засобів вимірювань саме як вологомір зерна в потоці.

Вимірювані культури:

Зернові – пшениця, ячмінь, тритикале, жито, овес, кукурудза, просо, гречка, сорго, рис;

Зернобобові – горох, люпин, соя;

Олійні – ріпак, соняшник, жожоба.

* Число культур може бути збільшено до 25 видів.



Рисунок 1.7 – Мікрохвильовий вологомір зерна в потоці А315

Вологомір призначений для роботи з іншими пристроями автоматики, машинами централізованого контролю і системами управління, обмін інформацією з якими здійснюється по інтерфейсу RS-232, RS-485 або токовому виходу.

Принцип дії мікрохвильового вологомера зерна в потоці А315 заснований на істотному розходженні діелектричної проникності більшості сухих речовин і води в діапазоні надвисоких частот.

Як чутливий елемент в пристрої використовується кільцевий резонатор, в центральній частині якого є вимірювальний канал у вигляді діелектричної трубки з фторопласта, за яким протікає зерно, частково відведений із загального потоку.

При взаємодії електромагнітної хвилі з зерном різної вологості відбувається зміна параметрів резонатора.

Важливою перевагою і особливістю даного вологоміра є те, що завдяки одночасному вимірюванню двох параметрів резонатора (резонансної частоти і амплітуди резонансу) і спеціальним алгоритмом обробки свідчення вологості зерна не залежать від його щільності (натури), що забезпечує високу достовірність вимірювання вологості в потоці. Вбудований в вимірювальний канал датчик температури забезпечує автоматичну корекцію показань вологості від температури зерна.

Вологомір встановлюється в місці контролю таким чином, щоб основний потік зерна потрапляв в область отвора вимірювального каналу. Підпір зерна в вимірювальному каналі здійснюється вбудованою в датчик конічної вставкою. Зерно, яке не пройшло через вимірювальний канал, зсипається повз датчика.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту автоматизації

На підприємстві використовується машина для інтенсивного зволоження зерна А1-БШУ-2, та зволожувач А1-БАЗ.

Оператор, перед початком роботи, вмикає сигналізацію, з десятисекундним інтервалом утримання кнопки, яка в свою чергу повідомляє про початок пуску виробництва.

Після сигналізації, починає свою роботу аспіраційна мережа. Вона вилучає пил з повітря, який утворюється у результаті переміщення зерен пшениці.

У технології використовується єдина мережа аспірації. Ця мережа побудована з циклону, трубопроводів та вентилятора. За допомогою вентиляторів по трубопроводу всмоктується повітря, яке в циклоні очищується. Через шлюзний затвор виводиться пил, а повітря, яке було очищене викидається в атмосферу.

Після завершення пуску системи аспірації оператором запускається маршрут. Після завершення процесу очистки від бур'янистих домішок, зерно повинно піддатись детальному зволоженню.

Далі перед інтенсивним зволоженням, лаборант бере зразок зерна, для вимірювання його вологості. Після чого повідомляє результати оператору, який в свою чергу регулює витрату води на машині для зволоження А1-БШУ-2. Аналогічні дії проводяться при дозволужуванні зерна.

Так як зерно, яке поступає в зерноочисний відділ не завжди однакової вологості, а й може коливатись в межах кількох відсотків, то не вдається такими методами забезпечити стабільну вологість зерна, яке подається на першу драпу помолу. Також це зв'язано із нерівномірністю потоку пшеничного зерна, який призводить до того що деякі об'єми зерна можуть сильно перезволожитись, а інші недозволожитись [14].

2.2 Хімічний склад пшеничної муки і зерна

Підвищений вміст крохмалю властивий для зерна саме хлібних культур. Хімічні речовини, які містяться в зерні, розподіляються нерівномірно по його анатомічних частинах, що зв'язано з різними органічними функціями ендосперму, оболонки та зародка. В таблиці 2.1 показано хімічний склад пшеничного зерна.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад зерна, у відсотках від загальної кількості

| Хімічна речовина | %, від загальної кількості |
|------------------|----------------------------|
| Білки | 10–20 |
| Жири | 2–2,5 |
| Крохмаль | 60–75 |
| Клітковина | 2–3 |
| Зольність | 1,5–2,2 |

В таблиці 2.2 показано вміст хімічних речовин в тих чи інших анатомічних частинах пшеничного зерна. З цих даних помітно, що в плодовитій оболонці найбільший вміст клітковини, а для зародка і алейронового шару притаманний найбільший вміст білків. Крохмаль присутній тільки в ендоспермі. Помітно що різні частини зернини відмінні по зольності, що на практиці часто застосовується для контролю якісних показників борошна.

Таблиця 2.2 – Зміст основних хімічних речовин в анатомічних частинах зернівки пшениці у відсотках від загальної кількості

| Анатомічна частина | Білки | Жири | Крохмаль | Клітковина | Пентозами | Зольність |
|--------------------------------|-------|-------|----------|------------|-----------|-----------|
| Плодовита оболонка | 5–8 | 1–2 | --- | 20–22 | 25–30 | 3,5–24,5 |
| Насінна оболонка | 12–20 | 0–0,2 | --- | 1–1,5 | 14–36 | 7–20 |
| Алейроновий шар | 16–20 | 10–15 | --- | 5–7 | 6–8 | 14,5–17 |
| Зародиш з щитком | 24–42 | 13–24 | --- | 2–2,5 | 9–11 | 5,5–6,5 |
| Крохмалиста частина, ендосперм | 12–15 | 0,7–1 | 75–80 | 0,1–0,2 | 2–3 | 0,35–0,5 |

Найбільш наочно ці відмінності помітно в таблиці 2.3. В оболонці в переважній більшості містяться речовини, які не дуже добре піддаються засвоєнню людським організмом. Зародок із алейроновим шаром містять в собі велику кількість жиру та білку. Присутність жирів у борошні значною мірою зменшує його час зберігання, а отже алейронові шари разом із зародками потрібно видалити у висівки під час процесу помолу зерна. Найбільший запас поживних речовин для нової рослини міститься в крохмалі, який в свою чергу, формується тільки у внутрішніх частинах ендосперму, що розташована під алейроновим шаром [15].

Таблиця 2.3 – Відносний розподіл основних хімічних речовин по анатомічним частинам зернівки пшениці, % від загальної кількості

| Анатомічна частина зернівки | Масовий вміст анатомічних частин, % | Крохмаль | Білки | Клітковина | Ліпіди | Мінеральні речовини |
|--|-------------------------------------|----------|-------|------------|--------|---------------------|
| Плодовита і насінна оболонка з алейроновим шаром | 15 | 0 | 20 | 90 | 30 | 65 |
| Зародиш із щитком | 2,5 | 0 | 10 | 3 | 20 | 10 |
| Крохмалиста частина, ендосперм | 82,5 | 100 | 70 | 7 | 50 | 25 |

Так само в крохмалистій частині ендосперму розташований білок, який здатний утворювати клітковину. В оболонках великий вміст клітковини, пінтозолів та лігнінів. Хімічні речовини в межах ендосперму розподіляються нерівномірно. Із просуванням від периферії до центру зменшується вміст цінних біологічних сполук в ендоспермі. Найбільший вміст цих біологічних сполук в ендоспермі спостерігається в алейроновому та субалейроновому шарах [16].

Практично немає сенсу включати алейроновий шар в міст борошна, так як грубі клітинні стінки при вживанні не засвоюються людським організмом. Він, також, здійснює негативний вплив на якісні показники отриманого борошна при зберіганні, що викликається збільшеним вмістом ліпідів. Не рівномірно по частинах зернини розподілені і ферменти. Зародкова активність протеїну у 8-13 разів вища від ендоспермової, а в свою чергу, алейронова вища у 50-70 разів. Ці

показники зв'язані із потребою збереженості життєвої діяльності зародку та алейронового шару зерна.

В алейроновому шарі та в зародку міститься основний об'єм вітамінів, тому що клітини іменно цих частин зберігають життєдіяльність зернини і забезпечують подальше розвивання з нього нової рослини. Більша половини всіх вітамінів зосереджено в таких частинах, як алейронової шар, частина ендосперму, яка містить крохмаль та зародок. Таке розподілення пов'язане із біологічними функціями цих вітамінів, які роблять можливим нормальне проходження усіх необхідних фізіологічних процесів. Через вилучення із зерна зародка та алейронового шару в мукомельні побічні продукти, отримане борошно містить малу кількість вітамінів та других не менш біологічно важливих речовин.

Технологічні показники та хімічний склад отриманого борошна, помітно варюються, це пояснюється формуванням борошна з різних анатомічних частинок ендосперму зерна під час помолу [16].

Борошно – один із основних компонентів для одержання багатьох продуктів харчування. Встановлено, за допомогою досліджень, що в раціоні людини хлібобулочні вироби відіграють провідну роль.

Найважливіше значення в харчовій цінності продуктів має білок. Необхідна норма білку в добу для людини складає 80-120 грам, причому 25-35% з них задовольняється за рахунок спожитих борошняних виробів. Потреба вуглеводів становить 400 г, з них із борошняними виробами надходить 55-65% потрібного. Так як борошновмісні продукти містить малу кількість жирів, то їх дефіцит потрібно компенсувати вживанням інших харчових продуктів.

Зерновий білок містить від 26 до 39% незамінних амінокислот. Видалення побічних продуктів, які багаті на білок призводить до зменшення цього попика. Однак, чим кращий сорт борошна, тим менша в ньому кількість білків, а внаслідок чого і зменшується степінь задоволення потреб людського організму в незамінних амінокислотах. Так, із щоденним вживанням 500 грамів хлібобулочних виробів із борошна вишого гатунку в організм потрапляє 30% від необхідної кількості, першого сорту – 35%, другого сорту – 40%, висівкового –

45-55%. Така ж ситуація, із отриманням вітамінів, які надходять у кількості 15 - 60% від необхідного, мінеральні речовини 20 – 80%. Найбільшу цінність в споживчому раціоні має висівкове борошно, тому що містить увесь комплекс поживних елементів зерна [17].

2.3 Етапи підготовки зерна до помолу

Виділяють такі основні етапи переробки пшеничного зерна: підготовка його до помолу, розмелювання в борошно, зберігання й упакування.

Для одержання борошна необхідної кондиції потрібна зерно ретельно підготувати. Ця підготовка включає такі основні процеси: формування помольних партій, очистка зернової маси від домішок та поверхні зерна (вологим або сухим методами) та гідротермічної обробки зерна (зволоження).

Для стабільного проходження технологічного процесу переробки пшеничного зерна здійснюють формування помольних партій, що також дає змогу отримати борошно із необхідними хлібопекарськими властивостями. Необхідна помольна партія формується шляхом змішування різноякісного зерна. Завдяки цьому одержують борошно зі стабільними якісними показниками та досягають кращих показників раціональності та ефективності використання сировини.

Сформовані помольні партії дозволяють використати для переробки зерно нижчої якості з якого неможливо виготовити кондиційне борошно. Також використання низькосортного зерна дає ефект збільшення змішувальної цінності, яке приводить до покращення хлібопекарських властивостей виготовленого борошна.

Помол зерна тільки високої якості, без поєднання із зерном з нижчими якісними показниками призводить до високих коливань хлібопекарських показників борошна та супроводжується не зовсім раціональним використанням сировини. Оптимальні співвідношення компонентів в помольних партіях визначається за допомогою тестових лабораторних помолів різних сумішей, які

різняються відносним вмістом компонентів та оцінкою хлібопекарських показників борошна. Помольні партії формують на елеваторах, або в зернопідготовчих відділеннях перед переробкою.

Вмістими в зерновій масі домішки значно погіршують якісні показники вихідного борошна, також вони можуть стати причиною виходу зладу виконавчих органів помольних машин. Тому перед помолом, необхідно відділити основну масу домішок. Відділення домішок відбувається за рахунок використання їхніх фізичних властивостей відмінних від зерна [18].

В машинах за допомогою таких робочих органів, як сито або решето відділяють великі і малі домішки. На практиці сита із подовгастими або круглими отворами використовують найчастіше. Щоб відокремити великі та малі домішки найчастіше застосовують повітряно-ситові сепаратори, такі як А1-БИС-100.

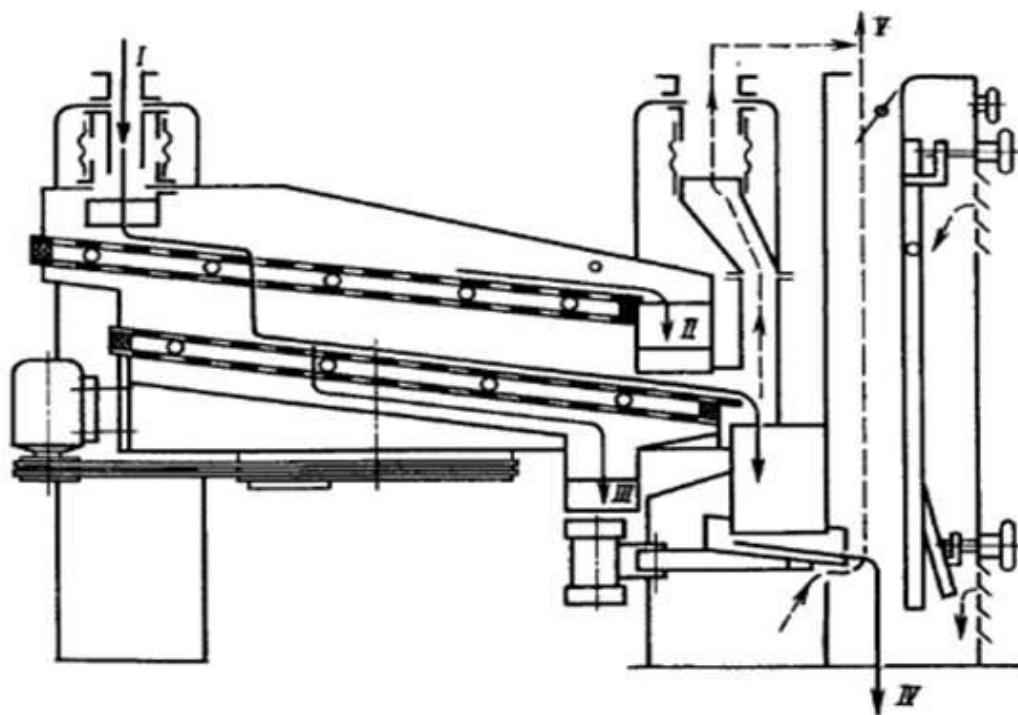


Рисунок 2.1 – Технологічна схема А1-БИС-100

І – вхідне зерно, ІІ – великі домішки, ІІІ – дрібні домішки, ІV – очищене зерно, V – легкі домішки

Домішки легші за зерно видаляють за допомогою сепараторів із повітряними потоками, що рухається із достатньою швидкістю для їх відкидання, але недостатньою для відкидання зерна. Мінеральні домішки відокремлюють за різницею в щільності, яка більша від зернової у два рази. Для їх відділення застосовують кілька типів каменевідбиральників, найдосконалішими з них є вібропневматичні.

Концентратори застосовують для підвищення показників ефективності очистки зерна від домішок та розділення зернової маси на фракції за щільністю. Його принцип дії оснований на просіюванні зернової маси через похиле сито у висхідному повітряному потоці.

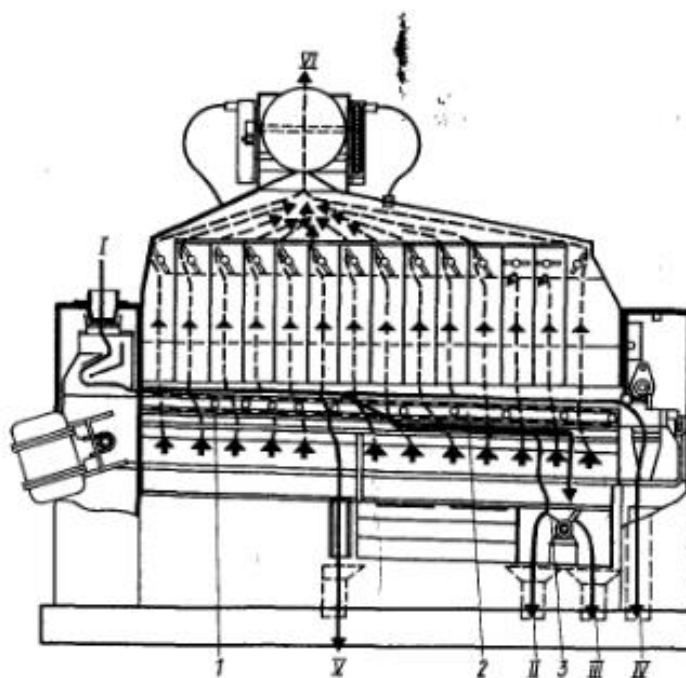


Рисунок 2.2 – Технологічна схема концентратора типу А1-БЗК-9

1,2 – сіткові рами; 3 – регулювальний клапан; I – вхідне зерно; II – важка фракція зерна; III – легка фракція зерна, IV – важкові домішки;

За допомогою використання статичних магнітів, рідше – електромагнітів відділяють металоманітні домішки. Обов'язковим є встановлення магнітних сепараторів перед машинами ударної дії та подрібнення зерна.

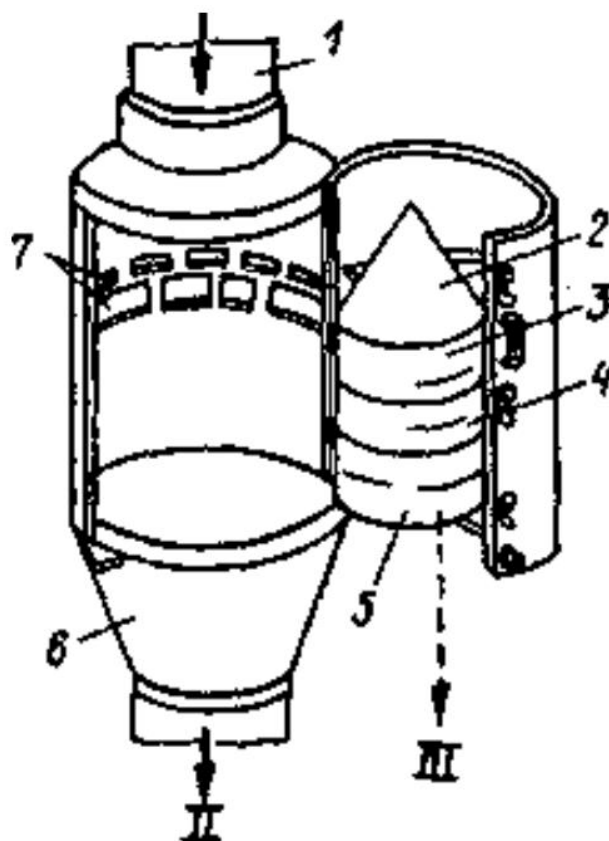


Рисунок 2.3 – Технологічна схема магнітного сепаратора У1-БММ

- 1 – приймальний патрубок; 2 – розподільний конус; 3,5 – магніти;
 4 – діаманітний диск; 6 – випускний конус; I – вихідне борошно;
 II – очищене борошно; III – металеві домішки.

Завжди на поверхні зернини, а найбільше в борозні і борозенці, є не видалений, пил і прилиплий бруд, від якого потрібно максимально позбавитись. В основному зерно очищають сухим способом за допомогою оббивальних машин, рідше - в щіткових машин. В оббивних машинах зерно підхоплюється за допомогою бичів та відкидається до робочої поверхні, яка виконана із сталюого листа, абразиву або металотканинної сітки.

Найм'якший вплив на зерно роблять оббивальні машини зі сталюою поверхнею, з металевою сіткою – середній вплив. Абразивна поверхня має найінтенсивніший вплив, а машини для оббивання, які мають в основі металеву сітку по інтенсивності впливу мають проміжне положення.

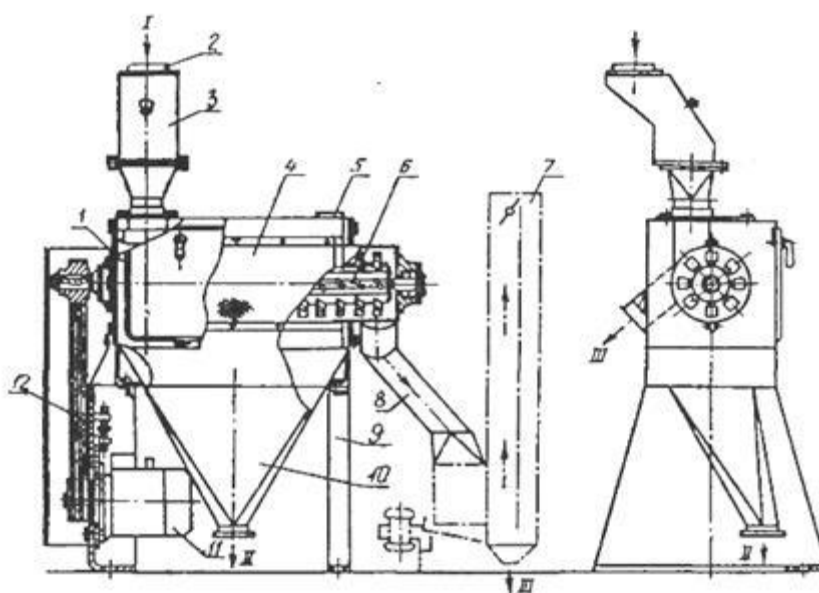


Рисунок 2.4 – Технологічна схема оббивальної машини РЗ-БГО-6

1 – приймальний пристрій; 2 – бичевий ротор; 3 – сітчастий циліндр;
4 – пневмосепаруючий канал; 5 – рухома сітка; I – вхідне зерно; II – продукти
луцення; III – очищене зерно; IV – повітря з легкими домішками

Для більш м'якшого очищення бороздок від бруду та пилуки використовують щіткову машину, де зерно очищається під обертовою дією барабана із щітками. В машинах із мокрим луценням поверхню очищають мокрим способом.

Найбільша ефективність очистки притаманна мийним машинам. Вони видаляється бруд та пилуку з поверхності зерна і його бороздки, та й відокремлюють мінеральні і легкі домішки. Ці апарати побудовані з ванни для мийки та очисної колони [19].

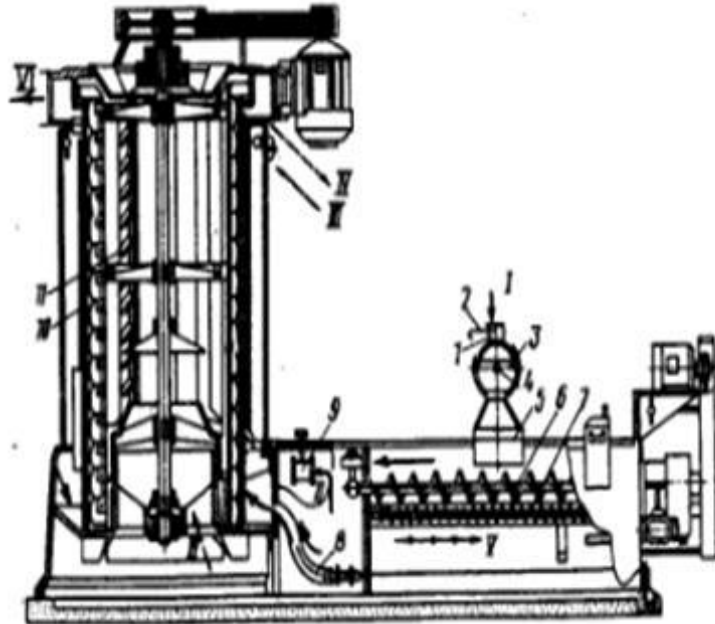


Рисунок 2.5 – Технологічна схема мийної машини Ж9- БМА

1 – приймальня воронка; 2 – засувка; 3 – шарова основа; 4 – вісь;
 5 – приймальний ківш; 6 – верхні шнетки; 7 – нижні шнетки; 8 – іжекторна труба;
 9 – вихід дрібних домішок; 10 – ситовий циліндр; 11 – бичевий ротор; I – вхідне зерно; II – легкі домішки; III – вода; VI – повітря; V – очищене зерно

Машини мокрого луцення мають меншу ефективність але потребують майже в 10 разів менших водяних затрат. Ці машини побудовані у вигляді силосної колони з невеличкою ванною для миття в нижній частині. Технологічно процес виготовлення сортового борошна ґрунтується на виборчому подрібненні ендосперму і оболонки зерна. Оболонки, подрібнюються гірше ніж ендосперм, так як їм притаманний великий опір до подрібнення, і чим більша різниця їхніх показників міцності, тим ефективніше розділення. У сухого зерна відмінність в показниках міцності ендосперму і оболонок менша від показників вологого, тому перед помолом його додатково зволожують.

Зволоження лежить в основі гідротермічної обробки зерна. Існують такі способи оброки: холодна, гаряча і швидкісна. Найбільше поширення здобув спосіб холодного кондиціонування, завдяки своїй простоті та ефективності. До технологічної схема холодного кондиціонування входить такі операції, як зволоження зерна з подальшим відлежуванням в бункерах для відволожування.

Під час відволожування вода проникає в зерно. Волога проникаючи в середину до ендосперму спричиняє зменшення її міцності, шляхом утворення в ній критичних напружень, які викликані підвищеним градієнтом вологості і нерівномірністю набухання біополімерів [20].

Набухання зовнішніх та внутрішніх шарів ендосперму відбувається нерівномірно і викликано різними значеннями вологості внутрішнього та зовнішнього шарів. Також нерівномірно набухають білко та крохмаловмісні клітини кожного шару ендосперму. Результатом такої нерівномірності є утворення мікротріщин, викликані критичними значеннями напружень в ендоспермі. Тріщини – це капіляри, за допомогою яких всередину зерна проникає волога створюючи ефект розклинювання.

Таким образом, відбувається зменшення показників міцності ендосперму і його попереднє руйнування. Для завершення цього процесу необхідний час, від кілька годин до однієї доби. Оболонки отримують інакші властивості при зволоженні. Їх крихкість зменшується із збільшенням вологості, це викликано ефектом пластифікації. Пластифікація відбувається за допомогою набряку полісахаридів – гемицеллюлози, клітковини та лігніну.

Завершувальним етапом підготовки зерна до помолу є дозволожування і відлежування перед помолом. Час дозволожування триває 25-35 хвилин. За такий короткий термін, волога проникає до ендосперму і залишається в оболонці, що викликає ще більшу її пластифікацію.

2.4 Вплив технологічних властивостей зерна на якість і вихід муки

У мукомольному виробництві зернові технологічні показники оцінюють за виходом та зольністю (так званою білизною) одержаного борошна. Якісні і кількісні показники в прямій залежності від особливості анатомічної будови зерна, відносної вмістимості в ньому ендосперму (ядра), розміру та форми зерна. На якісні та кількісні показники борошна безпосередньо впливає вологість, способи підготовки та переробки зерна [21].

Зольність – це кількість отриманої золи у процесі згоряння зерна. Вона обчислюється у відсотках до сухої речовини продукту, який був спалений. Анатомічні частинки зернини мають різну зольність: найменшу має ендосперм, найбільшу – алейроновий шар з оболонками. Зольність це непрямий показник співвідношення частинок зернини і відіграє значну роль для контролю розділення ендоспермових оболонок та оцінки якісних показників борошна. Із збільшенням вмісту оболонок, збільшується зольність, відповідно і темніший колір борошно.

Таблиця 2.4 – Зольність зерна м'якої пшениці, % на абсолютну суху речовину

| Зольність | Зерно | Ендосперм | Оболонка з алейроновим шаром | Зародиш |
|-------------|-------|-----------|------------------------------|---------|
| Максимальна | 2,03 | 0,51 | 9,83 | 6,08 |
| Середня | 1,95 | 0,46 | 8,49 | 5,98 |
| Мінімальна | 1,81 | 0,38 | 7,54 | 5,11 |

Зольність являється одним з найважливіших показників мукомельних властивостей зерна. Зольність охарактеризовує показники якості готового продукту, тому вона використовується під час розрахунку виходу борошна. Вона залежить від сортових властивостей і умов вирощування зерна. Однак потрібно одержати борошно із зольністю в межах норми із різнозольного зерна. Останнім

часом показник зольності борошна замінює показник білизни. Для визначення білизни борошна служить спеціальний прилад – білизномір.

Скловидність – це один із найважливіших показників технологічної властивості зерна. З його допомогою вибирають режим підготовки зерна. Склоподібні зерна, це такі зерна, в яких під час просвічування слабо заломлюються промені світла. Борошнисте зерно, навпаки, не прозоре і під час просвічування виглядають темними, в поперечному розрізі вони білі. Також є і частково склоподібні зернини. Склоподібність характеризує структурно-механічні властивості ендосперму і значення опору яке зерно буде чинити при прикладанні руйнівних зусиль. Від склоподібності залежить показник інтенсивності подрібнення зерна та кількість і якість сформованих проміжних продуктів. Для помолу склоподібних зерен менші зусилля, але формується великий круп'яний вихід.

Під час зберігання та при обробці зерна, величезне значення має показник його вологості. Потрібно відрізнити природню і технологічну вологості. Значення природної вологості – це показник вологості зерна, з яким воно надійшло на виробництво, зберігається і переміщається на подальшу переробку. Технологічна вологість – це значення вологості зерна, при розмелюванні. Це значення створюється штучно за допомогою різного обладнання [22].

Зерну, під час сортового помолу, у процесі водної обробки надають оптимальне значення вологості від 14,5 до 16,5%, в залежності від його якісних показників, які зумовлюють кращі результати зернопереробки.

В оболонках з розвиненою капілярною структурою, при водяній обробці пшениці вода виступає, як пластифікат, посилюючи показники в'язкості та міцності оболонки. Під час обробки зерна із підвищеною вологістю (15,5–16,5%) значно покращуються якісні показники борошна, але зменшується продуктивність мукомольного підприємства і збільшуються затрати на електроенергію.

Практично неможливо розмолоти в борошно зерно, яке має вологість понад 18%. Оболонка сухого зерна із вологістю до 15%) під час переробки легко деформується, дробиться і внаслідок чого разом з ендоспермом потрапляє в

борошно, що призводить до різкого погіршення якості одержаного борошна. Тому процесу зволоженню на мукомольному виробництві приділяють значну увагу.

Такі габаритні розміри як товщина, ширина та висота зерна визначають його крупність. Розміри зернини рівні: товщина 1,5 – 3,3 мм; ширина 1,6 – 4,0 мм; довжина 4,8 – 8,0 мм. В результаті переробки круглих зерен одержується більша кількість борошна, ніж під час переробки подовгатих зерен із загостреними краями. Можна вважати зерно рівним по крупності, якщо вміст зерна крупної та середньої фракцій в зерновій партії складає не менший 85%. Зерно, яке пройшло через отвори сита 1,7 – 2,0 мм являється неповноцінним. Вирівняне зерно легше очистити від домішок, завдяки можливості точніше підібрати діаметри отворів сит для сепараторних машин, швидкість повітряного потоку аспірації, підібрати робочі зазори в машинах для подрібнення. Рівність зерна значно впливає на якісні та кількісні показники отриманих продуктів. Тому пшеничне зерно, на мукомельних підприємствах, сортують за габаритними показниками і окремо виділяють дрібну фракцію зерен. Присутність зерна дрібної фракції значною мірою знижує якісні і кількісні показники отриманого борошна. Воно відбирається шляхом пропускання через отвори сита 2,0 – 2,2 мм і застосовується для кормових цілей.

Натурою називається маса зерна об'ємом один літр. На показник натуре впливає характер та форма поверхні, вирівняність, вологість, кількість та характер домішок зернової маси. Зерна які мають округлу будову та гладку поверхню укладаються щільніше, ніж із подовженою або шороховатою. Із підвищенням вмісту вологи в зерні, його значення натура зменшується. Мінеральні домішки збільшують значення натуре, а органічні навпаки. В зерні з однорідною формою та якістю із збільшенням натуре, збільшується вміст ендосперму, відповідно вміст оболонки – зменшується [23].

2.5 Гідротермічна обробка зерна

При підготовці зерна до помолу в борошно, мукомольні підприємства прагнуть надати йому властивостей, які найкращою мірою будуть сприяти одержанню кращих показників.

У зерні із значенням природної вологості та при стабільних значеннях температури і відносної вологості навколишнього середовища волога ендосперму вища, ніж оболонки. Цей стан зерен є несприятливим для помолу, якщо переслідується мета отримання сортового борошна. Оптимальним станом є зерно із значенням вологості оболонки більшим за значення вологості ендосперму. Іменно до такого стану призводить гідротермічна підготовка зерна, з урахуванням змін структурно механічних властивостей складових частин.

Таблиця 2.5 – Поглинання води, % від маси зерна, при різній температурі води

| Тривалість перебування зерна у воді, с | Поглинання води при температурі, °С | | Тривалість перебування зерна у воді, с | Поглинання води при температурі, °С | |
|--|-------------------------------------|-----|--|-------------------------------------|-----|
| | 6 | 27 | | 6 | 27 |
| До 10 | 4,1 | 4,5 | 60 | 5,5 | 7,3 |
| 10 | 4,1 | 5,1 | 300 | 5,7 | 8,9 |
| 20 | 4,6 | 5,6 | 600 | 6,2 | 9,9 |
| 40 | 5,4 | 6,5 | | | |

Гідротермічна обробка – це засіб спрямований на зміну структурно-механічних властивостей частин зерна. На «Тернопільському комбінаті хлібопродуктів» основним способом вологотеплової обробки зерна є метод холодного кондиціонування, в який входить зволоження зерна та подальше його відволожування. Процес підвищення вологості зерна відбувається холодною або підігрітою водою. У момент контакту води із зерном відбувається стрибкоподібне збільшення значення вологості на 3-5%.

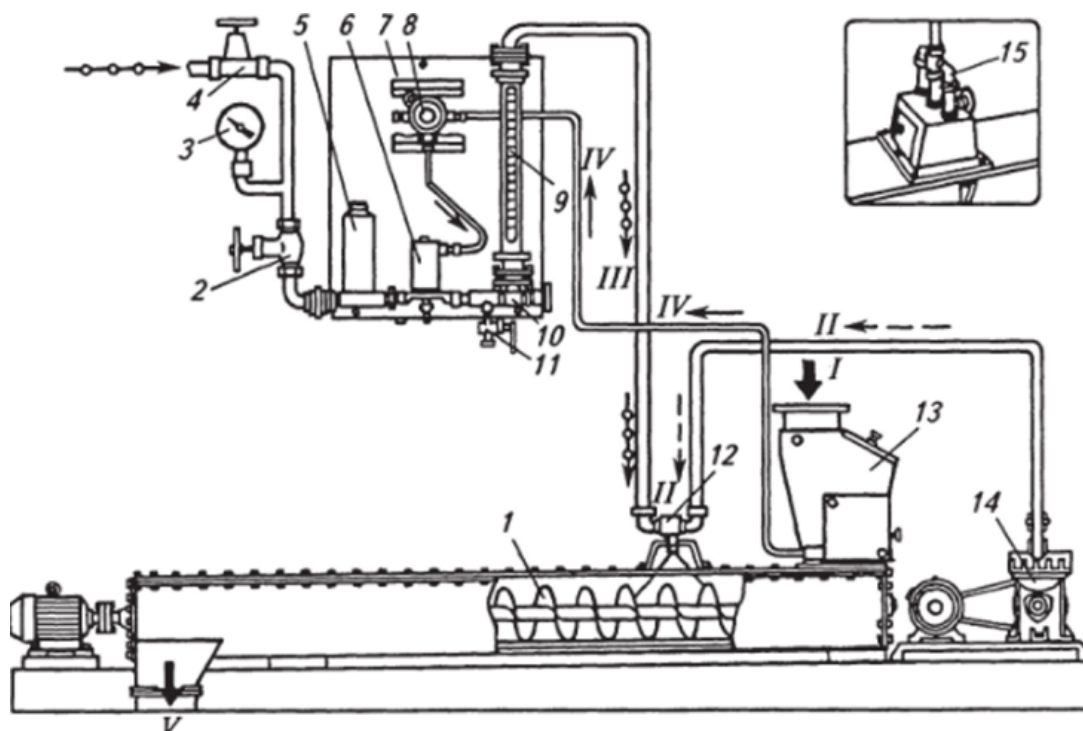


Рисунок 2.6 – Технологічна схема зволожувального апарата А1-БАЗ

1 – шнек; 2 – вентиль; 3 – манометр; 4 - редукційний клапан; 5 – фільтр;
 6 – електромагнітний вентиль; 7 – панель; 8 – розподільча коробка; 9 – ротаметр;
 10 – регулюючий вентиль; 11 – спускний кран; 12, 15 – форсунка А1-БАЗ;
 13 – індикатор наявності зерна; 14 – компресор; I – вхідне зерно, II – повітря;
 III – вода; IV – електричний струм; V – очищене зерно.

Під час вибору режиму гідротермічної обробки беруть до уваги вплив навколишнього середовища. Улітку застосовують підсилене зволоження із скороченим часом відволожування так, як в спекотні місяці гаряче і сухе повітря,

при контакті із зерном, сушить його, чим саме порушує баланс вологи. У зимовий період, для покращення процесів вологопоглинання здійснюють підігрів зерна перед самим зволоженням, та направляють в мийну машину із підігрітою водою та збільшують час відволоження. Оптимальні значення вологості зернової маси після кондиціонування визначаються за допомогою структурно-механічної властивості зерна.

Із збільшенням скловидності зернової маси, збільшується потреба у зволоженні. Тому зерно по скловидності ділиться на такі 3 групи: до першої групи входить зерно із показником до 40%, до другої – 40 – 60%, і до третьої – 60% та більше. На Тернопільському КХП використовують зерно зі скловидністю 40 – 50%. В таблиці 2.6 приведені режими кондиціонування в залежності від типів зерна [24].

Таблиця 2.6 – Режими кондиціонування пшениці.

| Тип зерна | Вологість зерна, % | Час відволоження, год |
|-----------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 15,0-15,5 | 6-12 |
| 2 | 14,5-15,0 | 6-10 |
| 3 | 15,5-16,0 | 6-16 |

Перед безпосереднім помолом зерно додатково дозволюють на 0,3 – 0,5% для доведення його вологості до рекомендованого значення. Термін процесу дозволоження на завершальному етапі кондиціонування становить від 20 до 30 хв. За такий короткий час волога залишається в оболонка, не встигаючи проникнути в ендосперм, а це сприяє ще більшій пластифікації зовнішніх оболонок. Дозволоження зерна відбувається за допомогою спеціальних зволожувальних апаратів. Вони складається із гвинтового конвеєра, так званого шнека, в якому відбувається процес перемішування зерна разом із водою і одночасного транспортування до виходу.

2.6 Опис технологічного процесу зерноочисного відділення Тернопільського КХП

Розглянемо технологічну схему зерноочисного відділення Тернопільського комбінату хлібопродуктів (див. Додаток А). Зерно поступає із елеватора за допомогою шнекової системи у автоматичний ваговий дозатор ДН-1000. З дозатора, зерно поступає на транспортер КПС-320, який в свою чергу досилає зерно в бункери для нечищеного зерна місткістю 180 тон.

Із бункерів для неочищеного зерна, через вагові пристрої УРЗ-1, за допомогою норій зерно поступає в сепаратор А-1-БИС-100.

Сепаратор А-1-БИС-100 призначений для первинної очистки зерна пшениці від домішок, які відрізняються фізичними властивостями, такими як ширина товщина і аеродинамічними властивостями, за допомогою решіток і потоків повітря.

Попередньо очищене зерно із сепаратора А-1-БИС-100 поступає в концентратор А-1-БЗК-9, де відбувається ще один етап очистки.

Концентратори – це зерноочисні машини, призначені для класифікації зерна за розміром, питомій вазі і щільності (домішки відрізняються від зерна меншою щільністю). Концентратор розділяє зерно на легку і тяжку фракції, а також видаляє органічні домішки із загальної маси зерна.

З концентратора зерно поступає на наступний етап очистки в оббивальну машину РЗ-БГО-8. Машина оббивна горизонтальна РЗ-БГО-8 призначена для сухої очистки поверхні зерна від пилуки, часткового відділення плодкових оболонок, бородок і зародишів зерна.

В зерновому аспіраторі РЗ-БАБ зерно позбувається легких домішок за допомогою пневматичного сепарування, після чого через норію поступає на шнек інтенсивного зволоження зерна А1-БШУ-2.

Після першого етапу зволоження, зерно через шнек РЗ-БКШ-200 поступає в бункер для відволоження зерна ємністю 180 тон.

Із бункера відволоження зерно поступає на другий етап зволоження, через оббивальну машину РЗ-БГО-8 і аспіратори РЗ-БНА-50, де відбувається проміжний етап очистки зерна.

Другий етап зволоження зерна відбувається за допомогою зволожувача А1-БАЗ. Після дозволоження зерно поступає у бункер перед першою драною місткістю 5 тон [30].

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Основні методи дослідження системи підготовки зерна, як об'єкту керування

Суть основних методів теоретичних досліджень ґрунтуються на використанні принципів лінійних систем керування, методів ідентифікації моделей об'єктів, оптимального керування, а також із застосуванням технологій тензовимірювальних систем та комп'ютерно-цифрової обробки інформації.

Процес створення моделі формування помольної суміші включає в себе формалізацію самого об'єкту "помольних сумішей" в теорії лінійних систем та про ідентифікацію параметрів моделі на основі якісних показників зерна за класами та борошна від вищого до оббійного сортів.

Нових методів із багатьох компонентів дозування при формуванні помольної суміші які основі на тензовимірювальній і комп'ютерній технологіях спрямовані на розробку новітніх дозаторів зерна для використання на діючих зерноперероблювальних підприємствах при їх модернізації. На більшості діючих зерноперероблювальних підприємствах під час формування помольних сумішей застосовують об'ємний метод дозування різного зерна із похибкою стабілізації співвідношення між застосовуваними компонентами $\pm 3...5\%$.

Ці об'ємні модулі мають таку конструкцію виконання таку, що для їх модернізації, тобто переведення на принцип дозування за вагою з похибкою $\pm 1...2\%$, відсутні технічні можливості монтажу самих вагових пристроїв будь-яких типів між збірним конвеєром і бункером без демонтажу та монтажу всього діючого обладнання.

Дозуючі модулі, які були розроблені на основі нових методів багатокомпонентного дозування легко впроваджуються в діючу технологічну схему, потребують малих фінансових затрат при їх запровадженні і відмінні високою надійністю.

Дослідження процесу гідротермічної підготовки зерна як об'єкта керування для визначення параметрів моделі та її режимів зволоження були проведені на

основі методів теорії лінійних систем. Сама модель зволоження доповнена такими параметрами, як фізико-механічними властивостями (міцність зерна) і виходами дертяної системи (добуток зернодунстових продуктів) для проведення оптимізації моделі.

3.2 Створення моделі для формування помольної суміші, в основі якої методи оптимального керування

Для початку, необхідно дати визначення відомим в технології зернообробки поняттям – “помольна суміш” та “помольна партія.

Помольна партія визначає необхідні запаси зерна для стабільної і тривалої роботи мукомельного виробництва за його відповідними технологічними, біохімічними, фізичними та сортовими властивостями.

Формування помольної партії, визначення її складу та показників якості компонентів забезпечують виконання однієї з найголовніших необхідних умов для встановлення оптимального технологічного регламенту та режиму підготовки зерна та його помолу, а також раціоналізації використання зернових запасів при мінімізації збурень на процес переробки зерна, стабілізації таких вихідних показників, як продуктивність, якість продукції, енергетичні затрати.

Під час формування помольної партії зерна необхідно забезпечити контроль біохімічного складу зерна та його усіх показників якості, розмістити зерно за якісними показниками, а також встановити степінь впливу усіх якісних показників на параметри процесу переробки зерна та його вихідні характеристики, такі як якість продукції, продуктивність та енергозатрати.

Необхідність виконання цих умов пов'язана з технічним оснащенням млинів потрібним обладнанням та засобами контролю якісних показників зерна, наявністю на млиновому сховищі (елеваторі) зерна необхідної вмістимості і кількості закромів для розміщення зерна за його якісними показниками, здійсненням необхідних наукових досліджень та оснащенням мукомольних

заводів сучасними засобами керування та контролю процесами створення, розміщення та використання зернових запасів для зернооброблювальних заводів.

Потужні комбінати хлібопродуктів в своїй структурі мають необхідні для розміщення зерна елеваторні потужності, які оснащені обладнанням та засобами для контролю якісних показників зерна виробничо-технічні лабораторії, однак вони не обладнані сучасними високоефективними програмно-технічними засобами для формуванню помольної партії, керуючими та інформаційно-технологічними системами для розміщення та використання зернових запасів [43, 53, 62, 63].

Доля млинів середньої та малої продуктивності (50...150 т/добу) в загальній структурі зернообробки безперервно зростає, але як правило, такі підприємства часто не мають навіть необхідної ємності та кількості засіків, щоб розмістити зерно за показниками якості, дозувальних та транспортувальних систем, відповідної матеріально-технічної бази для формуванню помольних сумішей.

Часто за таких умов комбінати хлібопродуктів часто неефективно використовують зерно, як сировину, та енергоресурси на його переробку. Одним з основних методів формування помольних партій в умовах відсутності технічно-програмних засобів і повноти інформації про об'єкт являється інтуїтивний метод, який в повній мірі оснований на кваліфікації та інтуїції технолога-мельника.

Виробничі випробування методів формування помольної партії зерна засвідчують високу ефективність процесу змішування різних за якістю компонентів зерна для стабілізації процесу переробки зерна, раціоналізації використання наявних зернових запасів, покращення властивостей борошна призначеного для хлібопекарства [10, 34, 35].

Ефективність процесу змішування різної якості зерна дозволяє фактичний збільшити об'єм хліба в порівнянні з розрахунком на 10...20%. Ефект від змішування пояснюється не підляганням всіх якісних показників зерна законам адаптивності, що в свою чергу зумовлює нелінійність біохімічних процесів при приготуванні тіста та випічці хліба.

Помольна суміш визначає кількісний вміст компонентів з різними біохімічними та якісними характеристиками мінімальної вартості для забезпечення заданих показників якості продукції зернопереробки – борошна.

Формування помольної суміші на млині забезпечується наявністю необхідної для зернопереробки помольної партії і підпорядковане мінімізації однієї з основних складових собівартості продукції – вартості сировини (зерна), яка складає до 85% собівартості борошна.

На відміну від задачі про помольну партію формулювання задачі про помольну суміш визначається якісними показниками борошна та компонентів зерна, а також таким новим показником, як вартість компонентів суміші.

Наведемо задачу формування помольної суміші в термінах теорії керування (рисунок 3.1). Об'єктом керування тут виступає послідовне з'єднання помольної суміші та борошна з його якісними властивостями, які визначаються складом суміші. Некерованим контрольованим входом об'єкта є характеристики якості компонентів суміші, а керуванням – відносний вміст компонентів в суміші.

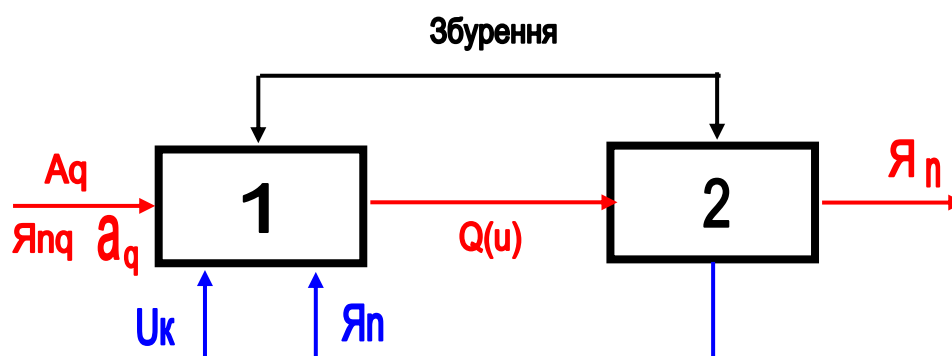


Рисунок 3.1 – Блок-схема процесу формування помольної суміші як об'єкту керування:

1 – помольна суміш; 2 – борошно;

A_q – компоненти зерна; $Я_{пq}$, a_q – показники якості компонентів та їх вартість відповідно; $Я_{п}$ – якісні показники борошна; $Q(u)$ – вартість помольної суміші;

U_k - керування

Визначимо цілі керування. Задіявши до вихідних умов задачі показники вартості компонентів зернової суміші, спробуємо знайти таке керування U_q (склад суміші), яке мінімізує її вартість і при цьому забезпечує виконання вимог до якісних характеристик борошна.

Формалізуємо задачу в загальному вигляді.

Необхідно визначити склад помольної суміші з заданими якісними характеристиками $Y_1 \dots Y_n$ з q компонентів зерна $A_1 \dots A_q$, кожний з них характеризується n якісними показниками

$$Y_{1k}, Y_{2k} \dots Y_{nk}, k = 1 \dots q.$$

Суміш характеризується вектором складу

$$U = (u_1, \dots, u_q);$$

$$\sum_{k=1}^q u_k = 1,$$

де u_k - відносний вміст k -го компонента в суміші

Вартість суміші повинна бути мінімальною при заданій вартості компонентів $a_1 \dots a_q$.

Завершимо опис задачі в формалізованому вигляді

$$Q(U) = \sum_{k=1}^q a_k u_k \rightarrow \min, \quad U \in \Omega \quad (3.1)$$

$$\Omega: \begin{cases} \sum_{k=1}^q Y_{ik} u_k = Y_i, i = 1, \dots, n, \\ u_k \geq 0, k = 1, \dots, q, \sum_{k=1}^q u_k = 1 \end{cases}$$

де Ω - обмеження на склад суміші якісними характеристиками борошна.

Обмеження Ω в системі (3.1) включають n рівнянь і q нерівностей, причому $n < q$, оскільки вже при $n = q$ задача вироджується в неекстремальну.

Зауважимо, що при формулюванні задачі (3.1) зроблене припущення про тісну пов'язаність показників борошна Y_n з відповідними вихідними показниками помольної суміші, які в свою чергу знаходяться в лінійній залежності від показників Y_{nk} компонентів зерна. Таке припущення основане на створенні

середньозважених показників суміші при змішуванні компонентів, що (за винятком хлібопекарських властивостей) підтверджується дослідженнями [10, 34].

При змішуванні зерна різних типів та класів за основними якісними показниками (вологість, скловидність, натура, вміст пророслих зерен, засміченість, якість і кількість клейковини) хлібопекарські показники якості суміші перевищують середньозважені показники окремих компонентів. Дослідженнями науковців ОДАХТ, ВНДІЗ (Москва) встановлено, що така важлива хлібопекарська характеристика як об'єм хліба має одне і теж значення величини при випічці хліба з борошна твердої пшениці (100%) або борошна з суміші твердої (до 50%) та домішки зерна слабких сортів.

Ефект від змішування пояснюється тим, що не усі показники якості зерна підлягають закону адитивності.

Позитивні якісні показники ефекту змішування дозволяють при розрахунках та формуванні помольної суміші не тільки мінімізувати вартість сировини, а й поліпшити якісні (хлібопекарські) характеристики борошна.

Оскільки функція вартості суміші $Q(U)$, а також обмеження Ω в системі (3.1) лінійні, то задача формування помольної суміші відноситься до класу типових задач лінійного програмування, методи і алгоритми розв'язання яких досконало розроблені і приведені в літературі [25,30,50,56,58,59,61,65,66].

Основним етапом при розв'язанні задач типу (3.1) є ідентифікація параметрів моделі об'єкту керування, тобто визначення числових параметрів показників якості компонентів і суміші (Y_k , Y_i), а також кількості показників якості та компонентів зерна в суміші.

Основні показники якості зерна та борошна визначаються у відповідних нормативних документах (стандартах). Показники зерна (таблиця 3.1) встановлені для класів зерна і в залежності від їх величин зерно м'якої пшениці розподіляється на 6 класів, а зерно твердої пшениці – на 5 класів.

Якісні показники борошна (таблиці 3.2) встановлені для сортів – від вищого до обойного.

Таблиця 3.1 – Основні якісні показники зерна м'якої пшениці

| Показник | Значення для м'якої пшениці за класами | | | | | |
|---|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Вологість, % | ≤14,5 | ≤14,5 | ≤14,5 | ≤14,5 | ≤14,5 | ≤14,5 |
| Зольність, % | ≤2,0 | ≤2,0 | ≤2,0 | ≤2,0 | ≤2,0 | ≤2,0 |
| Скловидність, % | ≥40 | ≥40 | ≥40 | ≥40 | ≥40 | ≥40 |
| Натура, г/л | ≥760 | ≥755 | ≥730 | ≥710 | ≥710 | не обм. |
| Кількість клейковини, % | ≥30 | ≥27 | ≥23 | ≥18 | ≥18 | не обм. |
| Якість клейковини, одиниць приладу ИДК-1 | 55...75 | 55...100 | 55...100 | 55...100 | 55...120 | не обм. |
| Число падіння, с | >200 | >200 | >150 | >100 | >100 | не обм. |
| Зернова домішка, % | ≤5,0 | ≤5,0 | ≤5,0 | ≤10,0 | ≤15,0 | ≤15,0 |
| Смітна домішка, % | ≤1,5 | ≤2,0 | ≤3,0 | ≤4,0 | ≤5,0 | ≤5,0 |
| Сажкові зерна, % | ≤5,0 | ≤5,0 | ≤5,0 | ≤8,0 | ≤8,0 | ≤10,0 |

Таблиця 3.2 – Основні показники якості пшеничного борошна

| Показник | Значення для сортів | | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| | вищого | першого | другого | обойного |
| Вологість, % | ≤15,0 | ≤15,0 | ≤15,0 | ≤15,0 |
| Зольність, % | ≤0,55 | ≤0,75 | ≤1,25 | ≤2,0 |
| Кількість клейковини, % | ≥24,0 | ≥25,0 | ≥27,0 | ≥18,0 |
| Якість клейковини | ≤100 | ≤100 | ≤100 | ≤100 |
| Число падіння, с | ≥160 | ≥160 | ≥160 | ≥105 |

Для ідентифікування параметрів моделі об'єкту «помольна суміш» треба, перш за все, визначити параметри прямої дії, тобто ті, які як якісні показники зерна переходять в показники борошна, змінюючись певним чином тільки кількісно під впливом технологічного процесу зернопереробки. До таких показників відносяться кількість клейковини, її якість, число падіння, вологість та зольність борошна та зерна. Інші показники зерна необхідно аналізувати з огляду їх можливого впливу на якісні показники борошна.

Вологість борошна – важлива технологічна і споживча характеристика – визначається вологістю зерна на 1-й драній системі, величина якої встановлюється технологічним регламентом зернопереробки і забезпечується режимами воднотермічної обробки зерна. Допустимі коливання вологості зерна на 1-й др. системі не перевищують 0,5% абс. для зерна всіх типів і класів, що дозволяє розглядати вологість як другорядний показник при формуванні помольної суміші.

Зольність борошна встановлюється для сортів від 0,55% для вищого сорту до 2,0% для обойного. Зольність зерна всіх класів не повинна перевищувати 2,0% тобто показник якості обойного борошна по зольності повністю забезпечується зольністю зерна любого класу, а за сортами від вищого до другого – технологічним процесом зернопереробки.

Чи впливають на якісні показники борошна такі показники зерна як скловидність та натура і наскільки вагомий цей вплив?

Скловидність зерна характеризує його типові ознаки, її величина регламентується не менше 40% для зерна всіх класів. В залежності від скловидності зерна встановлюються режими гідротермічної обробки, зокрема тривалість відволоження на першій та другій стадіях. Дотримання цих режимів зменшує вплив скловидності зерна на показники якості борошна і його вагомість є незначною.

Натура зерна має незначні коливання в залежності від класів зерна і не розглядається як вагомий показник по її впливу на якість борошна.

І нарешті, зернові та смітні домішки регламентуються в зерні за класами і виключаються з процесу помолу зерна при підготовці зерна до помолу комплексом зерноочисного обладнання.

Таким чином, аналіз якісних показників зерна і борошна дозволяє встановити визначальні показники, за якими ідентифікується модель “помольна суміш” – кількість клейковини, її якість, числа падіння зерна та борошна ($n = 3$).

Розподілення зерна на класи обмежує кількість компонентів в зерновій суміші ($q = 6$).

З урахуванням числових параметрів об'єкту “помольна суміш” система (3.1) приймає вигляд

$$a_1u_1 + a_2u_2 + a_3u_3 + a_4u_4 + a_5u_5 + a_6u_6 \rightarrow \min$$

$$\left. \begin{aligned} y_{11}u_1 + y_{12}u_2 + y_{13}u_3 + y_{14}u_4 + y_{15}u_5 + y_{16}u_6 &= y_1 \\ y_{21}u_1 + y_{22}u_2 + y_{23}u_3 + y_{24}u_4 + y_{25}u_5 + y_{26}u_6 &= y_2 \\ y_{31}u_1 + y_{32}u_2 + y_{33}u_3 + y_{134}u_4 + y_{35}u_5 + y_{36}u_6 &= y_3 \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

$$u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 + u_6 = 1$$

$$u_i \geq 0$$

Параметри моделі наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри моделі “помольна суміш”

| Показник | Значення | | | | | | для борошна ВС |
|----------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|----------------|
| | для зерна за класами | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Кількість клейковини, % | y_{11} | y_{12} | y_{13} | y_{14} | y_{15} | y_{16} | y_1 |
| | ≥ 30 | ≥ 27 | ≥ 23 | ≥ 18 | ≥ 18 | не обм. | ≥ 30 |
| Якість клейков., од. ИДК-1 | y_{21} | y_{22} | y_{23} | y_{24} | y_{25} | y_{26} | y_2 |
| | 55...75 | 55...100 | 55...100 | 55...100 | 55...120 | не обм. | ≤ 100 |
| Число падіння, с | y_{31} | y_{32} | y_{33} | y_{34} | y_{35} | y_{36} | y_3 |
| | > 200 | > 200 | > 150 | > 100 | ≥ 100 | не обм. | ≥ 160 |
| Вартість, грн./т* | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 | - |
| | 650 | 600 | 550 | 450 | 350 | 300 | - |

* - визначається на певний календарний період

Яке практичне використання моделей “помольна партія” та “помольна суміш” для оптимізації забезпечення млин-заводу зерном?

Модель “помольна суміш” оптимізує склад сировини (зерна) за вартістю при забезпеченні якісних показників продукції (борошна). З цієї причини при забезпеченні млина зерновими ресурсами визначальною повинна бути модель “помольна суміш”.

Системи оптимізації складу сировини основані на рішенні основної задачі лінійного програмування аналітичним методом, відомим в теорії оптимальних систем як сімплекс-метод.

Розглянемо модель “помольна суміш” (3.2) для випадку використання чотирьох компонентів ($u_1=0, u_2=0$) і запишемо систему обмежень (3.2) в вигляді

$$\left. \begin{aligned} y_{13}u_3 + y_{14}u_4 + y_{15}u_5 + y_{16}u_6 &= y_1 \\ y_{23}u_3 + y_{24}u_4 + y_{25}u_5 + y_{26}u_6 &= y_2 \\ y_{33}u_3 + y_{34}u_4 + y_{35}u_5 + y_{36}u_6 &= y_3 \\ u_3 + u_4 + u_5 + u_6 &= 1 \\ u_i &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

Серед позитивних рішень системи (3.3) треба знайти такі, котрі мінімізують функцію вартості зерна

$$V = a_3u_3 + a_4u_4 + a_5u_5 + a_6u_6 \quad (3.4)$$

Виразимо перемінні u_3, u_4 в системі (3.3) через u_5 і u_6

$$\left. \begin{aligned} u_3 &= k_1 - k_2u_5 - k_3u_6 \\ u_4 &= k_4 - k_5u_5 - k_6u_6 \\ u_3 + u_4 &= 1 - u_5 - u_6 \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

Перемінні u_3, u_4 в системі (3.5) називають базисними, інші перемінні (u_5, u_6) є вільними, а система обмежень (3.5) приведена до одного базису.

Коефіцієнти $k_1 \dots k_6$ в системі (3.5) виражаються через якісні показники компонентів зернової суміші та борошна

$$\left. \begin{aligned}
 k_1 &= \frac{y_{124} y_{214} - y_{214} y_{124}}{y_{24} y_{13} - y_{14} y_{23}}; & k_2 &= \frac{y_{24} y_{15} - y_{14} y_{25}}{y_{24} y_{13} - y_{14} y_{23}}; \\
 k_3 &= \frac{y_{24} y_{16} - y_{14} y_{26}}{y_{24} y_{13} - y_{14} y_{23}}; & k_4 &= \frac{y_2 y_{33} - y_3 y_{23}}{y_{33} y_{24} - y_{23} y_{34}}; \\
 k_5 &= \frac{y_{33} y_{25} - y_{23} y_{35}}{y_{33} y_{24} - y_{23} y_{34}}; & k_6 &= \frac{y_{33} y_{26} - y_{23} y_{36}}{y_{33} y_{24} - y_{23} y_{39}};
 \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

Прирівнявши нулю вільні перемінні u_5, u_6 , знайдемо значення базисних перемінних

$$\left. \begin{aligned}
 u_3 &= k_1, u_4 = k_4 \\
 u_3 + u_4 &= 1
 \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

Підстановкою значень u_3, u_4 з (3.7) в лінійну форму (3.4) знайдемо значення вартості зернової суміші

$$B_1 = a_3 k_1 + a_4 k_4, \quad (3.8)$$

Рішення (3.8) називають базисним і воно є допустимим в системі рішень моделі (3.3).

Виразимо вартість суміші B через вільні перемінні u_5, u_6

$$B = B_1 - k_7 u_5 - k_8 u_6 \quad (3.9)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \text{де } k_7 &= a_3 k_2 + a_4 k_5 - a_5 \\
 k_8 &= a_3 k_3 + a_4 k_6 - a_6
 \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

Якщо $k_7 > 0$ і $k_8 > 0$, то на зменшення вартості суміші В мають вплив обидві вільні перемінні u_5 і u_6 .

Для параметрів моделі (таблиця 2.3) при $y_{24}=90$; $y_{15}=20$; $y_{14}=25$; $y_{25}=100$; $y_{13}=30$; $y_{23}=80$; $y_{33}=200$; $y_{35}=120$; $y_{34}=180$; $y_{16}=20$; $y_{26}=120$; $y_{36}=100$; $k_7=396 > 0$ і $k_8=793 > 0$, тобто необхідно встановити вплив на вартість суміші В перемінних u_5 і u_6 .

Алгоритм вирішення задачі оптимізації вартості суміші за допомогою симплекс-методу включає послідовність операцій, які дозволяють від одного базисного рішення перейти до іншого з таким розрахунком, щоб значення вартості В з кожним кроком зменшувалось або, в гіршому випадку, не збільшувалось. Такий алгоритм передбачає перехід до нових вільних перемінних (u_4 , u_6 ; u_3 , u_6 ; u_4 , u_5 ...) і проведення розрахунків вартості суміші для всіх можливих варіантів при виконанні умов

$$\left. \begin{array}{l} u_3 + u_4 + u_5 + u_6 = 1 \\ u_i \geq 0 \end{array} \right\} \quad (3.11)$$

При збільшенні числа компонентів об'єм розрахунків суттєво зростає і потребує значних обчислювальних ресурсів.

Алгоритм реалізується спеціальним комплексом програм ПЕОМ типу ІВМ РС/АТ автоматизованої системи визначення оптимального складу помольної суміші.

3.3 Нові методи багатокомпонентного дозування при формуванні помольної суміші

Апаратно-програмний метод контролю витрат компонентів зерна при формуванні помольної суміші, який відрізняється простотою реалізації і легко вписується в діючі на сьогоднішній день технологічні схеми [22, 24] зернопереробки. Розглянемо суть методу та засоби його реалізації детальніше.

На зернопереробних підприємствах за типовими схемами зернопереробки зерно з бункерів неочищеного зерна спрямовується на операції очищення і зволоження за допомогою збірних гвинтових конвеєрів. Метод ґрунтується на модернізації систем транспортування компонентів на базі збірних конвеєрів з перетворенням їх в багатокомпонентні ваговимірювальні системи. Така модернізація здійснюється встановленням збірних конвеєрів на тензоопори, що не потребує змін технологічних схем процесу і систем транспортування зерна.

Для обґрунтування методу розглянемо збірний конвеєр (стрічковий, гвинтовий), на входи якого подаються компоненти з витратами $\rho_{вх1} \dots \rho_{вхи}$, причому канали надходження i -го компоненту характеризуються транспортним запізненням τ_i , а їх входи – довжиною l_i до виходу конвеєра .

Маса i -го продукту на конвеєрі визначається рівнянням

$$m_i = \int_{\tau_i}^{T_i} \rho_{exi}(t) dt, \quad (3.12)$$

де $T_i = \frac{l_i}{v_k}$ - тривалість транспортування i -го компоненту до виходу конвеєра;

v_k - швидкість робочого органу конвеєра.

Для достатньо малого відрізка часу Δt_i можна вважати, що $\rho_{\text{вхі}} = \text{const}$, і з (3.12) визначити приріст маси i -го компоненту на конвеєрі за цей проміжок часу

$$\Delta m_i = \rho_{\text{вхі}} \Delta t_i$$

$$i \quad \rho_{\text{вхі}} = \frac{\Delta m_i}{\Delta t_i}. \quad (3.13)$$

Залежність (3.13) дозволяє за певних умов визначити витрату $\rho_{\text{вхі}}$ по приросту маси продукту на конвеєрі за встановлений проміжок часу Δt_i .

Масу продукту Δm_i можна визначити встановленням конвеєра на тензометричні перетворювачі, причому вирішення цієї проблеми на сучасному рівні розвитку ваговимірювальної техніки немає технічних перешкод: створені і виготовляються серійно високонадійні, високоточні (класу 0,05) тензоперетворювачі на практично необмежений ряд вантажопідйомності.

Складність задачі полягає в необхідності за допомогою одного загального ваговимірювального пристрою в вигляді встановленого на тензоопори конвеєра визначити масу кожного з i компонентів, які подаються на конвеєр. Цю невизначеність можна виключити за допомогою двох методів з використанням комп'ютерних технологій обробки інформації.

Перший метод ґрунтується на використанні характерної для багатьох технологічних процесів, зокрема і для процесу зернопереробки, особливості, а саме: наявності в каналах транспортування компонентів до виходу конвеєра суттєвих транспортних запізнень, причому ці запізнення в кожному каналі мають сталу, визначену технологічною схемою величину.

Ця особливість технологічних процесів використовується на етапі визначення початкових заданих значень витрати $\rho_{\text{вхі}}$

$$\left. \begin{aligned} \rho_{\text{вхі}}^n &= \frac{\Delta m_1}{\Delta t_1}, \Delta t_1 \leq \tau_2; \\ \rho_{\text{вхі}}^n &= \frac{\Delta m_i}{\Delta t_i}, \Delta t_i \leq \tau_{i+1} \end{aligned} \right\} \cdot \quad (3.14)$$

Визначення початкових значень витрат $\rho_{\text{вх}i}$ розпочинається з надходженням на конвеєр першого компоненту і закінчується через проміжок часу Δt_i після надходження останнього, i -го компоненту. Правильність розрахунків підтверджується виконанням умов

$$\left. \begin{aligned} m_{\kappa}^n &= \sum_{i=1}^n m_{ki}^n; \\ m_{ki}^n &= \rho_{\text{вх}i}^n T_i \end{aligned} \right\} , \quad (3.15)$$

де m_{ki}^n , m_{κ}^n – початкова маса i -го компоненту та сумарна маса компонентів на конвеєрі.

T_i – тривалість транспортування i -го компоненту до виходу конвеєра.

Визначені за (3.14) початкові витрати в процесі функціонування об'єкту можуть змінюватись, і ці зміни обумовлюють іншу невизначеність – вимірюючи сумарну масу m_{κ}^n і фіксуючи її відхилення від початкового значення, ми не можемо визначити яка витрата $\rho_{\text{вх}i}$ спричинила ці відхилення. Для виключення цієї невизначеності використовується конструктивна особливість об'єкту, а саме розміщення на конвеєрі вхідних патрубків для приймання компонентів на різній відстані від вихідного патрубка, що забезпечує відмінну для кожного компоненту тривалість транспортування до виходу конвеєра

$$T_i = \frac{l_i}{v_k} \quad (3.16)$$

Параметр T_i дозволяє ідентифікувати компонент, витрата якого змінилась (при відхиленні m_{κ}^n) і потребує корегування в системі контролю параметрів $\rho_{\text{вх}i}$.

Ідентифікація компоненту та корегування його витрати в системі контролю реалізується за слідуєчим алгоритмом. В процесі функціонування об'єкту безперервно контролюють масу m_{κ}^n і при її відхиленні фіксують часовий проміжок від початку відхилення маси до моменту часу, коли маса застабілізується на новому рівні. Цей проміжок часу відповідає тривалості

транспортування до виходу конвеєра i -го компоненту, витрата якого змінилась і потребує корегування при його визначенні. Витрата визначається за рівняннями

$$\left. \begin{aligned} \rho_{\text{exi}} &= \rho_{\text{exi}}^n + \frac{\Delta m^k}{\Delta T^k}; \\ \Delta T^k &= T_i, \end{aligned} \right\} \quad (3.17)$$

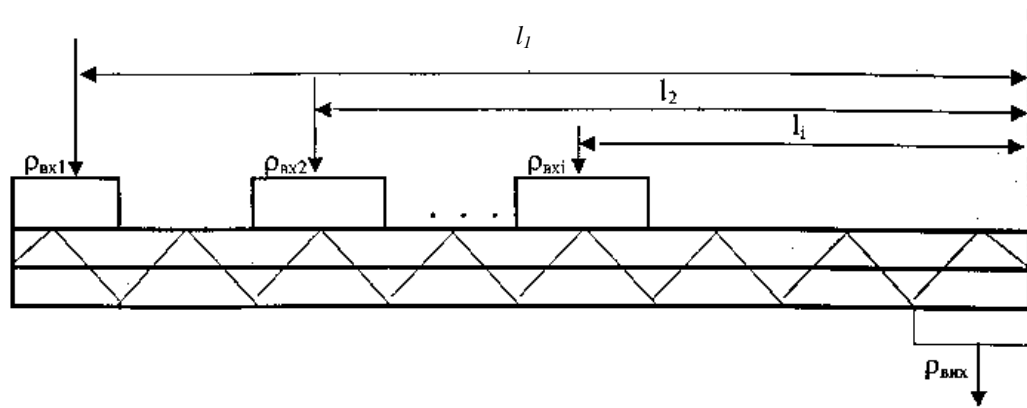
де Δm^k – відхилення сумарної маси компонентів на конвеєрі; ΔT^k – тривалість відхилення маси.

Використання методу тісно зв'язане з транспортними запізненнями. Ці запізнення обмежують часовий проміжок Δt_i , а отже, і приріст маси Δm_i при визначенні витрати ρ_{vxi} . Величина Δm_i може стати настільки малою, що ваговимірювальний конвеєр не зможе забезпечити необхідну чутливість і точність вимірювань. Для таких об'єктів пропонується другий метод визначення витрат компонентів ρ_{vxi} по їх масі на конвеєрі для різних контрольованих швидкостей робочого органу конвеєра.

При надходженні на конвеєр компонентів з витратами $\rho_{\text{vx1}}, \rho_{\text{vx2}} \dots \rho_{\text{vxi}}$ (рисунок 3.2) їх маса на конвеєрі визначається рівнянням

$$m_i = \rho_{\text{exi}} T_i \quad , \quad (3.18)$$

де $T_i = \frac{l_i}{v_k}$ - тривалість транспортування компоненту до виходу конвеєра.



а)



б)



в)

Рисунок 3.3 – Метод контролю витрат компонентів:

а) схема об'єкту контролю

б), в) питоме навантаження при різних швидкостях робочого органу

Маса компонентів на конвеєрі визначається сумою мас окремих компонентів.

$$m_k = \sum_{i=1}^n \rho_{vxi} T_i. \quad (3.19)$$

Масу m_k можна виміряти встановленням конвеєра на тензоопори, проте цієї інформації недостатньо для визначення витрати ρ_{vxi} , оскільки в рівняння (3.19) входить і невідомих.

Цю невизначеність можна легко усунути завдяки контролю і регулюванню другого важливого параметру (першим контрольованим параметром є маса m_k) – швидкості робочого органу конвеєра. Встановивши γ швидкостей робочого

органу і забезпечивши контроль швидкостей $v_{k\gamma}$ та маси $m_{k\gamma}$, отримаємо систему з γ рівнянь та i невідомими $\rho_{\text{вх}1} \dots \rho_{\text{вх}i}$

$$\left. \begin{aligned} m_{k1} &= \sum_{i=1}^n \rho_{\text{вх}i} T_{i1}; \\ m_{k2} &= \sum_{i=1}^n \rho_{\text{вх}i} T_{i2}; \\ &\vdots \\ m_{k\gamma} &= \sum_{i=1}^n \rho_{\text{вх}i} T_{i\gamma} \end{aligned} \right\} \quad (3.20)$$

де $T_{i\gamma} = \frac{l_i}{v_{k\gamma}}$ - тривалість транспортування i -го компоненту до виходу конвеєра при i -й швидкості робочого органу.

Рисунок 3.2б і 3.2в зображують характер та зміну питомого навантаження (на одиницю довжини) конвеєра для незмінних витрат $\rho_{\text{вх}i}$ і різних швидкостей робочого органу. При зменшенні швидкості робочого органу ($v_{k2} < v_{k1}$) питоме навантаження q і маса m_{k2} (заштрихована площа) пропорційно зростають.

Застосування методів дозволяє при незначних витратах модернізувати всі діючі зернопереробні підприємства, які практично неможливо модернізувати за допомогою традиційних систем [21, 22, 23, 54] багатоконпонентного дозування на базі витратомірів і дозаторів зерна.

3.4 Процес гідротермічної обробки зерна як об'єкт керування

Процес гідротермічної обробки (ГТО, кондиціювання, зволоження) зерна – це комплекс технологічних операцій для цілеспрямованої зміни фізико-механічних та технологічних властивостей зерна, забезпечуючих оптимальні умови для подрібнення і розмелу зерна з максимізацією виходів борошна вищого гатунку і мінімізацією енергетичних витрат на зернопереробку.

Можна із впевненістю стверджувати, що технічний та технологічний рівень зернопереробного підприємства, його виробничі та економічні показники визначаються рівнем реалізації процесу ГТО.

Дослідженнями вітчизняних та закордонних вчених [9, 10, 32, 34] розроблені і впроваджені в практику зернопереробного виробництва методи холодного кондиціювання зерна (зволоження водою, підігрітою до 30...35 °С), гарячого кондиціювання (підігрів зерна в кондиціонерах до температури 40...45 °С), швидкісного кондиціювання (підігрів зерна насиченим паром) та деякі комплексні методи з обробкою зерна ультразвуком, вакуумною обробкою та інші.

Для реалізації цих методів розроблені відповідні технологічні регламенти і створене технологічне обладнання.

Основним показником при виборі того чи іншого методу кондиціювання є співвідношення його технологічної ефективності до техніко-економічних показників, тобто капітальних та експлуатаційних витрат на реалізацію метода.

Метод холодного кондиціювання має вагомі переваги за вказаним критерієм, а його впровадження на зернопереробних підприємствах забезпечується ґрунтовними науковими дослідженнями, технологічними та технічними розробками [9, 34].

Теоретичними та експериментальними дослідженнями процесу холодного кондиціювання визначені його характерні особливості, а саме:

- процес подається як послідовне з'єднання 3-х стадій;
- кожна стадія процесу характеризується своїми вихідними параметрами – вологістю та тривалістю відволоження;

- вихідні параметри стадій функціонально залежні від вхідних параметрів процесу – вологості, якісних показників зерна та виду помолу.

За результатами досліджень визначається структура моделі процесу як об'єкту керування та ідентифікуються її параметри (рисунок 3.3) [55].

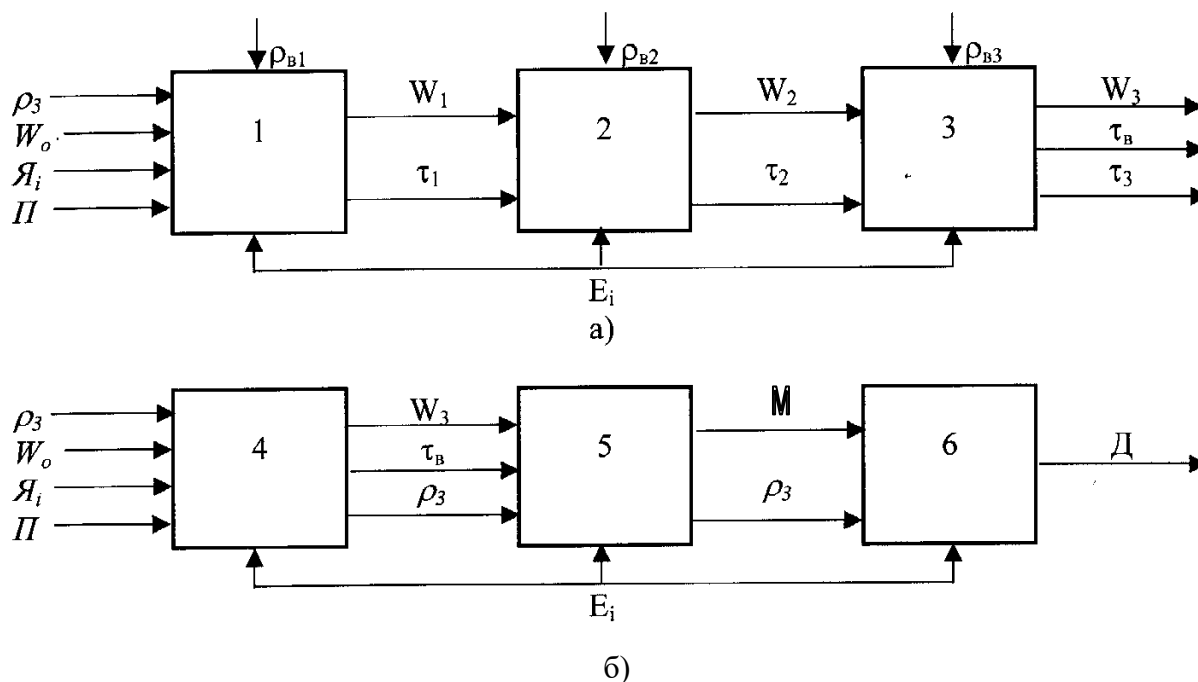


Рисунок – 3.3. Процес холодного кондиціювання зерна як об'єкт керування:
а) з вихідними параметрами зволоження; б) з вихідними параметрами драної системи;

1,2,3 – відповідно перша, друга та третя стадії зволоження; 4 – процес зволоження; 5 – процес формування міцності зерна; 6 – драний процес.

Некерованими контрольованими входами процесу є: витрата зерна ρ_3 , початкова вологість w_o , показники якості зерна y_i та вид помолу Π .

Керованими контрольованими входами є витрата води ρ_{v1} , ρ_{v2} , ρ_{v3} , що подається в зволожувальні апарати на стадіях процесу.

Вихідні параметри процесу – вологість зерна на виході третьої стадії w_3 , тривалість відволоження τ_v , а також проміжні вихідні параметри стадій – w_1 , τ_1 , w_2 , τ_2 , τ_3 .

Показники якості зерна контролюються виробничо-технологічною лабораторією (ВТЛ) за допомогою лабораторного обладнання та створених за

останні роки комп'ютерних інформаційно-технологічних систем, працюючих в локальних мережах з віддаленим доступом та обміном інформацією з виробничими та технологічними підрозділами зернопереробного підприємства. Такі автоматизовані системи на базі ПЕОМ типу IBM PC/AT здійснюють весь технологічний документообіг ВТЛ по якісним показникам зерна і продукції зернопереробки, розраховують плани технологічної обробки, розміщення і переробки зерна, а також розробляють необхідні для звітності документи.

Інформація про показники якості зерна, зокрема про тип зерна, скловидність, вологість, тобто показники, які використовуються при керуванні процесом гідротермічної обробки зерна, надходить по мережі зв'язку в АРМ оператора-технолога млина.

Витрата зерна контролюється за допомогою регуляторів витрати типів УРЗ-М, РРЗ розробок НВК "КІА", інших фірм. Такі регулятори з тензометричним вимірювальним пристроєм монтуються під бункерами неочищеного зерна ("чорні" бункери) , під бункерами відволоження ("білі" бункери) або в самопливах на вході зволожувальних апаратів. Інформація про витрату зерна використовується для розрахунку керованих входів (витрати води) на всіх стадіях процесу гідротермічної обробки зерна.

Вологість зерна – визначальна характеристика процесу гідротермічної обробки зерна, яка забезпечує необхідні для процесу помолу структурно-механічні властивості зерна. З цієї причини контроль вологості зерна в процесі зернопереробки має вирішальне значення для забезпечення техніко-економічних показників мукомольного підприємства.

Необхідно зауважити, що і зараз на багатьох млинах, в тому числі і нових, контроль вологості зерна здійснюється шляхом періодичного відбору та лабораторного аналізу проб зерна. Такий метод контролю характеризується значною інерційністю, трудомісткістю та суб'єктивними впливами на процес вимірювань. Відомі та нерідко застосовуються й інші лабораторні методи, зокрема візуального контролю мікротріщин та кольору зерна, використання контрактометрів для реєстрації змін об'єму зерна при його зволоженні тощо. Ці

методи можуть використовуватись в науково-дослідних цілях і непридатні для систем автоматизованого керування та контролю процесом гідротермічної обробки зерна.

З пристроїв безперервного контролю вологості зерна, які широко використовуються на зернопереробних підприємствах, перш за все, необхідно відмітити ємнісні вологоміри. Ці пристрої відрізняються простотою конструкції датчика вологості та схеми вимірювання, мають задовільні метрологічні (похибка 0,5...1 % абс.) характеристики і високу надійність в роботі [29].

Ємнісні поточні вологоміри зерна виготовляються НВК “КІА”, НВЦ “ТИС” (Кишенів) та провідними зарубіжними фірмами – “Бюлер” (Швейцарія), “Окрім” (Італія) та іншими.

Основною проблемою, яка залишається актуальною при розробці ємнісних (діелькометричних) вологомірів зерна залишається підвищення точності вимірювань, яка тісно пов’язана такими визначальними характеристиками об’єкту контролю як структура, об’ємна маса та температура зерна.

В основу принципу дії ємнісних вологомірів покладено діелектричну проникливість зерна, яка змінюється в залежності від його вологості. Дослідженнями встановлено, що підвищена чутливість електричних характеристик датчика до вологості спостерігається в області частот $10^4 \dots 10^5$ Гц. Для вказаної області частот значно спрощуються вимірювальні схеми. Проте застосуванню цього спектру частот в вологометрії зерна перешкоджає так звана “додаткова ємність”.

Потік зерна через датчик вологоміра складається з численних окремих зернин, які в свою чергу неоднорідні за структурою. Електрофізичні процеси в таких неоднорідних матеріалах відрізняються від процесів в однорідних діелектриках і описуються двохшаровими моделями [29].

При цьому додаткова ємність на границі розподілу шарів розраховується за формулою

$$\Delta C = \frac{(\varepsilon_1 \gamma_2 - \varepsilon_2 \gamma_1)^2 d_1 d_2 S}{(\gamma_1 d_2 + \gamma_2 d_1)^2 (\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1) K}, \quad (3.21)$$

де: $\varepsilon_1, \gamma_1, d_1$ та $\varepsilon_2, \gamma_2, d_2$ діелектрична проникливість, електропровідність та товщина шарів; S – площа електродів датчика; K – коефіцієнт перерахунку одиниць виміру.

Для зерна різниця $(\varepsilon_1 \gamma_2 - \varepsilon_2 \gamma_1)$, від якої додаткова ємність залежить в квадратичній ступені, має достатньо значну величину і для зменшення її впливу на точність вимірювань розробники змушені підвищувати частоту електричного поля до 1...10 мГц, що значно ускладнює процес контролювання вологості.

Температура зерна є одним з основних показників по впливу на точність вимірювання вологості ємнісним методом.

Відомо, що при підвищенні температури води від 0 до 100 °С її діелектрична проникливість знижується від 87,9 до 53,3. Оскільки діелектрична проникливість вологого зерна визначається в основному вмістом води, то можна припустити, що при підвищенні температури вона буде зменшуватись. Проте спостерігається зворотне явище – при підвищенні температури зерна ємність датчика з вологим зерном зростає. Це явище пояснюється зміною співвідношення між зв'язаною і вільною вологою зерна при його нагріванні.

Для компенсації впливу температури зерна на точність вимірювань здійснюють контроль температури і вводять корегуючі поправки. Величина таких поправок (таблиця 3.4) встановлюється експериментально і не залежить від конструктивних особливостей датчика та маси зерна.

Таблиця 3.4 – Температурні поправки до показань ємнісних вологомірів

| Тип датчика | Температура зерна, °C | Температурна поправка в % абс. при вологості, % абс. | | |
|--|-----------------------|--|-------|-------|
| | | 10 | 22 | 30 |
| Плоский конденсатор | 10 | +0,85 | +1,25 | +1,75 |
| | 35 | -0,96 | -2,20 | -3,05 |
| Циліндричний конденсатор | 10 | +0,76 | +1,22 | +1,77 |
| | 35 | -0,92 | -2,20 | -3,00 |
| Плоский конденсатор з ізольованими електродами | 10 | +0,85 | +1,07 | 1,70 |
| | 35 | -0,94 | -3,00 | -3,00 |

Об’ємна маса зерна здійснює свій вплив на точність вимірювань через діелектричну проникливість, яка в свою чергу залежить від об’ємної маси

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_c \left(1 + \frac{\varepsilon_v - \varepsilon_c}{a\varepsilon_v - v\varepsilon_c} \cdot \frac{\gamma_z}{\gamma_v} \cdot \frac{W}{100} \right), \quad (3.22)$$

де: ε_3 – відносна діелектрична проникливість зерна; ε_v , ε_c – відносна діелектрична проникливість води і сухого зерна; γ_z – об’ємна маса зерна; γ_v – щільність води; W – вологість зерна; a і v – постійні коефіцієнти.

Для компенсації впливу об’ємної маси на точність вимірювань застосовують датчики спеціальних конструкцій, які ущільнюють потік зерна, або додатково встановлюють датчики маси зерна, що рухається через датчик вологості, і додатково корегують показання вологоміра. Такі методи корекції використані в пристрої типу “Акватрон” фірми “Бюлер”.

Тривалість відволоження зерна – другий, не менш важливий параметр процесу зволоження, який забезпечує формування необхідних для помолу зерна структурно-механічних властивостей ослабленням зв’язків оболонки і алейронового прошарку з крохмальною частиною ендосперму. Оптимальне значення тривалості відволоження залежить від якісних показників зерна, виду та режимів його гідротермічної обробки. При подальшому збільшенні тривалості відволоження від оптимального значення відбувається набухання біополімерів зерна, процес тріщиноутворення затухає, мікротріщини зникають, що

затрудняє процес помолу, зменшує виходи якісних сортів борошна і збільшує енергетичні витрати на зернопереробку.

Відома [34] математична модель для визначення оптимальної тривалості відволоження за такими якісними показниками зерна як початкова вологість, зольність, скловидність, якість та кількість клейковини та температура зерна з доповненням таким важливим параметром як приріст вологості. Практичне використання моделі ускладнюється з причин неефективного використання бункерів відволоження при регулюванні ступені їх заповнення зерном.

В.А. Бутковським [9, 45] досліджені теплові процеси, що протікають в зволоженому зерні, і встановлено, що зріст температури зерна відбувається по експоненціальному закону і при завершенні процесу відволоження температура зерна не змінюється.

Результати досліджень використані для контролю тривалості відволоження по температурі зерна, яка вимірюється за допомогою термометрів опору. Оскільки приріст температури зволоженого зерна не перевищує 6 °С, то при впровадженні такої системи контролю необхідно забезпечити виконання високих метрологічних вимог до точності пристроїв контролю.

Запропонований метод контролю тривалості відволоження по витраті зерна при завантажуванні бункера та масі зерна в бункері і стабілізації витрат завантаження і розвантаження.

Тривалість відволоження зерна регламентується технологічним процесом зернопереробки і визначається проміжком часу, на протязі якого необхідно витримати зволожене зерно на відповідній стадії відволоження. Для реалізації процесу технологічна схема зернопереробки включає відповідні ємності (бункери), які завантажуються зволоженим зерном за певним алгоритмом керування обладнанням. При цьому маса завантаженого в бункери зерна визначається рівнянням

$$m_i = \int_0^{\tau_i} \rho_3(t) dt \quad (3.23)$$

де: m_i – маса зерна в бункерах i -тої стадії відволоження;

τ_i – тривалість завантаження бункерів на i -тій стадії;

$\rho_3(t)$ - витрата зерна при завантаженні бункерів.

Якщо $\rho_3 = \text{const}$ і його величина дорівнює продуктивності млина, тобто $\rho_3 = Q_M$ (таку умову необхідно виконувати ще й з причини ефективного використання технологічного обладнання), то з (3.23) будемо мати

$$m_i = Q_M \tau_i \quad (3.24)$$

і

$$\tau_i = \frac{m_i}{Q_m} = \frac{m_i}{\rho_3} \quad . \quad (3.25)$$

Рівняння (3.25) використовується для контролю тривалості відволоження на i -тій стадії по ρ_3 і m_i .

Для вимірювання витрати ρ_3 і маси m_i , а також для стабілізації витрати

($\rho_3 = Q_m = \text{const}$) використовують регулятори витрати, які встановлюють на вході і на виході бункерів першого відволоження та на виході бункерів другого відволоження і бункера перед першою дранною системою.

Неконтрольовані збурення E_i – це, перш за все, коливання температури зерна, води та навколишнього середовища, нестабільність характеристик технологічного обладнання, а також застосування різноманітних технологічних схем зернопідготовки, зокрема схем з використанням машин для миття та мокрого лущення зерна. Дія неконтрольованих збурень на вихідні показники гідротермічної обробки зерна може бути компенсована тільки при застосуванні принципу керування по відхиленню керованої величини, що потребує встановлення додаткових вологомірів на виході зволожувальних апаратів.

Зауважимо, що вплив неконтрольованих збурень на процес гідротермічної обробки зерна досліджений недостатньо для створення оптимальних систем керування процесом, в той час як дія окремих неконтрольованих збурень може спричинити недопустимі зміни вихідних параметрів процесу. Такі збурення, в першу чергу, мають місце на першій (основній) стадії зволоження при реалізації

технологічних схем з варіантами зволожувальних машин – машина для миття і зволожувальний апарат та машина для мокрого лушення і зволожувальний апарат. Відсутні дані досліджень про приріст вологості в машинах для миття і мокрого лушення для зерна різних типів, початкової вологості і скловидності, що не дозволяє визначити сферу і режим їх застосування, а також можливість контролюваності і керованості їх роботи.

За технічними показниками приріст вологості зерна не повинен перевищувати 3% в машинах для миття і 1,6...2% в машинах мокрого лушення. Така норма приросту вологості встановлюється на всю першу стадію при початковій вологості зерна до 13% незалежно від скловидності і типу, а при початковій вологості понад 13,5% норма зволоження на першій стадії менше можливого приросту вологості зерна в машинах для миття і мокрого лушення. А технологічними схемами зернопідготовки передбачена установка після машин для миття ще зволожувальних апаратів.

Природно, виникає питання: як забезпечити режими гідротермічної обробки в умовах неконтрольованості і некерованості процесів миття і лушення зерна? Як ідентифікувати параметри моделі гідротермічної обробки при дії недопустимих неконтрольованих збурень від машин миття і лушення зерна?

Залежність вихідних параметрів стадій процесу кондиціювання зерна можна подати в вигляді

$$\left. \begin{aligned} w_i &= w_{i-1} + \Delta w_i; \\ \Delta w_i &= F_i^w(w_o, \rho_3, \mathcal{Y}_b, \Pi, \rho_{\text{вн}}, E_i); \\ \tau_i &= F_i^{\tau}(w_o, \mathcal{Y}_b, \Pi); \end{aligned} \right\} \quad (3.26)$$

де: w_i – вологість зерна на i -й стадії;

Δw_i – приріст вологості зерна на i -й стадії;

w_o – початкова вологість зерна;

ρ_3 – витрата зерна;

\mathcal{Y}_b – показники якості зерна;

Π – вид помолу;

ρ_{ei} – витрата води на i -ту стадію;

τ_i - тривалість відволоження зерна на i -й стадії;

F_i^w, F_i^τ - оператори зв'язку;

E_i – збурення на i -й стадії.

Науковими дослідженнями визначені основні показники якості зерна, які мають визначальний вплив на процес кондиціювання. Такими показниками є скловидність та тип зерна. Вплив інших якісних показників є незначним і не враховується в моделі об'єкту.

Вид помолу Π в системі (3.26) визначається сортовим хлібопекарським або макаронним помолом.

Керовані входи стадій процесу визначаються аналітично через витрату зерна, приріст вологості та вихідну вологість зерна на стадії

$$\rho_{ei} = \rho_z \frac{\Delta w_i}{100 - w}, \quad (3.27)$$

де: ρ_{ei} – витрата води на i -ту стадію;

ρ_z – витрата зерна.

Вихідні параметри процесу кондиціювання – вологість зерна та тривалість відволоження визначаються рівняннями

$$\left. \begin{aligned} w_3 &= w_o + \sum_{i=1}^3 \Delta w_i \\ \tau_3 &= \sum_{i=1}^3 \tau_i \end{aligned} \right\} \quad (3.28)$$

Ідентифікація параметрів моделі стадій процесу холодного кондиціювання зерна зводиться до визначення виду та параметрів операторів F_i^w, F_i^τ в системі (3.26). Оскільки зв'язок між параметрами операторів не можна встановити на основі фізичних закономірностей, то необхідно провести відповідні експериментальні дослідження процесу.

Такі експериментальні дослідження проведені ОДАХТ, ВНДІЗ (Москва) і за їх результатами визначені основні режимні параметри ($\Delta w_i, \tau_i$) стадій процесу в

залежності від початкової вологості зерна, типу цього зерна, його скловидності та виду помолу. Ці параметри формалізовані в табличній формі для сортових хлібопекарських та макаронних помолів. Дослідженнями визначена також вологість зерна на першій драній системі (див. таблиці 2.1 і 2.2).

Процес кондиціювання зерна являється завершальною технологічною операцією по підготовці зерна до помолу і тільки вихідні показники процесу помолу (вихід борошна вищих сортів та питомі енергетичні витрати на зернопереробку) дозволяють критеріально оцінити якість підготовки зерна. За таких умов природно поставити запитання: чи зможемо ми оптимізувати процес зернопідготовки, ґрунтуючись на таких показниках процесу кондиціювання як вологість та тривалість відволоження. Який зв'язок між цими показниками та фізико-механічними властивостями зерна, зокрема його міцністю та здатністю до подрібнення при оптимальних режимах та технічних характеристиках вальцьових верстатів драних систем?

Вихідні фізико-механічні характеристики зерна, що подається на помол, при встановлених режимах подрібнення повинні забезпечити максимальну кількість дунстів і крупок високої якості при мінімальному виході борошна.

Вихід круподунстових продуктів та борошна в драному процесі при визначених питомих навантаженнях, розподілі вальцьової лінії і просіючої поверхні по системах драного процесу та розрахункових показниках якості зерна (по вологості, тривалості відволоження, скловидності) визначається фізико-механічними властивостями зерна, зокрема його міцністю.

Приведені технологічні посилання вказують на те, що опис процесу кондиціювання в термінах параметрів зволоження зерна є неповним з позицій оптимізації процесу зернопідготовки, а процес кондиціювання як об'єкт керування потребує доповнення стадіями формування визначальної фізико-механічної характеристики – міцності зерна та створення виходу (добутку) круподунстових продуктів в драній системі. Таке доповнення відповідає основній цілі підготовки зерна до помолу і потребує встановлення функціональних зв'язків між новими параметрами процесу

$$\left. \begin{aligned} M &= F^M(W_3, \tau_6, Y_i), \\ D &= F^D(M), \end{aligned} \right\} \quad (3.29)$$

де F^M, F^D – оператори зв'язку; M - міцність зерна; D - вихід (добуток) круподунстових продуктів

Міцність зерна M є неконтрольованим проміжним параметром і її зв'язок з параметрами зволоження (W_3, τ_6) та якості зерна (Y_i) встановлюється за результатами експериментальних досліджень.

Добуток D круподунстових продуктів драних систем як якісна характеристика процесу зернопідготовки має пропорційний зв'язок з міцністю, а його залежність від параметрів зволоження визначається експериментально. Для оптимізації процесу зернопідготовки необхідно здійснювати неперервний контроль цього важливого параметра.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

4.1 Експериментальні дослідження процесу підготовки зерна до помолу

Основною метою експериментальних досліджень є підтвердження або уточнення основних результатів теоретичних досліджень процесу, зокрема параметрів нових методів багатокомпонентного дозування компонентів зерна при формуванні помольної суміші, а також процесу гідротермічної обробки зерна в технологічних схемах з застосуванням машин для миття та мокрого лущення зерна.

Параметри багатокомпонентного дозування використовуються при проектуванні нових ефективних систем дозування включно з вибором тензометричних перетворювачів, монтажем зернового конвеєра і визначенням параметрів алгоритмічно-програмного забезпечення. Для методу зі зміною швидкості конвеєра важливо також визначити структуру системи керування, а для методу з використанням запізнень між компонентами – встановити основні параметри алгоритмічного забезпечення при жорстких вимогах до чутливості і похибки визначення маси.

Процес гідротермічної обробки з використанням машин для мокрого лущення (миття) з акцентом на його керованість до цього часу ще не досліджувався як вітчизняними, так і зарубіжними науковцями і технологами. Причини різні. В зарубіжних країнах такі схеми практично не використовуються – характеристики зерна стабільні і регламентовані і потреба в енергозатратній технології миття зерна відпадає.

В вітчизняній зернопереробці машини для мокрого лущення (а нерідко і для миття) широко використовуються з огляду на незадовільні характеристики зерна, що направляється на зернопереробку. Така технологія поліпшує показники зерна, зменшує його зольність, проте окрім додаткових енерговитрат, привносить суттєві неконтрольовані збурення в процес гідротермічної обробки зерна, що потребує додаткових витрат на системи зволоження і нових підходів їх

проекування. Приріст вологості зерна в машинах мокрого лушення може перевищувати встановлені режими холодного кондиціонування, а це означає порушення основних технологічних вимог до процесу гідротермічної обробки зерна.

4.2 Дослідження методів багатокомпонентного дозування в системах формування помольної суміші

Експериментальні дослідження нових методів багатокомпонентного дозування зерна проведені на стенді НВК “КІА”. Стенд (рисунок 4.1) реалізує фізичну модель багатокомпонентного дозатора і включає змонтовані на металоконструкції по одній лінії бункери 1 для зерна, встановлені на вихідних патрубках бункерів живильники 2, змонтований під живильниками багатокомпонентний ваговимірювальний пристрій 3, мікроконтролер керування 4 та АРМ дослідника 5.

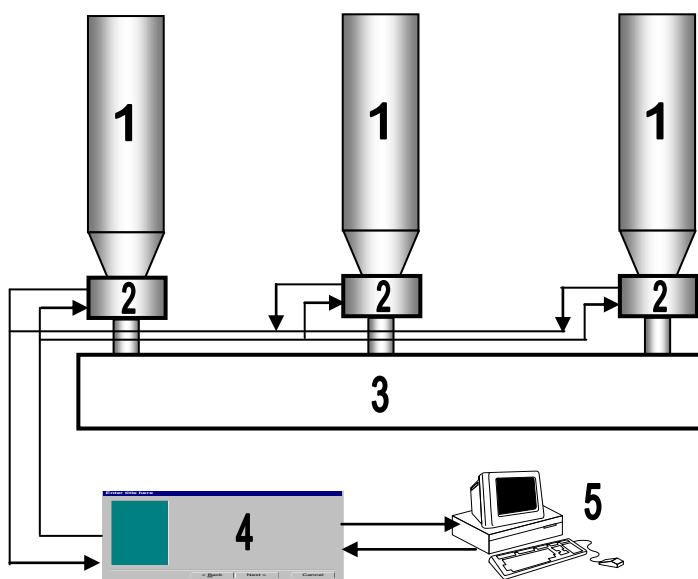


Рисунок 4.1 – Блок-схема стенда для дослідження методів багатокомпонентного дозування:

- 1 – бункер для зерна; 2 – живильник;
- 3 – ваговимірювальний пристрій;
- 4 – мікроконтролер; 5 – АРМ дослідника

В якості живильників 2 використані пристрої регулювання витрати зерна типу РРЗ, витратомірні лотки з тензоперетворювачами, які не беруть участі в регулюванні витрати зерна і використовуються в інформаційному режимі. Керування приводами засувок РРЗ здійснюється за спеціальним алгоритмом по сигналам від ваговимірювального пристрою 3. Таке використання пристроїв РРЗ дозволяє якісно змінити весь процес дослідження при повній автоматизації процесу включно з реєстрацією інформації та мінімізацією відбору контрольних проб зерна в процесі дослідження.

Багатокомпонентний ваговимірювальний пристрій 3 (рисунок 4.2) включає гвинтовий конвеєр 1 розробки ЗАТ “Інститут Укроргверстатінпром” (м. Харків) продуктивністю 2,2 т/год і довжиною транспортування до 4000 мм.

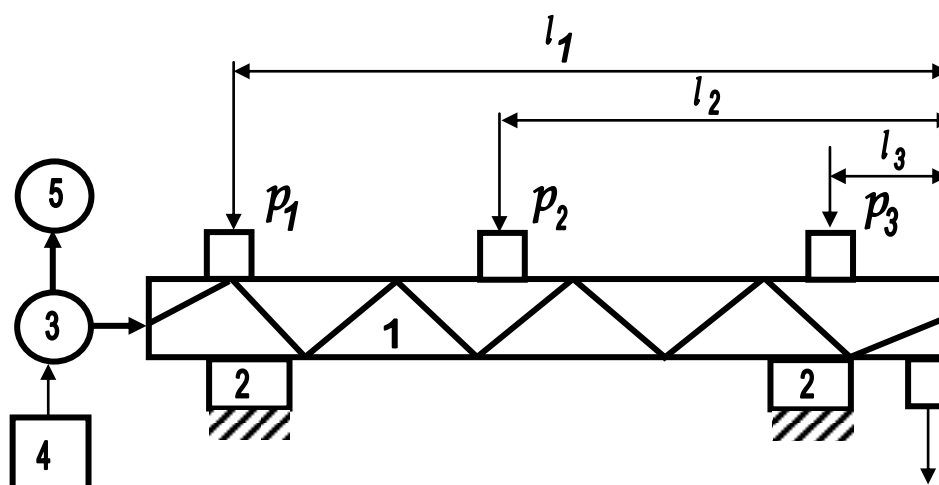


Рисунок 4.2 – Багатокомпонентний ваговимірювальний пристрій:

- 1 – гвинтовий конвеєр; 2 – тензоперетворювач; 3 – привід конвеєра;
4 – частотний перетворювач; 5 – датчик швидкості робочого органу конвеєра.

Конвеєр встановлений на тензоперетворювачі 2 типу С2 фірми НВМ вантажопідйомністю 100 кг з класом точності 0,05.

Привод конвеєра 3 обладнаний частотним перетворювачем 4 типу Алтивар та датчиком 5 швидкості обертання.

Мікроконтролер 4 включає мікропроцесор та необхідні для здійснення зв'язків з технологічним обладнанням і обробки інформації модулі технічного забезпечення, а також пакет програм для реалізації алгоритму керування роботою

стенда в процесі проведення дослідження. В стенді використаний мікроконтролер “Modicon TSX Micro” фірми Шнайдер.

АРМ дослідника 5 – комплекс програмно-технічних засобів для забезпечення функцій оператора-дослідника. Такий комплекс реалізується на базі ПЕОМ типу IBM PC/AT, друкуючого пристрою та відповідного програмного забезпечення.

При проведенні дослідження використовується також допоміжне обладнання: контрольні платформні ваги, лотки для зерна тощо.

Управління роботою стенду здійснює оператор-дослідник, який за допомогою клавіатури ПЕОМ встановлює і змінює:

- задані витрати зерна з бункерів 1;
- дискретність опитування тензоперетворювачів ваговимірювального пристрою 3;
- швидкість обертання робочого органу гвинтового конвеєра.

В процесі дослідження інформація про задані і фактичні витрати зерна з бункерів, задану і фактичну швидкість обертання робочого органу гвинтового конвеєра, а також масу зерна на конвеєрі безперервно обновлюється на екрані монітора.

Для забезпечення встановленої технологічними вимогами похибки стабілізації витрат компонентів зерна, а також необхідних умов для ідентифікації компонентів, витрата яких змінилась, необхідно визначити мінімальний проміжок часу ΔT_{\min} чутливості ваговимірювальної системи для заданих продуктивності, співвідношення між компонентами, похибки стабілізації витрати, найбільшої межі зважування та класу точності тензоперетворювачів.

Проміжок часу ΔT_{\min} визначається по мінімальному відхиленню маси зерна на гвинтовому конвеєрі Δm_{\min} , яке може зареєструвати ваговий пристрій, і мінімальному відхиленню витрати $\Delta \rho_{\min}$ в межах заданих метрологічних характеристик

$$\Delta T_{\min} = \frac{\Delta m_{\min}}{\Delta \rho_{\min}} \quad (4.1)$$

Величина $\Delta m_{\text{мін}}$ встановлюється за метрологічними параметрами тензоперетворювачів – найбільшою межею зважування і класом точності

$$\Delta m_{\text{мін}} = 100 \cdot \frac{0,05}{100} = 0,05 \text{ кг}.$$

Відхилення $\Delta \rho_{\text{мін}}$ визначається для компонента з мінімальною витратою по продуктивності стенда і похибці стабілізації витрати ($\pm 3\%$)

$$\Delta \rho_{\text{мін}} = \frac{2200}{3600} \cdot 0,2 \cdot \frac{3}{100} = 0,0037 \text{ кг/с}.$$

Підставивши значення $\Delta m_{\text{мін}}$ і $\Delta \rho_{\text{мін}}$ в (3.1), отримаємо

$$\Delta T_{\text{мін}} = 13,5 \text{ с}.$$

Запізнення гвинтового конвеєра $\tau_{\text{к}}$ визначається аналітично по середній швидкості транспортування зерна та довжині конвеєра

$$\tau_{\text{к}} = \frac{l_{\text{к}}}{v_{\text{сер}}}, \quad (4.2)$$

де $v_{\text{сер}} = \frac{Q}{F \cdot \wp}$ - середня швидкість транспортування зерна, м/с;

$l_{\text{к}}$ - довжина конвеєра від першого входу до виходу, м;

Q - продуктивність стенду, кг/с;

$F = \frac{\pi D^2}{4} \Psi$ - площа поперечного перерізу шару зерна в конвеєрі;

D - діаметр гвинта, м;

Ψ - ступінь заповнення гвинта;

\wp - об'ємна маса зерна, кг/м³;

При $l_{\text{к}}=4$ м, $Q = 2200 / 3600$ кг/с, $D=0,2$ м, $\wp = 0,8 \cdot 10^3$ кг/м³, $\Psi=0,7$

отримаємо

$$v_{\text{сер}} = 0,0346 \text{ м/с і } \tau_{\text{к}} = 115,6 \text{ с}.$$

Оскільки $\Delta T_{\text{мін}} \ll \tau_{\text{к}}$, то основна умова для ідентифікації компонентів виконується при забезпеченні заданої точності стабілізації витрат компонентів.

Посилення умови $\Delta T_{\text{мін}} \ll \tau_k$ забезпечується розміщенням бункера з компонентом мінімальної витрати на першому вході при

$$l_1 = l_k; l_2 = 2/3 l_k; l_3 = 1/3 l_k.$$

Розрахована величина τ_k уточнюється експериментально і вводиться в пам'ять мікроконтролера керування.

Підготовка і включення стенда в роботу здійснюється за спеціальною методикою, яка передбачає:

- попереднє тарування живильників з витратомірами (РРЗ);
- тарування багатоконпонентного ваговимірювального пристрою з гвинтовим конвеєром;
- дослідження процесу багатоконпонентного дозування при дії стрибкоподібного збурення.

Тарування живильників проводиться шляхом відбору проб зерна за фіксований проміжок часу і зняття показань витратомірів з урахуванням номінально заданих витрат компонентів у співвідношенні до типового складу помольної суміші (0,5 : 0,3 : 0,2). Тарування виконують для номінальної витрати і витрати, зменшеної у 2 рази. Зважування проб зерна провадять на контрольних вагах класу 0,02.

Тарування багатоконпонентного ваговимірювального пристрою виконується після завершення робіт по таруванню живильників. Роботи виконуються послідовно для кожного компоненту окремо і при увімкненні всіх трьох живильників.

Для тарування пристрою при роботі одного живильника вмикають привод відповідного живильника, встановлюють номінальну витрату по інформації від витратоміра і вмикають привід гвинтового конвеєра. При висипанні зерна з виходу конвеєра приводи живильника і конвеєра вимикаються одночасно. Вмикають привод гвинтового конвеєра і розвантажують зерно в лоток для контрольного зважування. Дослід проводять 5 разів і повторюють для витрати 0,5 від номінальної.

Подібним чином здійснюють тарування ваговимірювального пристрою при увімкнених всіх трьох живильниках.

Функціонування стенду в режимі дослідження процесу багатокомпонентного дозування забезпечує мікроконтролер за спеціальним алгоритмом. Алгоритм роботи передбачає:

- запуск у відповідній послідовності приводів гвинтового конвеєра та засувок живильників;
- встановлення заданого співвідношення між витратами зерна з бункерів (0,2:0,3:0,5);
- обробку інформації від тензоперетворювачів витратомірів і індикацію витрат на екрані монітора;
- обробку інформації від тензоперетворювачів багатокомпонентного ваговимірювального пристрою і індикацію маси зерна на гвинтовому конвеєрі;
- розрахунок мас зерна на гвинтовому конвеєрі по кожному бункеру по інформації про витрати від живильників до виходу гвинтового конвеєра;
- визначення параметрів ідентифікації бункерів, витрата зерна з яких змінилась при дії збурень, і стабілізацію витрат;
- автоматичну установку і контроль заданих швидкостей гвинтового конвеєра, розрахунок витрат зерна з бункерів і їх стабілізацію при дії збурень.

Імітацію стрибкоподібних збурень здійснює оператор – дослідник за допомогою приводів ручного управління засувок живильників.

Робота стенда в режимі дослідження здійснюється в автоматичному режимі включно з проведенням всіх необхідних розрахунків та обробкою і поданням інформації.

Результати досліджень процесу багатокомпонентного дозування при дії на процес збурень відображають часові діаграми (рисунку 4.3 – 4.5). На рисунку 4.3 приведені часові діаграми витрат (рисунку 4.3а) і маси (рисунку 4.3б) при дії збурення на витрату першого живильника. Збурення введене оператором –

дослідником шляхом прикриття засувки живильника за допомогою ручного привода. Дія збурення призводить до відхилення витрати ρ_1 на величину $\Delta\rho_1$ і відносного зменшення сумарної витрати ρ_c стенда.

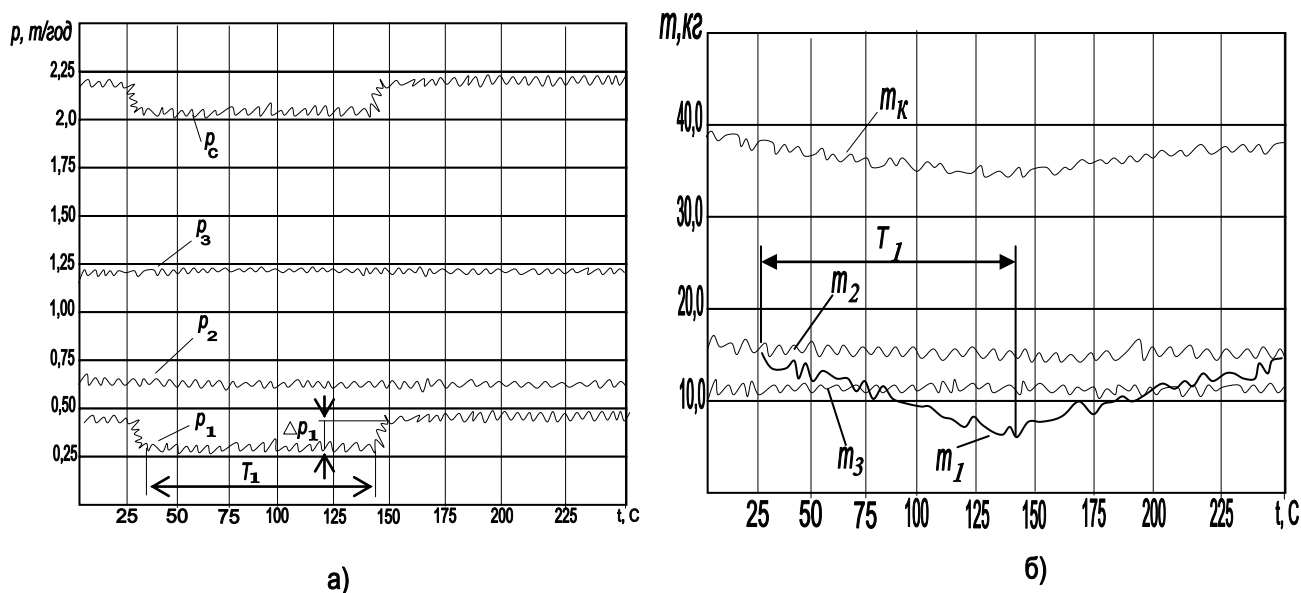


Рисунок 4.3 – Часові діаграми зміни витрат (а) і маси (б) зерна на конвеєрі при дії стрибкоподібного збурення на витрату зерна з першого бункера:

$\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_c$, – витрати зерна відповідно з першого, другого, третього бункерів та стенду; m_1, m_2, m_3, m_κ – маси зерна з першого, другого, третього бункерів та на конвеєрі

Зменшення витрати ρ_1 викликає лінійне зменшення маси зерна m_1 (рисунок 3.3б) на гвинтовому конвеєрі від першого бункера m_1 , а також сумарної маси зерна m_κ на гвинтовому конвеєрі. Масу m_κ безперервно з дискретністю $\Delta t \leq \tau_{\min}$ ($\tau_{\min} = \tau_3$) контролює контролер керування, який також розраховує відхилення витрати $\Delta\rho_1$ і відраховує тривалість відхилення маси T_1 з моменту його реєстрації до моменту, коли маса m_κ стає незмінною. По величині T_1 ідентифікується живильник, витрату зерна з якого необхідно збільшити при виконанні умови

$$\tau_1 \geq T_1 > \tau_2.$$

Після ідентифікації живильника мікроконтролер видає команду на збільшення витрати ρ_1 на величину $\Delta\rho_1$, привод відкриває засувку живильника,

витрата ρ_1 зростає до заданого значення, маса зерна на гвинтовому конвеєрі лінійно зростає і через запізнення τ_1 стабілізується.

Характер зміни витрат і маси зерна на гвинтовому конвеєрі при дії збурення на витрату зерна з бункера 2 (рисунок 4.4) і бункера 3 (рисунок 4.5) подібний до розглянутих діаграм для бункера 1, а умови ідентифікації живильників подаються в вигляді

$$\tau_2 \leq T_2 < \tau_3, \quad \tau_3 \leq T_3 < \tau_2.$$

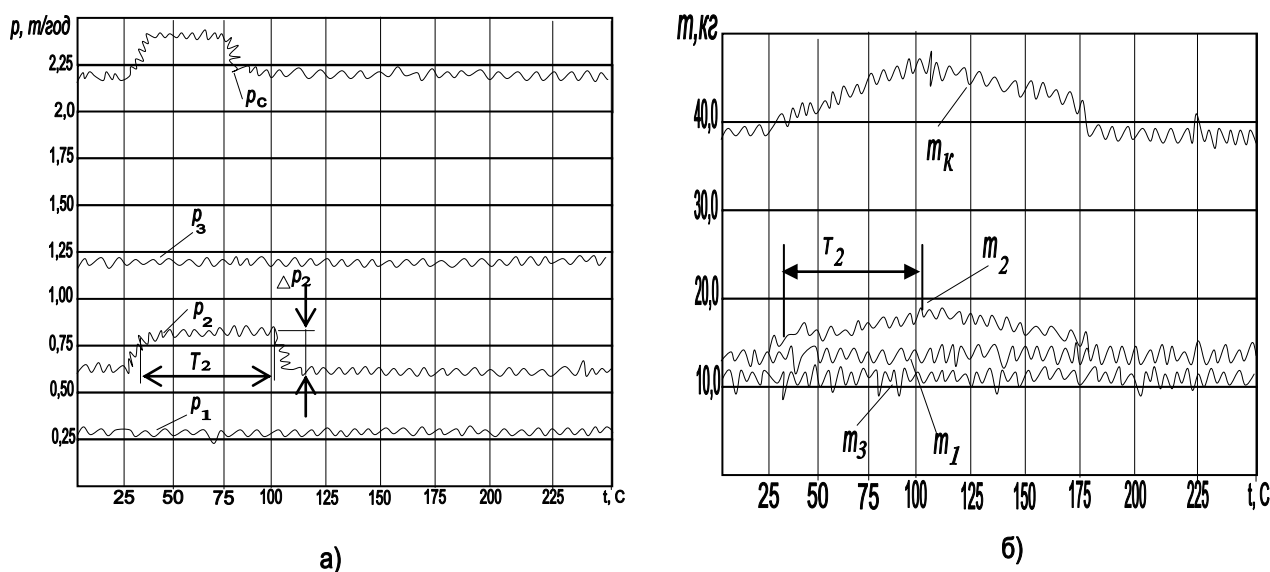


Рисунок 4.4 – Часові діаграми зміни витрат (а) і маси (б) зерна на конвеєрі при дії стрибкоподібного збурення на витрату зерна з другого бункера:

$\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_c$, – витрати зерна відповідно з першого, другого, третього бункерів та стенду; m_1, m_2, m_3, m_k – маси зерна з першого, другого, третього бункерів та на конвеєрі

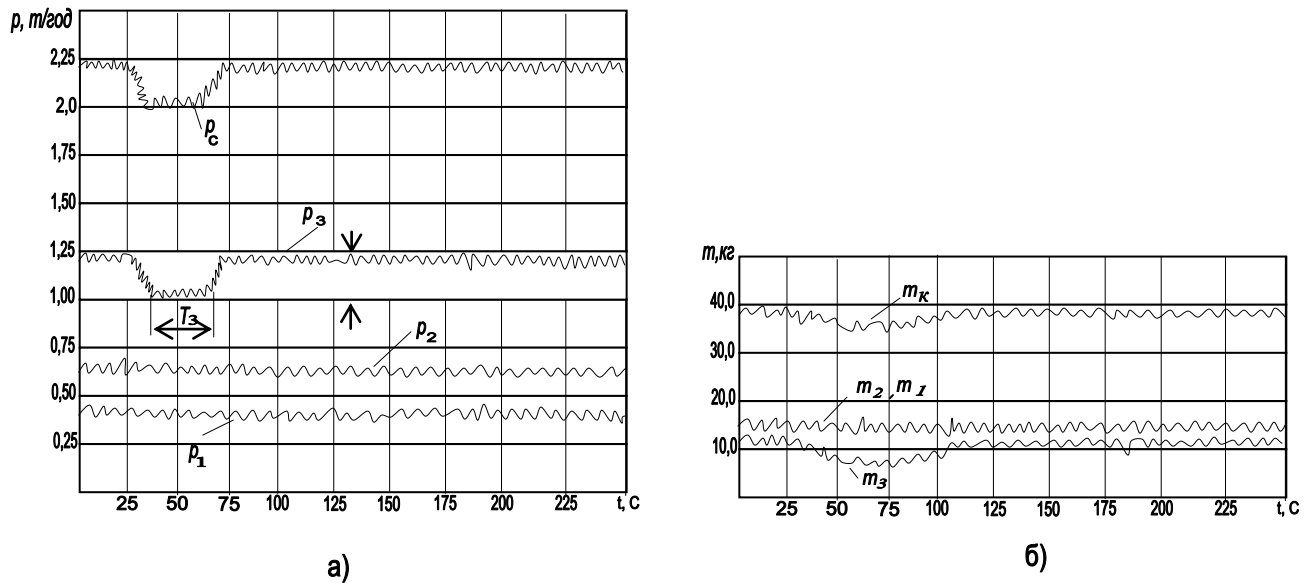


Рисунок 4.5 – Часові діаграми зміни витрат (а) і маси (б) зерна на конвеєрі при дії стрибкоподібного збурення на витрату зерна з третього бункера:
 $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_c$ – витрати зерна відповідно з першого, другого, третього бункерів та стенду; m_1, m_2, m_3, m_k – маси зерна з першого, другого, третього бункерів та на конвеєрі

Тривалість перехідного процесу по стабілізації витрат визначається запізненнями компонентів.

Дослідження методу багатоконпонентного дозування на основі вимірювання маси зерна на гвинтовому конвеєрі при різних фіксованих значеннях швидкості обертання гвинта виконане для випадку дії збурення на витрату всіх живильників при співвідношенні між витратами 0,2:0,3:0,5 (рисунок 4.6).

Для стабілізації витрат зерна з бункерів при дії збурень необхідно визначити фактичні витрати зерна, встановити відхилення фактичних витрат від заданих значень та сформулювати керуючі впливи на приводи засувки живильників.

Ці операції реалізуються мікроконтролером керування, причому розрахунок фактичних витрат проводиться за системою рівнянь

$$\left. \begin{aligned} \rho_1 \tau_{11} + \rho_2 \tau_{21} + \rho_3 \tau_{31} &= m_1 \\ \rho_1 \tau_{12} + \rho_2 \tau_{22} + \rho_3 \tau_{32} &= m_2 \\ \rho_1 \tau_{13} + \rho_2 \tau_{23} + \rho_3 \tau_{33} &= m_3, \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

де $\tau_{ij} = \frac{l_i}{v_{серj}}$;

$v_{серj} = kn_j$;

τ_{ij} – запізнення і-го живильника при j-й швидкості обертання гвинта;

$v_{серj}$ – середня швидкість транспортування зерна при j-й швидкості обертання гвинта;

n_j – швидкість обертання гвинта;

k – коефіцієнт пропорційності.

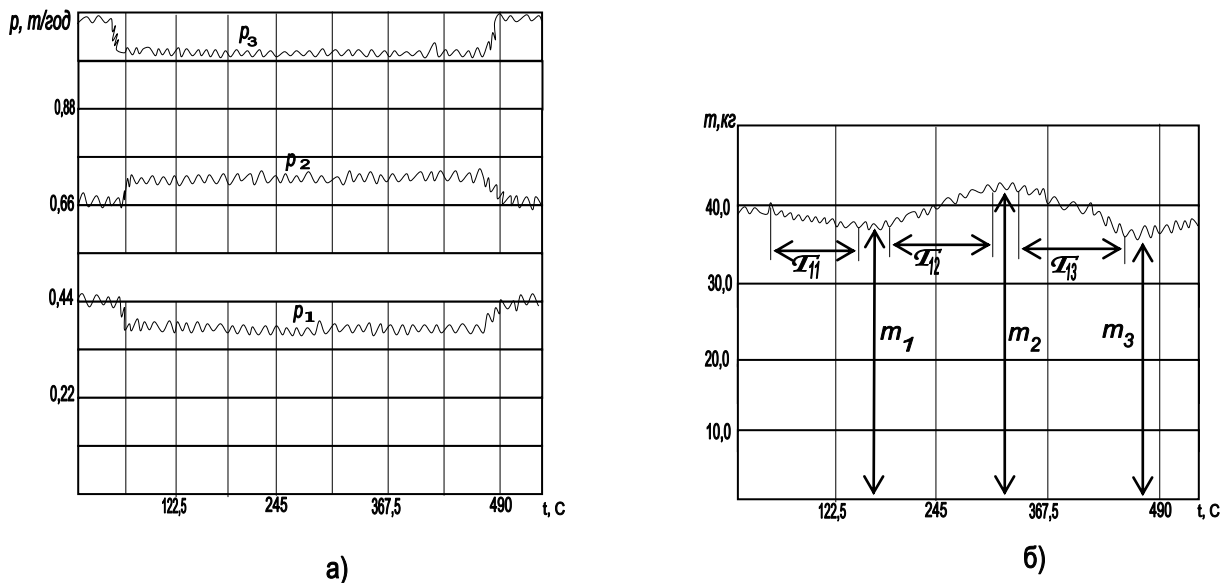


Рисунок 4.6 – Часові діаграми зміни витрат (а) і маси (б) зерна на конвеєрі при дії стрибкоподібного збурення на витрати для трьох фіксованих значень швидкості обертання гвинта конвеєра.

Параметри τ_{ij} – в системі (4.3) визначаються експериментально шляхом замірів при фіксованих швидкостях n_j або розрахунком за параметром $v_{серj}$, який визначається попередньо для фіксованих значень n_j .

Маси m_1, m_2, m_3 зерна на конвеєрі визначаються по інформації від тензоперетворювачів для фіксованих значень швидкості обертання гвинта n_j .

Експериментальні дані параметрів для трьох фіксованих значень швидкості обертання гвинта наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Експериментальні дані параметрів для розрахунку витрат зерна

| n = 140 об/хв | | | | n = 130 об/хв | | | | n = 150 об/хв | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------|---------------|-------------|-------------|-------|---------------|-------------|-------------|-------|
| τ_{11} | τ_{21} | τ_{31} | m_1 | τ_{12} | τ_{22} | τ_{32} | m_2 | τ_{13} | τ_{23} | τ_{33} | m_3 |
| 115,6 | 77,0 | 38,5 | 38,56 | 124,5 | 83,0 | 41,5 | 41,50 | 107,9 | 71,9 | 36,0 | 35,97 |

Розв'язання системи (4.3) за експериментальними даними (таблиця 4.1), яке виконує мікроконтролер керування стендом, дозволяє визначити витрати ρ_1, ρ_2 і ρ_3 : $\rho_1 = 0,11$ кг/с; $\rho_2 = 0,20$ кг/с; $\rho_3 = 0,27$ кг/с. Відхилення витрат від заданих уставок складають:

$$\Delta\rho_1 = 0,122 - 0,110 = 0,012 \text{ кг/с};$$

$$\Delta\rho_2 = 0,183 - 0,200 = - 0,017 \text{ кг/с};$$

$$\Delta\rho_3 = 0,305 - 0,270 = 0,035 \text{ кг/с}.$$

На рисунок 4.6 приведені часові діаграми зміни витрат і маси зерна на гвинтовому конвеєрі при одночасній дії збурень на витрати зерна від всіх живильників, причому витрати ρ_1 і ρ_3 зменшені на 10%, а витрата ρ_2 збільшена на 10%. Розрахункові дані $\Delta\rho_i$, а також часові діаграми підтверджують такі параметри дії збурень.

Перехідний процес стабілізації витрат при дії збурень для методу визначення витрат на трьох фіксованих швидкостях обертання гвинта конвеєра триває до встановлення маси зерна на конвеєрі для третьої фіксованої швидкості, а його тривалість T_n відповідає умові

$$T_n \geq \tau_{11} + \tau_{12} + \tau_{13}.$$

4.3 Експериментальні дослідження процесу гідротермічної обробки зерна

Дослідження процесу гідротермічної обробки зерна спрямовані на підтвердження і уточнення основних теоретичних положень, зокрема:

- ідентифікацію параметрів моделі процесу з урахуванням основної фізико-механічної характеристики – міцності зерна та виходу круподунстових продуктів в дертяному процесі;
- уточнення параметрів технологічних схем зволоження зерна, в першу чергу з застосуванням машин для миття та мокрого лушення зерна;
- дослідження технологічних схем зволоження з машинами мокрого лушення зерна для розробки нових засобів і методів керування процесом.

Для ідентифікації параметрів моделі проведені дослідження для встановлення залежностей міцності зерна при подрібненні та виходу крупної крупки від вологості зерна.

Міцність зерна визначалась для скловидності 60% в діапазоні вологості 14 ... 18%. З ростом вологості міцність зерна збільшується (рисунок 4.7), причому в діапазоні робочих вологостей (14 ... 16%) залежність носить лінійний характер. Ці дані корелюються з дослідженнями [10, 34], які пояснюють причини таких змін: з ростом вологості підвищується опір зерна руйнуванню, знижується мікротвердість і збільшується питома витрата електроенергії на його подрібнення, що пояснюється збільшенням пластичності зерна.

Лінійний характер залежності міцності зерна від вологості дозволяє виразити модель “міцність – вологість” в простій лінійній формі

$$M = K_1 + K_2 W_3 \quad (4.4)$$

Коефіцієнти в рівнянні (4.4) визначаються експериментально для встановленої скловидності зерна:

Графіки зміни міцності від вологості для різних значень скловидності зерна ідентичні і відрізняються абсолютними значеннями міцності: чим більша

скловидність, тим більше абсолютне значення міцності зерна для певного значення вологості.

З якісних показників зерна, які впливають на його структурно-механічні властивості, визначальним є скловидність – параметр, що характеризує консистенцію ендосперму. Це твердження ґрунтується на чисельних дослідженнях [32, 34].

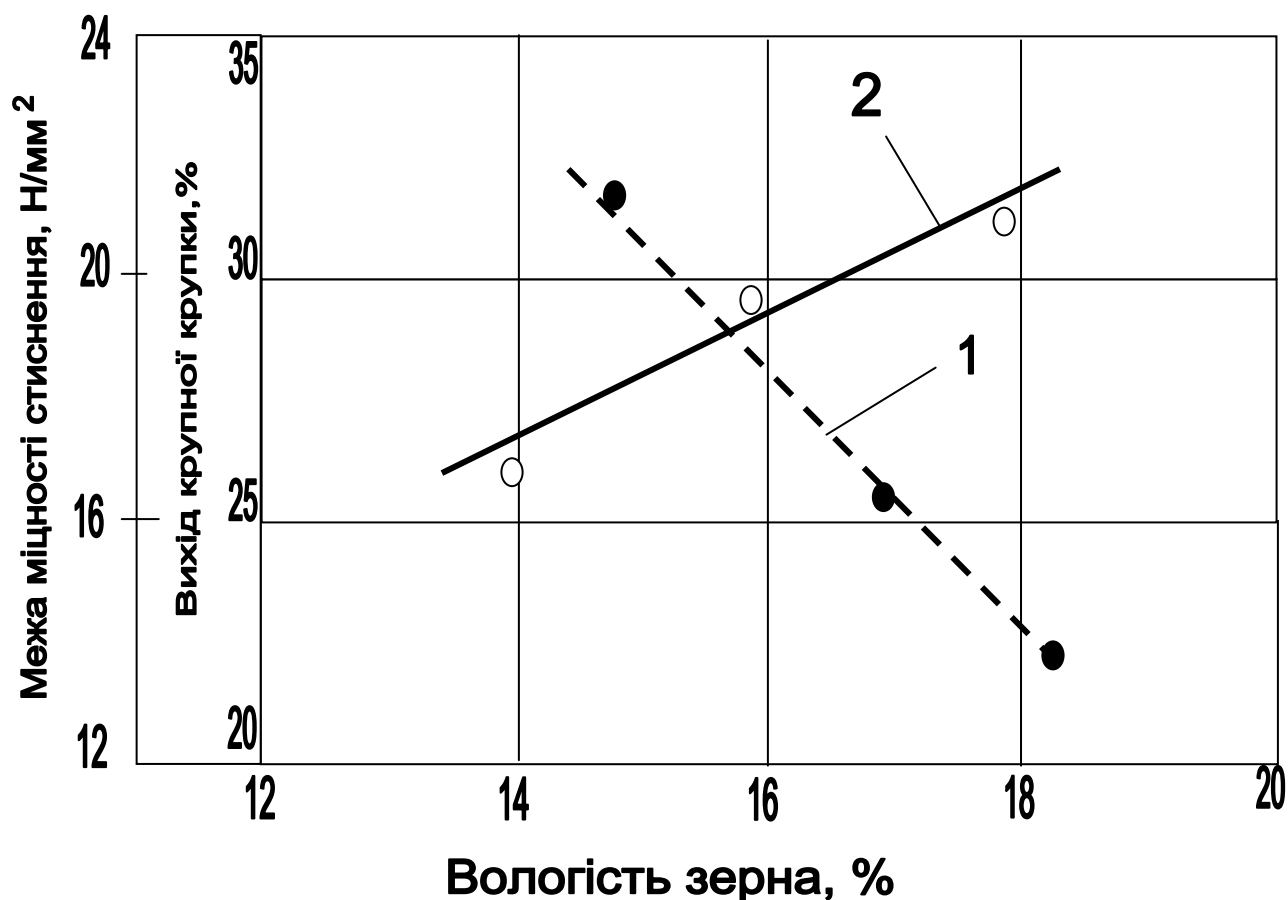


Рисунок 4.7 – Залежність виходу крупної крупки (1) та міцності зерна (2) від його вологості

З ростом скловидності міцність зерна при заданій вологості пропорційно зростає (рисунок 4.8). Цю залежність можна формалізувати простою лінійною формою

$$M = K_3 + K_4C \quad (4.5)$$

Коефіцієнти K_3 і K_4 визначаються експериментально для заданої 4 зерна. Модель (4.5) використовується для корегування моделі (4.4) при зміні скловидності зерна.

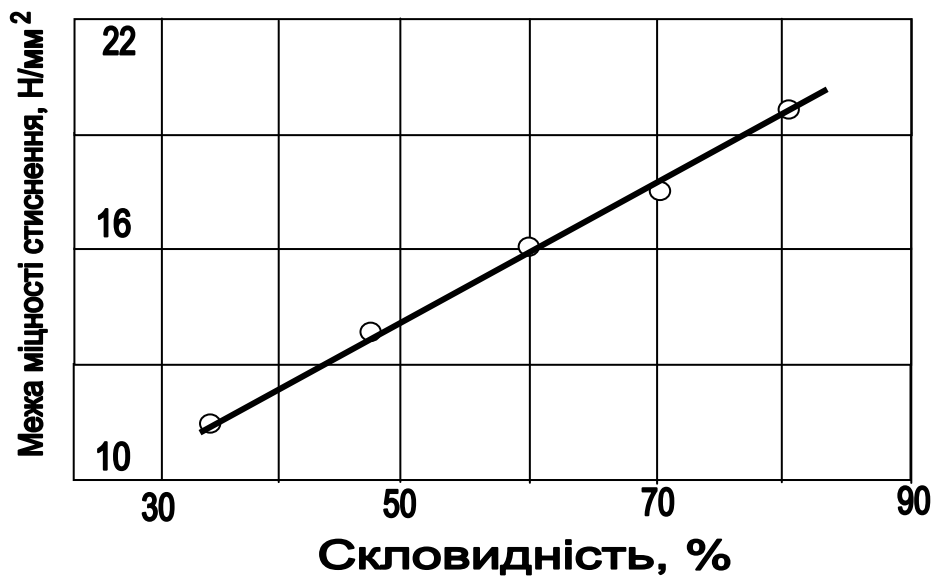


Рисунок 4.8 – Залежність міцності зерна від його скловидності

З урахуванням залежностей (4.4) та (4.5) оператор F_m можна подати в лінійній формі

$$M = K_5 + K_2 W_3 + K_4 C. \quad (4.6)$$

Модель (4.6) використана для оптимізації структури і алгоритмічного забезпечення розробленої КІА системи керування вологістю зерна з урахуванням одного з найважливіших фізико-механічних показників – міцності зерна, що йде на переробку.

Не менш важливим показником якості підготовки зерна до помолу є вихід круподунстових продуктів, в першу чергу крупної та середньої крупки.

Дослідженнями [34] встановлено, що вихід круподунстових продуктів пропорційно зменшується з ростом вологості зерна (див. рисунок 4.7).

Цю залежність можна подати в простій лінійній формі

$$D = K_6 + K_7 W_3 \quad (4.7)$$

Коефіцієнти K_6 і K_7 в (4.7) визначаються експериментально.

Модель (4.7) можна використовувати для корегування вологості зерна, що йде на переробку, для забезпечення встановлених технологією норм виходів круподунстових продуктів з дертяних систем.

Основні експериментальні дані по дослідженню процесу гідротермічної обробки зерна наведені в таблиця 4.2.

Таблиця 4.2 – Залежність виходу крупної крупки та міцності зерна від вологості для різної скловидності

| Вологість, % | Скловидність 40% | | Скловидність 60% | |
|--------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | Міцність, Н/мм ² | Вихід крупної крупки, % | Міцність, Н/мм ² | Вихід крупної крупки, % |
| 14 | 12,2 | 30,0 | 16,6 | 33,0 |
| 15 | 13,8 | 28,0 | 17,8 | 31,0 |
| 16 | 14,2 | 25,5 | 19,5 | 28,0 |
| 17 | 15,0 | 23,0 | 20,2 | 25,5 |
| 18 | 15,6 | 22,0 | 21,0 | 23,0 |

Зважаючи на виняткове значення виходів круподунстових продуктів дертяних систем, в яких задіяні потужні машинні і енергетичні ресурси, важливим напрямком досліджень є розробка методів і пристроїв для контролю виходів, в першу чергу з першої дертяної системи. Така стратегія забезпечує оперативне втручання в процес підготовки зерна по інформації на вході процесу помолу.

На основі ґрунтовних досліджень процесу помолу зерна [10, 11, 34, 40, 41] вироблені норми виходів круподунстових продуктів і борошна в дертяному процесі. Ці норми встановлюються правилами організації технологічного процесу [40, 41] і для хлібопекарського помолу наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вихід круподунстових продуктів і борошна в драному процесі хлібопекарського помолу

| Системи | Вихід круподунстових продуктів, % | | | Дунсти | Вихід борошна, % | Загальний вихід, % |
|---------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|
| | Крупки | | | | | |
| | крупна | середня | дрібна | | | |
| I драна | 7...9 | 8...10 | 3...5 | 3...5 | 4...6 | 25...30 |
| II драна | 10...12 | 12...14 | 6...8 | 6...7 | 6...8 | 40...45 |
| III драна | - | 2...4 | 3...4 | 3...5 | 3...5 | 11...13 |
| Разом | 18...19 | 22...24 | 12...15 | 12...15 | 13...15 | 76...80 |
| IV драна | - | - | 1...2 | 2...3 | 3...4 | 5...7 |
| V драна | - | - | - | 1...2 | 1...2 | 2...3 |
| Усього | 18...20 | 22...24 | 14...16 | 15...17 | 18...20 | 85...87 |

Для забезпечення встановлених норм і оптимізації процесу зернопереробки важливо здійснювати безперервний контроль виходів [26].

Контроль виходів Ді драних систем пов'язаний з певними технічними складнощами, обумовленими характеристиками складових продуктів та їх розподіленням розсівами на декілька потоків (до 4-х потоків). З цієї причини безпосередній контроль виходів Ді вимірюванням витрати їх складових є невиправданим і з економічних причин, бо потребує для кожного виходу Ді до чотирьох пристроїв вимірювання витрати.

Запропонована схема контролю виходів Ді драних систем (рисунок 4.9) з мінімізацією технічних засобів контролю і реалізацією вимірювання витрат продуктів, що надходять на входи II –IV драних систем.

Схема включає встановлені в самопливах продуктів на входах драних систем витратоміри 1 та обчислювальний блок 2.

В якості витратомірів використовуються регулятори витрати або витратоміри інших типів, наприклад типу FMD фірми «Шенк» (Німеччина).

Ці витратоміри легко монтуються в самопливи діючих технологічних процесів, мологабаритні (розмір по висоті до 660 мм), надійні при вимірюванні витрати важкосипучих борошняних та пилоподібних сумішей.

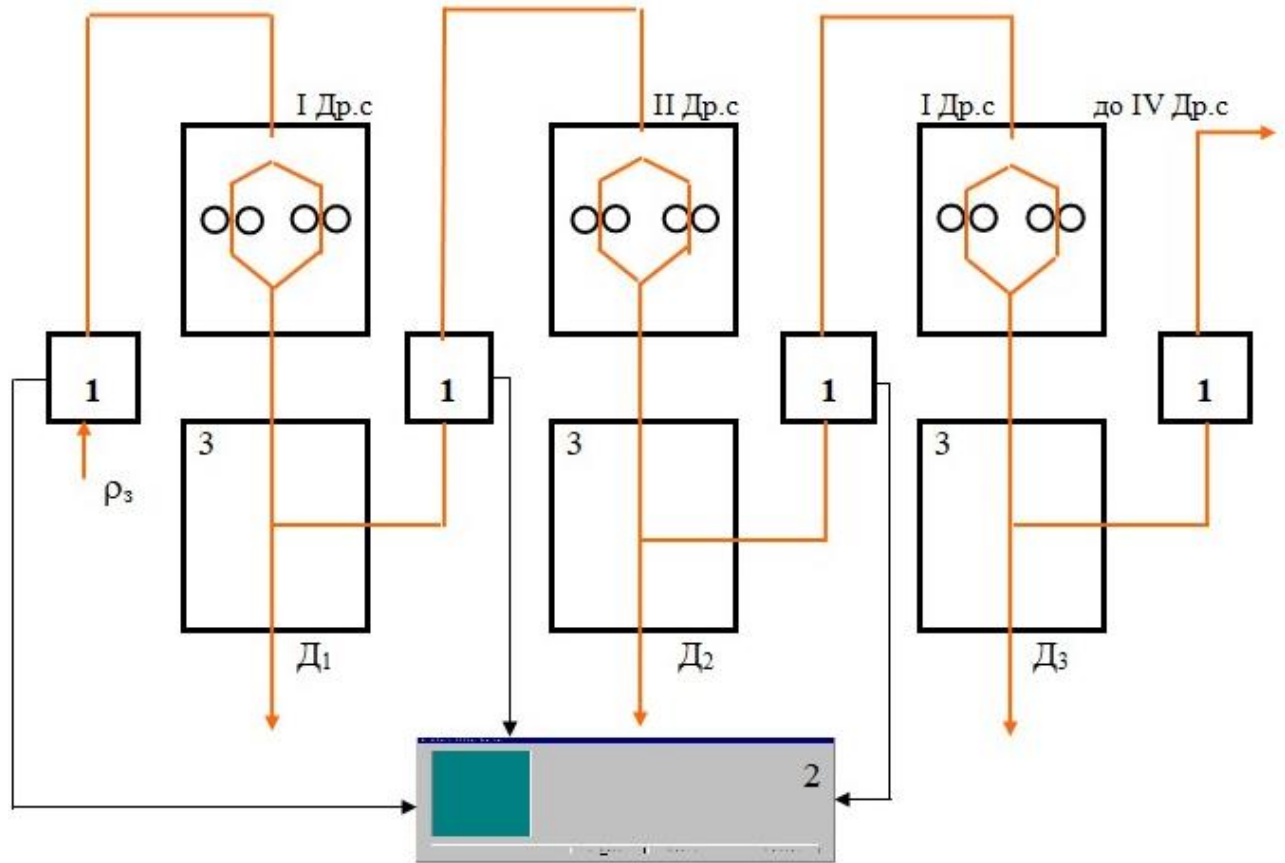


Рисунок 4.9 – Пристрій контролю виходів (добутків) драних систем:
1 – витратомір; 2 – мікроконтролер; 3 – розсів.

Функції обчислювального блока 2 виконує мікроконтролер автоматизованої системи керування та контролю процесом помолу.

Співвідношення для розрахунків D_i мають вигляд

$$\left. \begin{aligned} D_1 &= \rho_3 - \rho_{2\partial}; \\ D_2 &= \rho_{2\partial} - \rho_{3\partial}; \\ D_3 &= \rho_{3\partial} - \rho_{4\partial} \end{aligned} \right\} \quad (4.8)$$

Попередні експериментальні випробування запропонованого методу і пристрою контролю виходів дертяних систем підтверджують їх високі технічні можливості і при впровадженні забезпечать стабілізацію і оптимізацію зернопереробки.

Виконані експериментальні дослідження основних технологічних схем зволоження зерна. з застосуванням машин для миття і зволожувальних апаратів; машин мокрого лушення і зволожувальних апаратів і апаратів для інтенсивного зволоження. Дослідження проводились для встановлення енергетичних показників схем і їх впливу на процес зволоження і його керованість.

Дослідженнями встановлено, що при застосуванні технологічних схем зволоження зерна з машинами для миття Ж9-БМА технологічні вимоги до зволоження не дотримуються для зерна всіх типів і значень скловидності при початковій вологості 11,0 ... 13,5% (таблиця 4.4).

При застосуванні машин для мокрого лушення зерна вимоги до зволоження дотримуються практично для всіх типів зерна, його скловидності і вихідної вологості. Для забезпечення необхідного приросту вологості зерна необхідно встановлювати певний рівень води в ванні для миття, що можна здійснити за допомогою змінної кришки: при високій вологості зерна суцільну кришку замінюють на кришку з отворами.

Неконтрольованість і некерованість подачі води в машину для мокрого лушення зерна обумовлюють нестабільність процесу зволоження зерна в машині і виникнення значного неконтрольованого збурення на процес зволоження, що необхідно враховувати при проектуванні системи керування зволоженням зерна.

Енергетичні показники технологічних схем зволоження оцінювались за питомими витратами води і електроенергії (таблиця 4.5).

Таблиця 4.4 – Дотримання вимог технології зволоження зерна при застосуванні машин для миття і машин мокрого лушення

| Тип зерна | Скловидність зерна, % | Вихідна вологість зерна, % | Приріс вологості на 1-ій стадії, % | Дотримання вимог при застосуванні | | |
|-----------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------|
| | | | | машин для миття | машин мокрого лушення | |
| I, III | > 60 | ≤ 11,0 | 2,5...3,0 | дотримуються | дотримуються | |
| | | 11,0...12,5 | 2,0...2,5 | недотримуються | дотримуються | |
| | | 12,5...13,5 | 2,5...3,0 | дотримуються | дотримуються | |
| | 40...60 | ≤ 11,0 | 2,5...3,0 | дотримуються | дотримуються | |
| | | 11,0...12,5 | 2,0...2,5 | недотримуються | дотримуються | |
| | | 12,5...13,5 | 1,5...2,0 | недотримуються | недотримуються | |
| | < 40 | ≤ 11,0 | 2,0...2,5 | недотримуються | дотримуються | |
| | | 11,0...12,5 | 2,0...2,5 | недотримуються | дотримуються | |
| | | 12,5...13,5 | 1,0...1,5 | недотримуються | недотримуються | |
| | IV | > 60 | ≤ 11,0 | 3,0...3,5 | дотримуються | дотримуються |
| | | | 11,0...13,5 | 2,5...3,0 | дотримуються | дотримуються |
| | | | 13,5...14,5 | 2,0...2,5 | недотримуються | дотримуються |
| 40...60 | | ≤ 11,0 | 3,0...3,5 | дотримуються | дотримуються | |
| | | 11,0...13,5 | 2,5...3,0 | дотримуються | дотримуються | |
| | | 13,5... 4,5 | 1,5...2,0 | недотримуються | недотримуються | |
| < 40 | | ≤ 11,0 | 2,5...3,0 | дотримуються | дотримуються | |
| | | 11,0...13,5 | 1,5...2,5 | недотримуються | дотримуються | |
| | | 13,5...14,5 | 1,0...1,5 | недотримуються | недотримуються | |

За питомою витратою електроенергії найбільш енергоємною є схема з машиною для мокрого луцення, а за питомою витратою води – схема з машиною для миття, в якій цей показник в десятки разів перевищує аналогічні показники для інших схем.

Таблиця 4.5 – Приріст вологості та енергетичні показники основних схем першої стадії холодного кондиціювання зерна

| Показники | Схеми холодного кондиціювання | | |
|--|---|---|--------------------------------|
| | машина для миття та зволожувальний апарат | машина мокрого луцення та зволожувальний апарат | апарат інтенсивного зволоження |
| Максимальний приріст вологості зерна, % | 7,0 | 6,0 | 5,0 |
| Мінімальний приріст вологості зерна, % | 3,0 | 2,0 | 0,2 |
| Питома витрата води, л/кг зерна | 1,05 | 0,25 | 0,06 |
| Питома витрата електроенергії, кВт/т зерна | 1,058 | 1,866 | 1,250 |

Дослідження технологічних схем зволоження зерна показують, що застосування машин для миття призводить до порушення технологічних вимог до зволоження. З цієї причини такі схеми не можна рекомендувати для технологічних процесів зернопереробки: недотримання вимог до зволоження зерна призведе до значних витрат при помолі зерна через зменшення виходів продукції. Крім того, застосування машин для миття пов'язане зі значними витратами на сам процес миття та утилізацію стічних вод.

Схеми з машинами для мокрого луцення зерна забезпечують дотримання вимог до зволоження зерна, проте через неконтрольованість подачі води в машини вносять суттєві збурення в процес зволоження, що необхідно враховувати при розробці систем керування зволоженням, вдосконалення їх структур, алгоритмічного і програмного забезпечення.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Розробка систем автоматичного керування та контролю процесом підготовки зерна

Виконані теоретичні та експериментальні дослідження процесів формування помольної суміші та гідротермічної обробки зерна створюють основу для розробки систем контролю та керування, зокрема по розрахунку оптимального складу помольної суміші, дозуванню компонентів і формуванню помольної суміші, а також автоматизованих систем керування процесом гідротермічної обробки зерна.

При розробці систем формування помольної суміші особлива увага приділена дозуванню компонентів зерна на базі запропонованих нових методів багатокомпонентного дозування.

Розробка систем гідротермічної обробки зерна зорієнтована, в першу чергу, на технологічні схеми зволоження з застосуванням машин мокрого луцення і зволожувальних апаратів. Для таких схем розроблені раніше системи не забезпечують необхідної точності стабілізації вологості з причин дії суттєвого збурення від машин мокрого луцення зерна і труднощів контролю вологості на виході машини через наявність поверхневої води на зерні, що обумовлює значні похибки вимірювань. Для подолання цих труднощів і оптимізації систем керування зволоженням запропоновані нові методи і алгоритми контролю та керування, які використовуються в розроблених системах.

5.2 Автоматизована система розрахунку та формування складу помольної суміші.

В основу розробки автоматизованої системи розрахунку та формування складу помольної суміші покладені виконані теоретичні дослідження моделі помольної суміші, а також теоретичні і експериментальні дослідження процесу і систем багатокомпонентного дозування [22, 24, 52, 54].

В загальному вигляді система включає (рисунок 5.1) блок 1 розрахунку складу помольної суміші, блок 2 мікроконтролера керування та блок 3 дозаторів компонентів зерна.

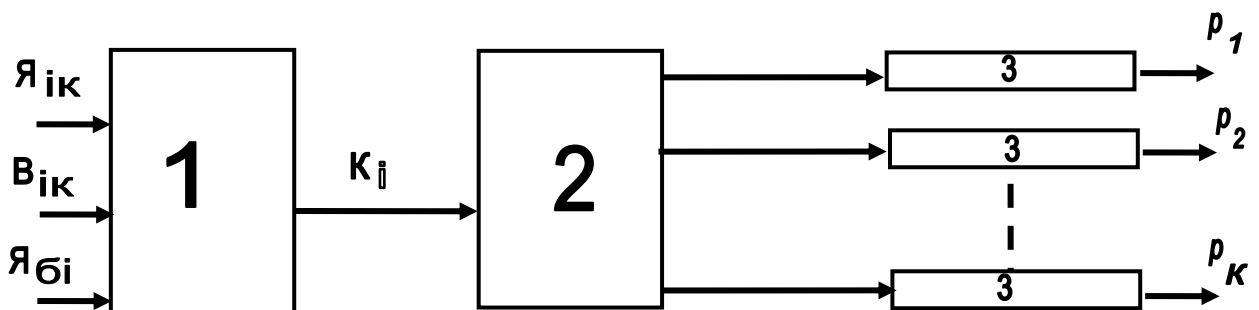


Рисунок 5.1 – Спрощена структурна схема автоматизованої системи формування помольної суміші:

- 1 – блок розрахунку складу помольної суміші;
- 2 – мікроконтролер;
- 3 – дозатори компонентів

Блок 1 реалізується на базі персональної ЕОМ типу ІВМ РС/АТ з пакетом програм оптимізації складу зернової суміші мінімальної вартості на основі методу лінійного програмування.

Для розрахунків в ПЕОМ вводиться вся необхідна інформація: якісні показники компонентів зерна Y_{ik} та борошна Y_{bi} , а також вартість компонентів зерна V_{ik} .

Показниками якості зерна і борошна прийняті визначальні показники – кількість та якість клейковини і число падіння. Розрахунки здійснюються у

відповідності з моделлю (3.1), яка визначається в залежності від числа компонентів зерна.

Мікроконтролер 2 – програмно-технічний засіб з мікропроцесором, модулями вводу-виводу дискретних та аналогових сигналів, обробки інформації та реалізації алгоритму контролю та керування. В системі використовується мікроконтролер “Modicon TSX Micro” фірми Шнайдер Електрик – світового лідера по розробці і виробництву мікроконтролерів.

Контролери фірми Шнайдер відрізняються високою надійністю, відповідають вимогам відкритих систем, забезпечені інструментальними системами для програмування і пройшли всебічні виробничі випробування в автоматизованих системах для зернопереробних підприємств.

Програмування і відлагодження програм виконується за допомогою:

- ручного терміналу-програматора FTX117 (мова програмування “Instruction List-IL”);
- IBM – сумісної ПЕОМ (дві мови програмування: IL або графічна мова релейно-контакторних схем “Ladder Diagrams” – LD).

Дозатори 3 компонентів зерна пропонуються в двох варіантах: з використанням регуляторів витрати для кожного компонента або дозатора з багатокомпонентним ваговимірювальним пристроєм на базі встановленого на тензоопори збірною конвеєра під бункерами зерна.

Основні умови при виборі дозаторів – їх вартість та можливість монтажу під силосами з зерном. Використання регуляторів забезпечує точність дозування компонентів з похибкою $\pm 2\%$, відрізняється простотою відлагодження і тарування, проте потребує значних коштів на закупівлю пристроїв і забезпечення розміру між вихідним патрубком бункера і збірним конвеєром не менше 700 мм (рисунок 5.2а).

При використанні для дозування компонентів запропонованого методу і багатокомпонентного ваговимірювального пристрою на базі встановленого на тензоопори збірною конвеєра (рисунок 5.2б) розмір по висоті зменшується в 2

рази (визначається розміром засувки 3), а вартість такого дозатора зменшується в 5-10 разів.

Дозатор забезпечує похибку дозування компонентів (співвідношення між витратами) до $\pm 2\%$, що достатньо з технологічних вимог до формування помольної суміші.

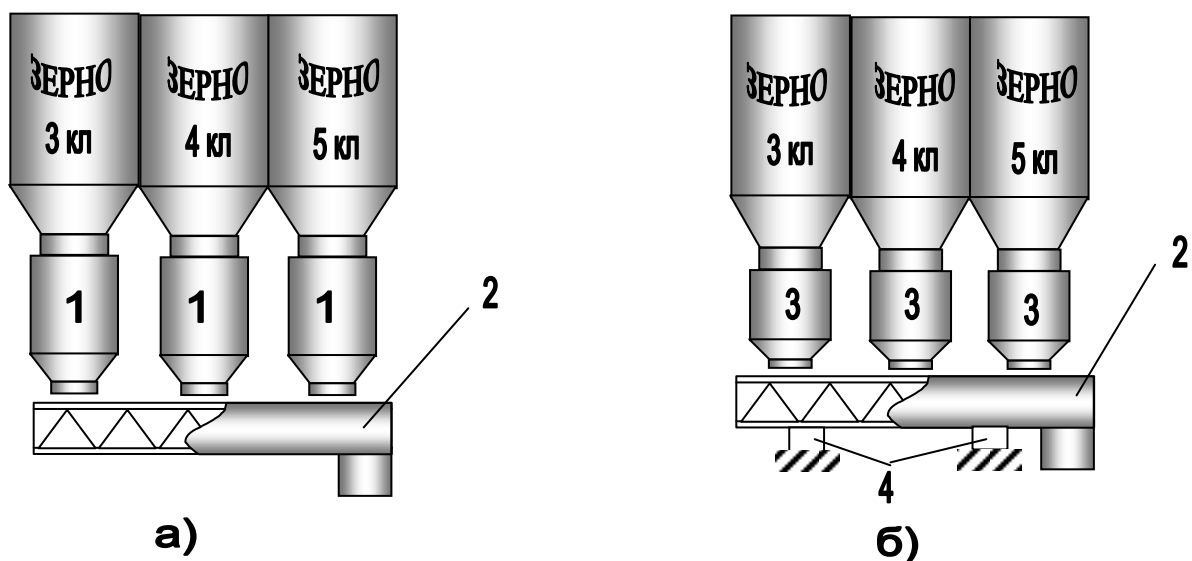


Рисунок 5.2 – Схема дозаторів компонентів зерна:

а) з регуляторами витрати компонентів; б) з багатокомпонентним ваговимірювальним пристроєм; 1 – регулятор витрати;

2 – збірний конвеєр; 3 – засувка з секторним робочим органом;

4 – тензоперетворювач.

Можливі дві основні схеми систем формування помольної суміші (рисунок 5.3):

- з дозуванням компонентів на елеваторі (рисунок 5.3а);
- з дозуванням компонентів на млині (рисунок 5.3б).

Схеми не мають принципових відмінностей і їх реалізація обумовлюється виключно технічними можливостями підприємства. При відсутності достатньої кількості та місткості бункерів для зерна на млині і наявності примлинового елеватора помольну суміш формують на елеваторі, виділивши ряд оперативних силосів для її компонентів. Якщо млин має достатню кількість бункерів для зерна, то помольну суміш доцільно формувати на млині. В цьому випадку простіше і

точніше розв'язується задача обліку зерна за типами, а пристрої дозування компонентів одночасно використовуються для стабілізації витрати зерна (помольної суміші), що направляється на зернопідготовку і розмел.

В загальному вигляді автоматизована система формування помольної суміші включає (рисунок 5.3) встановлені під силосами компонентів пристрої дозування маси зерна 1, мікроконтролер керування 2 та блок завдання, в якості якого використовується ПЕОМ автоматизованого робочого місця 3, яке доцільно створити в виробничо-технологічній лабораторії млина.

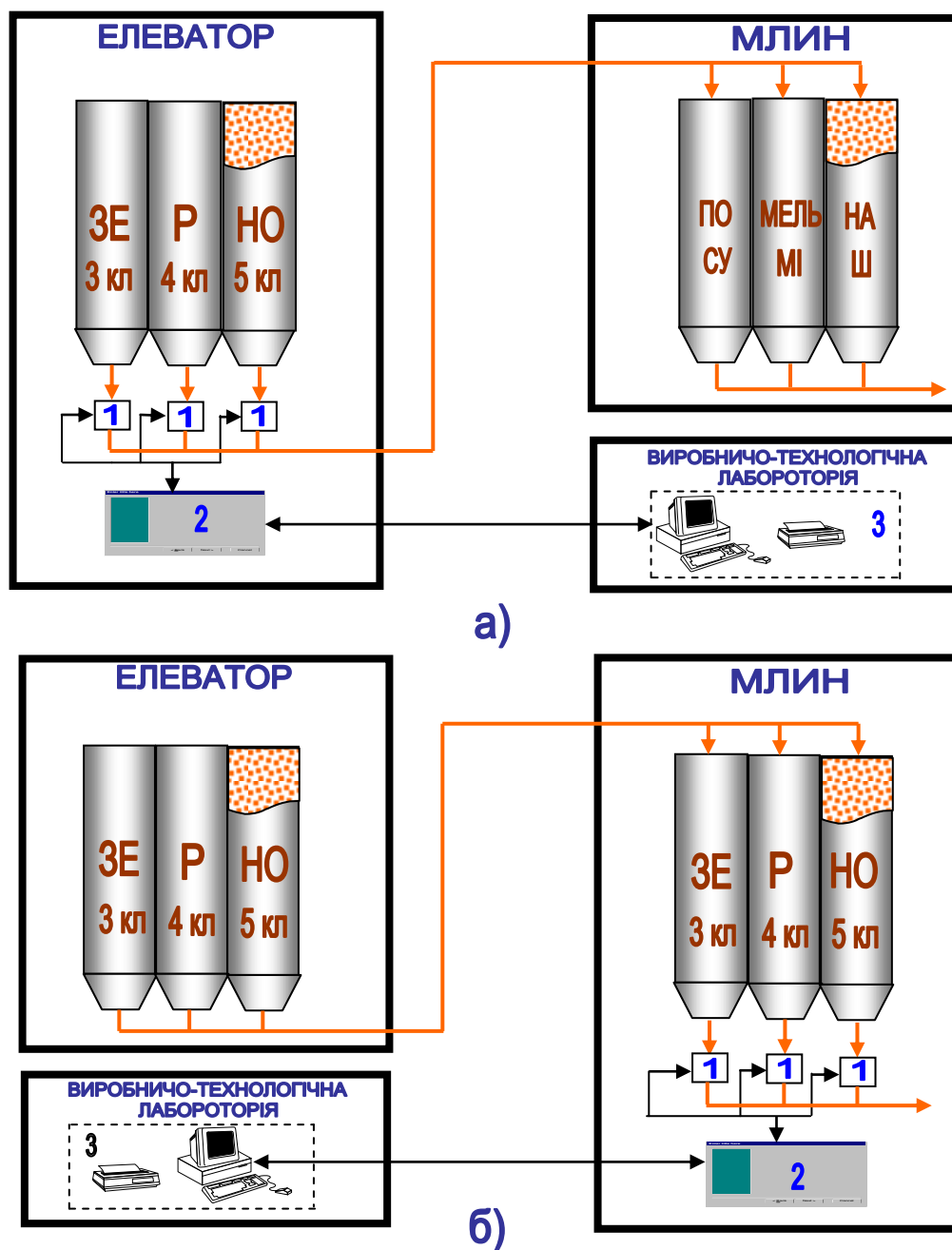


Рисунок 5.3 – Автоматизована система формування помольної суміші:
 а) дозування компонентів на елеваторі; б) дозування компонентів на млині.

1- пристрій дозування маси зерна; 2- мікроконтролер;

3- АРМ начальника виробничо-технологічної лабораторії

Ця доцільність обумовлюється зосередженням в ВТЛ інформації про якісні і кількісні показники зерна і його розміщення в силосах елеватора. Для обробки цієї інформації, а також розв'язання інформаційно-технологічних задач по контролю і розміщенню зерна, складанню облікових документів ВТЛ необхідно оснастити певними програмно-технічними засобами з організацією автоматизованого робочого місця начальника ВТЛ і для заощадження коштів реалізацію функції визначення складу помольної суміші здійснювати за допомогою цих засобів, тобто ПЕОМ АРМ начальника ВТЛ використати як програмно-технічний засіб системи визначення (розрахунку) складу помольної суміші. Ця система і являється блоком завдання для системи формування (дозування компонентів) помольної суміші.

Завдання масових витрат компонентів суміші (їх співвідношення) від АРМ 3 по мережі зв'язку надходять в мікроконтролер 2, який здійснює керування пристроями дозування маси зерна 1.

5.3 Автоматизована система гідротермічної обробки зерна

Автоматизована система керування процесом гідротермічної обробки зерна, як будь-яка інша система керування, включає всі необхідні для реалізації цілі керування компоненти технічного, інформаційного, алгоритмічного, програмного та організаційного забезпечень. Всі компоненти таких систем мають своє функціональне призначення і їх взаємодія забезпечує досягнення цілі керування з урахуванням визначеної моделі об'єкту та наявного ресурсу керування [12, 27, 50].

В загальному вигляді в термінах класичної теорії система керування включає (рисунок 5.4) блоки завдань 1, керування 2, вимірювання 4 та об'єкт керування 3.

Блок завдань 1 по вхідній інформації про продуктивність млина Q_m , початкову вологість зерна W_o , якісні показники зерна Y_i та вид помолу Π формує задані вхідні параметри W_i^3 , τ_i^3 для регулятора 2.

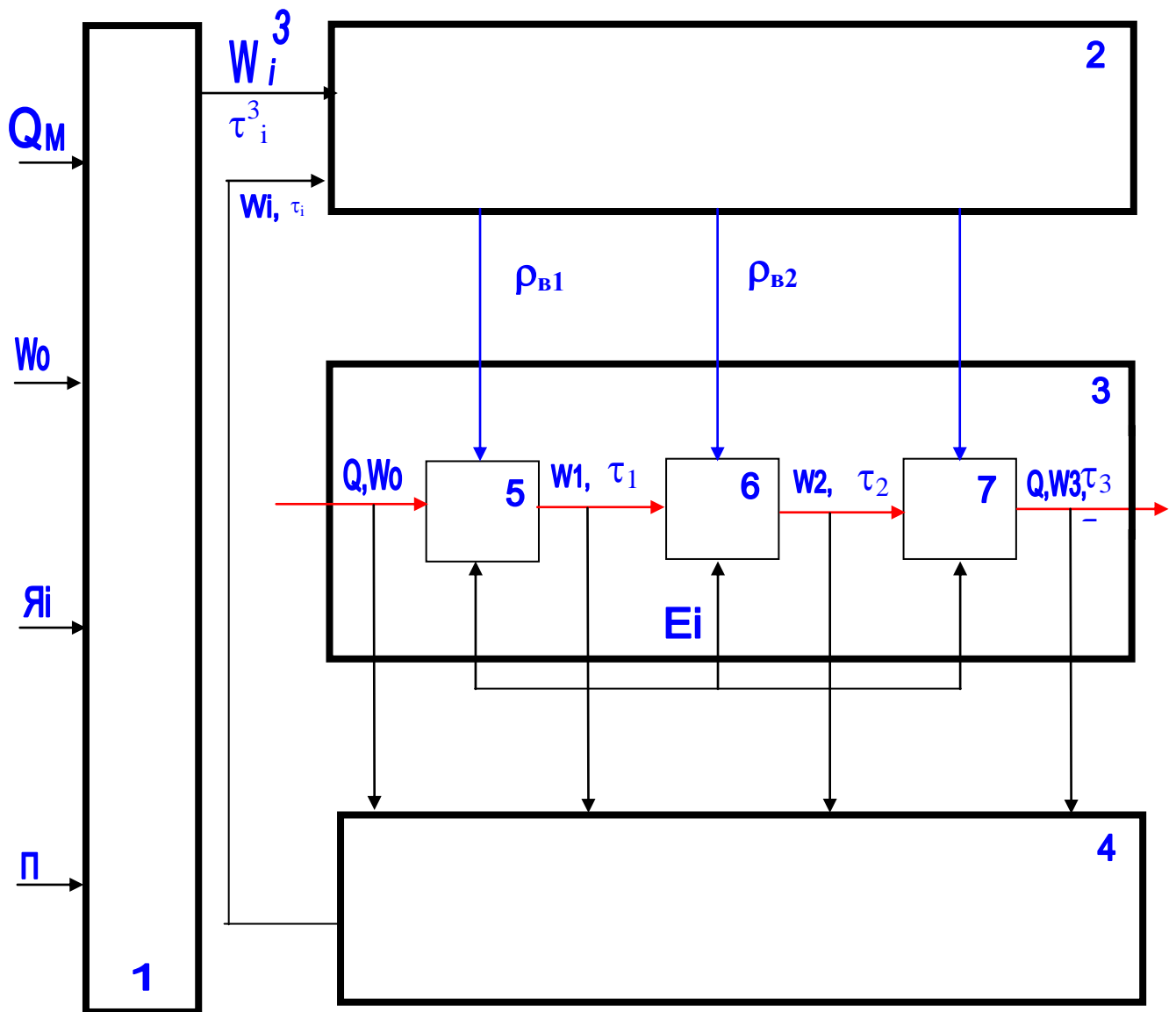


Рисунок 5.4 – Блок - схема системи керування процесом холодного кондиціювання зерна:

1 – блок завдань; 2 – блок керування; 3 – об'єкт керування;

4 – блок вимірювання;

5,6,7 – відповідно перша, друга та третя стадії кондиціювання

Блок вимірювань 4 своїми входами з'єднаний зі входами та виходами стадій об'єкту керування, а виходом – з регулятором 2.

Регулятор 2 по інформації блоків 1 і 4 формує керуючі входи на об'єкт $\rho_{B1} \dots \rho_{B3}$, які змінюють проміжні і вихідні параметри об'єкту, переводячи його в бажаний (заданий) цільовий стан.

Така спрощена структура системи відображає сам принцип її створення і ілюструє тільки функціональний зв'язок і взаємодію основних елементів системи, не розкриваючи задіяних технічних, алгоритмічних та програмних ресурсів по формуванню і реалізації керування. Реальні структури систем набагато складніші, функції окремих елементів можуть об'єднуватись в одному блоці або навпаки розподілятись між додатковими компонентами системи в залежності від принципів та технічно-програмних засобів керування.

Приведена структура об'єкту керування (рисунок 5.4) включає три стадії гідротермічної обробки зерна, кожна з яких характеризується своїми входами і виходами. В залежності від прийнятого способу кондиціювання перша стадія (блок 5) реалізує процеси зволоження (холодне кондиціювання) або теплової обробки зерна (швидкісне кондиціювання), а друга стадія (блок 6) в залежності від виду помолу П та якісних показників може бути виключена з процесу за технологічними вимогами.

Структура системи встановлює зв'язок між основними компонентами і наведена для керування об'єктами за двома вихідними показниками – вологістю і тривалістю відволоження зерна.

Реалізація структури (рисунок 5.4) залежить від конкретної схеми технологічної підготовки зерна і застосованого технологічного обладнання (об'єкт керування) та вибраних контрольних засобів технологічних параметрів і керування процесом.

Блок завдань 1 реалізується на базі ПЕОМ ІВМ РС/АТ оператора технолога.

Блок вимірювань 4 для реалізації принципу керування по відхиленню керованої величини теоретично повинен включати встановлені на виході зволожувальних апаратів кожної стадії кондиціювання вологоміри зерна. Проте на практиці, зважаючи на зростаючі при цьому витрати та незначні збурення E_i на другій і третій стадіях, вологоміри встановлюються тільки на виході зволожувального апарату першої стадії, а в поточних системах, вологомір встановлюється на вході зволожувального апарату першої стадії [18, 20]. Така система реалізує принцип компенсації контрольованих збурень на вході процесу

(рисунки 5.5а) і може забезпечити необхідну точність стабілізації вологості зерна тільки для технологічної схеми з апаратами для інтенсивного зволоження, для яких збурення E_i від обладнання і параметрів навколишнього середовища незначні і їх вплив на процес зволоження не призводить до зростання похибки стабілізації вологості за межі допустимих значень.

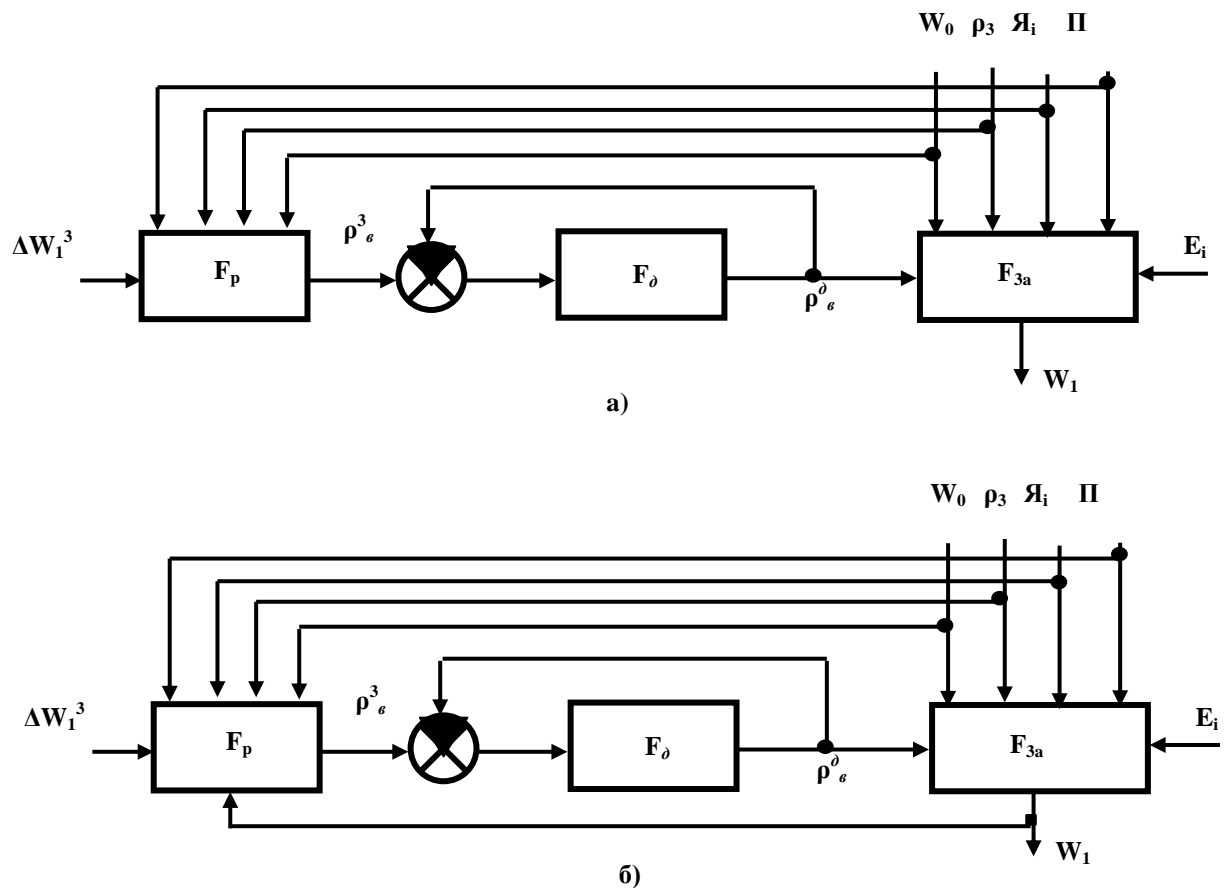


Рисунок 5.5 – Структури систем керування процесом гідротермічної обробки зерна на першій стадії для технологічної схеми з апаратом інтенсивного

зволоження:

а) з компенсацією основних вхідних параметрів; б) комбінована;

W_0 – початкова вологість зерна; ρ_3 – витрата зерна; $Я_i$ – якісні показники зерна;

Π – вид помолу; E_i – неконтрольовані збурення; W_{13} – заданий приріст вологості на першій стадії; ρ_{ϵ}^3 , ρ_{ϵ}^0 – задана і фактична витрата води дозатора;

W_1 – вихідний параметр – вологість зерна на першій стадії; F_p , F_d , F_{3a} – оператори відповідно регулятора, дозатора води і зволожувального апарата.

Для реалізації структур систем з компенсацією основних входів процесу необхідно здійснювати контроль параметрів на вході зволожувального апарату, ідентифікувати основний параметр моделі процесу – заданий приріст вологості ΔW_1^3 та визначити уставку керованого входу ρ_v^3 – заданої витрати води

$$\rho_v^3 = \rho_3 \frac{\Delta W_1^3}{100 - W_0 - \Delta W_1^3}. \quad (5.1)$$

Така система дозволяє компенсувати тільки ті входи (контрольовані збурення), які можна проконтролювати. Неконтрольовані збурення E_i від параметрів обладнання залишаються некомпенсованими і чинять свій вплив на вихідний параметр W_1 .

Системи з реалізацією принципу компенсації збурень практично миттєво формують керуючу дію на об'єкт, що дозволяє створювати системи високої швидкості з реалізацією керування з упередженням. Прикладами таких систем є розробки НВК "КІА", фірми "Бюллер" (Швейцарія) та інші [16,17,22].

Системи основані на принципі комбінованого керування (рисунок 5.5б), об'єднують принципи компенсації і відхилення керованої величини. В комбінованій системі компенсуються основні контрольовані збурення, що діють на об'єкт, а інші збурення (E_i), контроль яких не можна забезпечити, компенсуються за рахунок зворотного зв'язку керованої величини W_1 .

Для реалізації принципу комбінованого керування технічна структура системи керування доповнюється вологоміром зерна на виході зволожувального апарату. Вираз для визначення уставки керованого входу для комбінованих систем приймає вигляд

$$\rho_v^3 = \rho_3 \frac{\Delta W_1^3}{100 - W_1}. \quad (5.2)$$

Технологічні схеми з машинами для миття і зволожувальним апаратом (рисунок 4.6) значно ускладнюють керованість процесу гідротермічної обробки зерна на першій стадії завдяки дії некерованого входу ρ^{mm} – витрати води в машині для миття і внесенню суттєвого збурення на процес зволоження ΔW_{mm} – приросту вологості зерна в машині для миття. Експериментальні дослідження показують, що максимальний приріст вологості зерна для таких схем може

становити 6...7% при некерованій складовій 3% - для схем з машинами для миття Ж9-БМА і 2% - для схем з машинами мокрого лушення зерна А1-БМШ. З цієї причини, а також з урахуванням значної питомої витрати води технологічні схеми з машинами для миття не можуть рекомендуватись для впровадження, а на підприємствах, де вони реалізовані, необхідно модернізувати процес зернопідготовки з заміною машин для миття на машини мокрого лушення або апарати для інтенсивного зволоження без машин для миття і мокрого лушення.

Приріст вологості зерна $\Delta W_{\text{мм}}$ в машинах мокрого лушення перевищує визначені на основі ґрунтовних досліджень [40, 41] режими холодного кондиціювання для зерна I, III типів при скловидності 40 ... 60 та <40% і початковій вологості 12,5... 13,5%, а також зерна IV типу для вказаної скловидності і початкової вологості 13,5 ... 14,5%. Тобто застосування технологічних схем в які входять машинами для мокрого лушення для вказаних типів зерна, його скловидності і початкової вологості може призвести до порушення режимів кондиціювання зерна при неконтрольованості збурення $\Delta W_{\text{мм}}$ і некерованості процесу лушення. Крім того, дія збурення $\Delta W_{\text{мм}}$ на процес зволоження потребує застосування нових алгоритмів керування процесом зволоження.

Запропоновані два основних типи структур систем керування процесом гідротермічної обробки зерна на першій стадії для технологічних схем з машинами мокрого лушення: з оригінальним алгоритмом контролю збурення (рисунок 4.6) та двоконтурна система (рисунок 5.7).

Структура системи з оригінальним алгоритмом контролю збурення (рисунок 5.6) виключає вплив поверхневої води на точність вимірювання вологості.

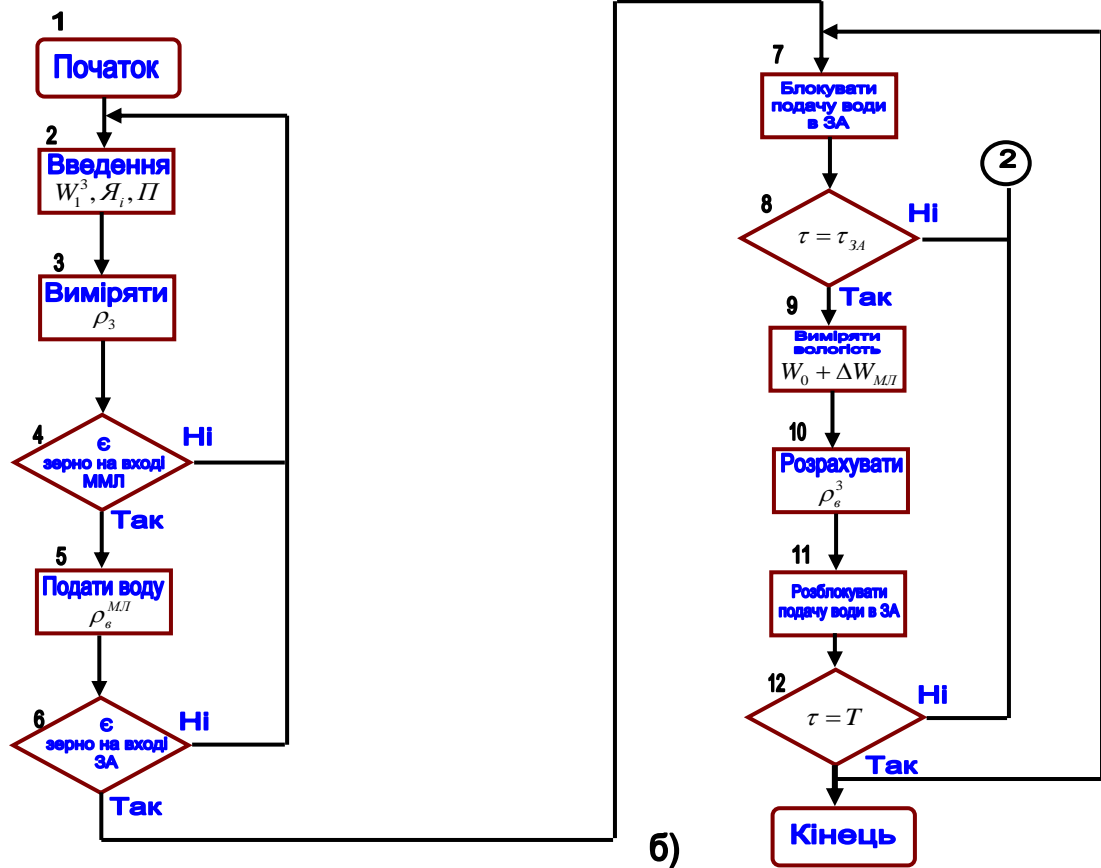
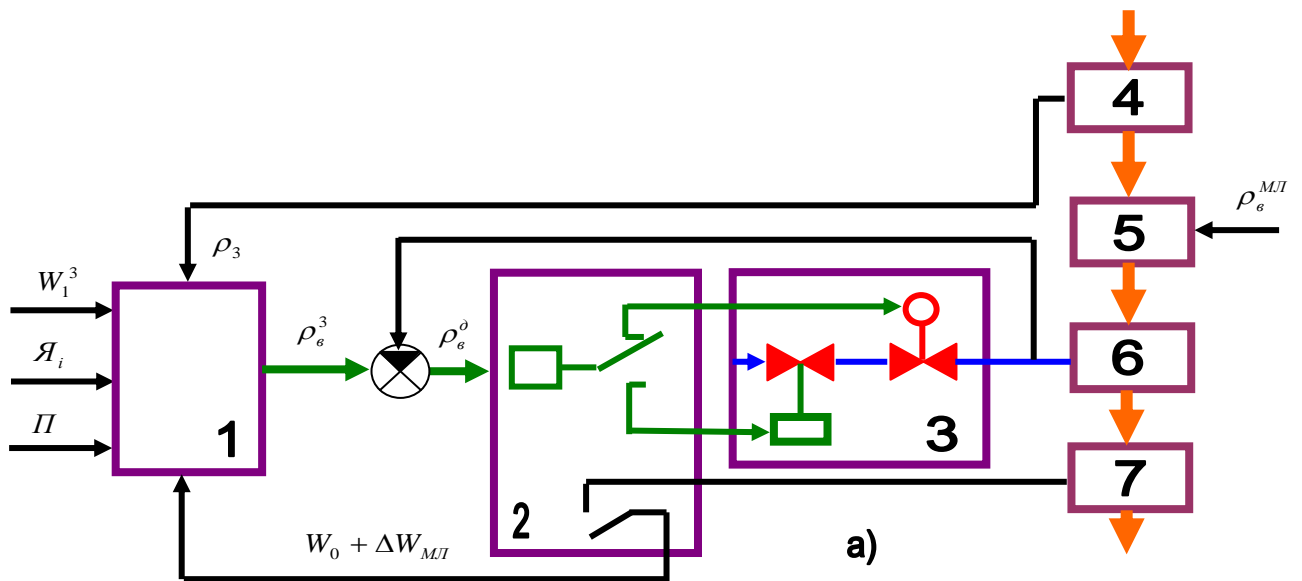
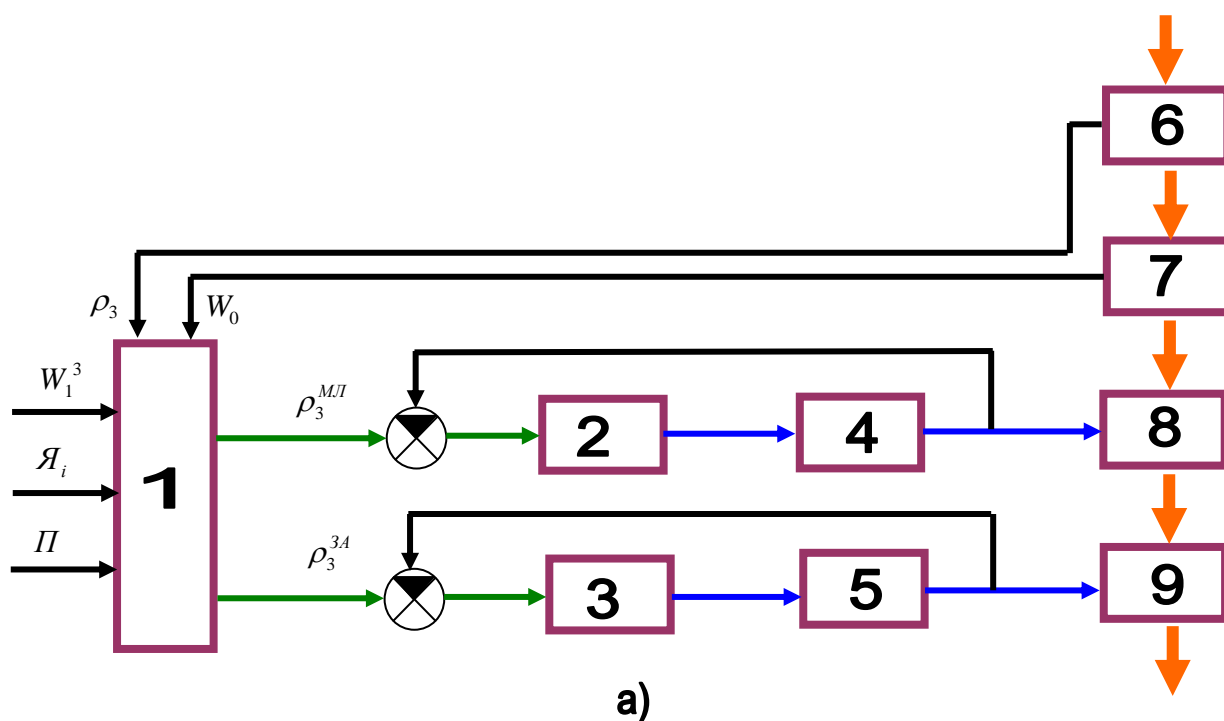


Рисунок 5.6 – Система керування процесом гідротермічної обробки зерна на першій стадії з машинами мокрого лущення:

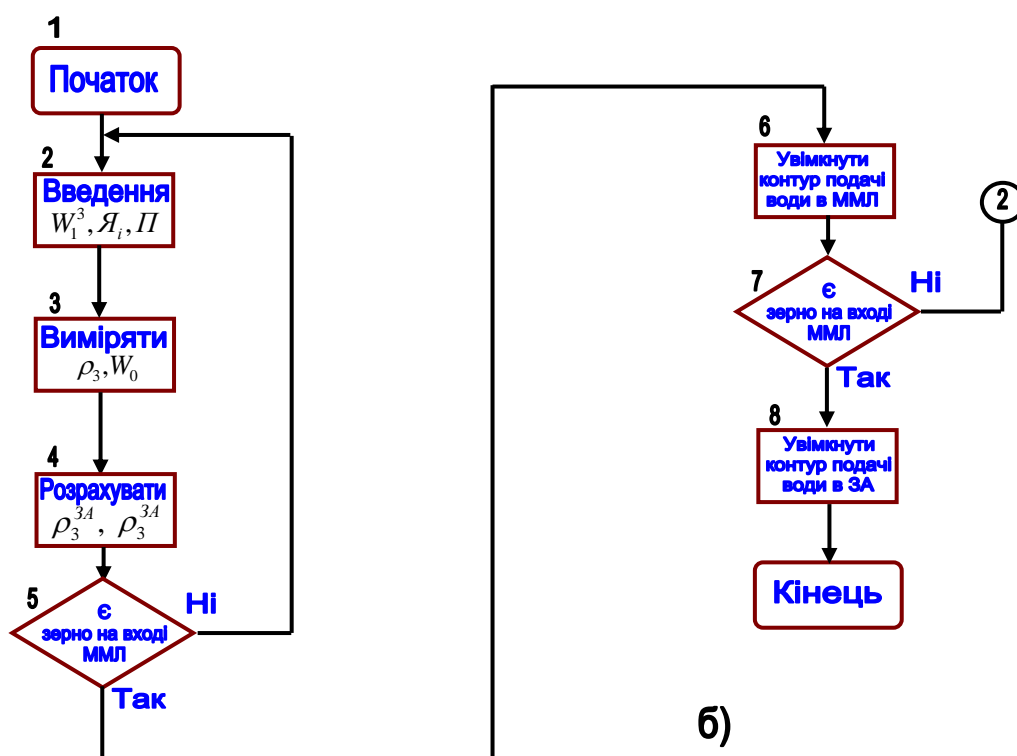
а) схема технічної структури; б) алгоритм контролю збурення;

1- блок завдання; 2- регулятор; 3- дозатор води; 4- витратомір зерна;

5- машина мокрого лущення; 6- зволожувальний апарат; 7- вологомір



а)



б)

Рисунок 5.7 – Двоконтурна система керування процесом гідротермічної обробки зерна на першій стадії з машинами мокрого лушення:

а) схема технічної структури; б) алгоритм керування;

1- блок завдання; 2, 3 – регулятори подачі води в машину мокрого лушення і зволожувальний апарат відповідно; 4, 5 – дозатори води; 6 – витратомір зерна; 7 – вологомір; 8 – машина мокрого лушення; 9 – зволожувальний апарат

Суть розробленого методу і алгоритму полягає в наступному. При надходженні зерна з машини для мокрого лущення і спрацюванні індикатора присутності зерна в зволожувальному апараті мікроконтролер (регулятор F_p) блокує включення електромагнітного вентиля подачі води на проміжок часу, який перевищує величину транспортного запізнення зволожувального апарата по зерну. При цьому зерно за цей проміжок часу проходить встановлений на виході зволожувального апарата вологомір, який визначає його вологість.

При надходженні інформації про вологість зерна, мікроконтролер керування визначає приріст вологості ΔW_{MM} , а також необхідний для дотримання режиму зволоження в зволожувальному апараті приріст вологості ΔW_1 та установку витрати води ρ_e^3 за рівняннями

$$\left. \begin{aligned} \Delta W_{MM} &= W_1|_{\rho_e^0=0} - W_o; \\ \Delta W_1 &= \Delta W_1^3 - \Delta W_{MM}; \\ \rho_e^3 &= \rho_3 \frac{\Delta W_1}{100 - W_1} \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

і подає команду на включення вентиля подачі води. Керування витрати води здійснює дозатор F_d .

Алгоритм забезпечує контроль збурення ΔW_{MM} в процесі безперервної роботи системи з заданою частотою, що оптимізує керування процесом зволоження при можливих змінах величини ΔW_{MM} при зміні вологості W_o , якісних показників зерна (скловидність, тип), параметрів машини для мокрого лущення та інших збурень.

Структура системи з оснащенням машини для мокрого лущення зерна дозатором води (рисунок 5.7) включає встановлений на вході машини для мокрого лущення вологомір і не потребує контролю вологості на виході зволожувального апарату. Така система забезпечує керованість процесу обробки зерна в машині для мокрого лущення, обмежує величину збурення при зміні типу зерна, його початкової вологості і скловидності і унеможливорює порушення режиму холодного кондиціонування для зерна всіх типів і якісних показників.

6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Економічне обґрунтування ефективності

Автоматизація виробництва – вищий рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються без участі людини, а лише під її контролем. Сучасний стан розвитку автоматизації виробництва привів до появи якісно нової системи технологічних машин з керуючими засобами, що базуються на застосуванні електронних обчислювальних машин, програмованих логічних контролерів, інтелектуальних засобів вимірювання і контролю, інформаційно-об'єднаних промисловими мережами.

Автоматизація виробництва - один з головних напрямів науково-технічного прогресу. Для забезпечення роботи виробничої системи слід організувати інформаційний та енергетичний потоки [71]. Виробничий процес можна представити як систему, що перетворює потоки енергії, матеріалів і інформації. З позиції автоматизації за характером матеріального потоку технологічні процеси можна розділити на два типи безперервні і дискретні. В безперервних технологічних процесах матеріальний потік і інформація, що його відображає безперервні. Матеріальний потік, що проходить через технологічне обладнання і зазнає там в кожен момент часу зміни своїх властивостей є неперервним. У безперервних виробництвах зайнято мало людей, тому за рахунок автоматизації можна знизити витрати матеріалів та енергії або стабілізувати технологічний процес, виключивши його залежність від суб'єктивних чинників.

Для управління таким виробництвом вимагається узгодження динамічних характеристик об'єкту управління і системи автоматичного регулювання в усьому інтервалі зміни регульованих величин. Для дискретних технологічних процесів характерна вихідна продукція у вигляді виробів, що обчислюються в штуках. До дискретних відносять виробництва з кінцевим числом станів змінних, наприклад з включенням (відкриттям) і відключенням (закриттям) клапанів.

Нова техніка, технології, зокрема інноваційні, засоби автоматизації, розроблювані і впроваджені у виробництво, повинні давати корисний результат. Він може бути економічним, що виявляється в зниженні витрат підприємства на виробництво і підвищення прибутку, а також соціальним, екологічним та ін.

При впровадженні проекту підприємство несе разові витрати, пов'язані з розробкою проекту, а також із придбанням і встановленням необхідного устаткування, засобів програмного забезпечення і ін.

Головною метою автоматизації технологічних процесів є покращення ефективності праці, поліпшення якості продукції, що випускається, створення умов для оптимального використання всіх ресурсів виробництва.

Автоматизація повинна забезпечити оптимальне проходження технологічного процесу та максимальний виробничий ефект при найменших затратах праці, матеріалів та енергії. У зв'язку з цим будь-який проект автоматизації в цілому та прийняті в ньому технічні рішення повинні бути економічно обґрунтовані.

Економічна ефективність автоматизації - основний критерій якості функціонування автоматизованого об'єкту. Цільова функція автоматичних і автоматизованих систем управління - отримання максимальної величини технологічної складової прибутку за рахунок досягнення основних техніко-економічних показників виробництва на рівні або вище їх нормованих значень.

В наш час основою збільшення ефективності роботи виробництва є модернізація агропромислових підприємств, а також повна заміна старих засобів автоматизації на сучасні - нові, на базі мікропроцесорної техніки. Модернізація здійснюється шляхом розробки та впровадження науково-технічної продукції - автоматизованих систем управління технологічними процесами виробництв з використанням ефективних і надійних засобів автоматизації світового рівня.

Існуюча система автоматизації процесу зволоження зерна практично відсутня, і виконана на машині інтенсивного зволоження А1-БШУ-2 та машині дозволоження А1-БАЗ. Завданням на дипломне проектування пропонується

розробити варіант автоматизації даного процесу із використанням автоматичних пристроїв.

Після обґрунтування прототипу виробу, чим підтверджується принципова можливість його виготовлення, на конструкторському етапі необхідно здійснити: обґрунтування витрат необхідних матеріалів, засобів енергії, коштів на оплату праці під час виготовлення виробу; визначити собівартість виробу, що виготовляється; величини запланованого прибутку і договірної ціни виробу; визначити рівень рентабельності виготовленого виробу; планування випуску виробу: кошторис доходів і витрат. Тобто необхідно зробити попередню економічну оцінку доцільності впровадження розробленого проекту у виробництво, випуску й продажу виробу.

На цьому етапі розроблення проекту слід одержати відповіді на такі питання:

- яким має бути розмір коштів для здійснення випуску першої продукції;
- чи буде отримано прибуток від реалізації проекту, і якщо так, то чи буде він достатнім для повернення вкладених грошей;
- через який термін будуть повернуті вкладені кошти;
- обчислити вартість витрат на електроенергію.

У процесі попереднього економічного аналізу корисно визначити дійсну вартість майбутніх грошових потоків, яку генерує інноваційна продукція.

Питання прибутку може бути вирішальним для багатьох видів інноваційної продукції. Якщо неможливо продати продукцію за ціною, що перекиває очікувані виробничі витрати і будь-які пов'язані з цим платежі (виробничі накладні витрати, торговельні витрати тощо), то немає сенсу братися за розроблення. Економічна оцінка спроектованого виробу здійснюється на підставі його порівняння з відомими зразками-аналогами і включає оцінку наявності недорогих матеріалів, можливості використання відходів.

6.2 Вихідні дані

При проведенні техніко-економічних розрахунків, за базу приймається дочірнє підприємство державної акціонерної компанії "Хліб України" філія "Тернопільський комбінат хлібопродуктів", вихідні дані на 2018 р. для якої наведено нижче:

Потужність виробництва – 61684,8 т/рік;

Годинна продуктивність устаткування – 7,1 т/год;

Фонд календарного часу – 8760 год;

Сумарна тривалість ремонтних простоїв протягом року – 72 годин;

Чисельність персоналу цеху складає 16 осіб, у т.ч. основні робочі 11 осіб;

Вартість основних виробничих фондів цеху складає 60106548 грн;

Відпускна ціна муки пшеничної вищого сорту – 8 703,78 грн/т.

Таблиця 6.1 – Норми витрат на отримання 1 тонни муки

| Найменування сировини, матеріалів, енергоресурсів | Найменування показників та одиниця вимірювання | Норми витрати | Витрата на одиницю, грн | |
|---|--|---------------|-------------------------|---------|
| | | | 2018 | ціна |
| Мука | | | | |
| Зерно | т | 1,38 | 5380 | 7424,40 |
| Вода | м ³ | 0,5 | 0,3 | 0,15 |
| Електроенергія | кВт/год | 256,72 | 0,4183 | 107,39 |
| Заробітна плата основна | | | | 9,35 |
| Нарахування на зарплату | | | | 3,54 |
| Загальновиробничі витрати (ВУЕУ) | | | | 18,34 |
| Ам. устаткування і ТС | | | | 2,86 |
| Загальновироб. витрати (цех) | | | | 17,36 |
| Ам. основних засобів ОХН | | | | 2,60 |
| Виробнича собівартість | | | | 7585,99 |

6.3 Проектна потужність і об'єм випуску продукції

Для мукомельних підприємств розрахунок річної виробничої потужності визначається за формулою:

$$M_p = N * q_z * T_{ef} \quad , \text{ т/рік} \quad (6.1)$$

де M_p – величина річної виробничої потужності;

N – кількість паралельно працюючих однойменних одиниць устаткування;

q_z – годинна продуктивність устаткування;

T_{ef} – ефективний фонд робочого часу устаткування [72].

$$T_{ef} = T_k - T_{рем} - T_{техн} \quad , \text{ ГОД} \quad (6.2)$$

де T_k - фонд календарного часу: для безперервних виробництв 8760 год;

$T_{рем}$ – планова сумарна тривалість ремонтних простоїв в перебігу року;

$T_{техн}$ – тривалість технологічних простоїв, що регламентується, за рік:

$$T_{ef} = 8760 - 72 = 8688 \text{ год}$$

Річна виробнича потужність:

$$M_p = 1 * 7,1 * 8688 = 61684,8 \text{ т/рік}$$

Приймаємо річну виробничу потужність 61684,8 т/рік

Річний об'єм проєктованого виробництва (Q_1) приймаємо за 64769 т/рік.

При цьому відбувається зростання випуску продукції (ΔQ) в порівнянні з діючим виробництвом (Q_0).

Індекс потужності підприємства визначається за формулою:

$$I_Q = \frac{Q_1}{Q_0} \quad (6.3)$$

$$I_Q = 64769 / 61684,8 = 1,049$$

Визначаємо величину ΔQ :

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0 \quad (6.4)$$

$$\Delta Q = 64769 - 61684,8 = 3084,2$$

6.4 Розрахунок зміни собівартості продукції

6.4.1 Розрахунок індексів зміни витрат

Оскільки витрати матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів залишаються незмінними, то розраховуються відношення показників питомої потужності виробництва після впровадження заходу (q_1) до їх базових (q_0) значень [72]:

$$I^p = \frac{H_{p1}}{H_{p0}} \quad (6.5)$$

$$I^p = \frac{61684,8}{64769} = 0,9524$$

де H_{p0} , H_{p1} – потужність виробництва до і після впровадження заходів проекту. Аналогічно визначаються індекси зміни цін на окремі види матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів [72]:

$$I^c = \frac{C_1}{C_0} \quad (6.6)$$

В результаті впровадження проєктованих заходів індекс зміни річних витрат (I^{BVEY}) визначаються за формулою [72]:

$$I^{BVEY} = \frac{C_{OB1}}{C_{OB0}} \quad (6.7)$$

де $C_{\text{ОБ0}}, C_{\text{ОБ1}}$ -вартість устаткування підприємства до і після впровадження заходів проекту відповідно.

Оскільки впровадження проєктованих заходів не приводить ні до зміни чисельності основного виробничого персоналу (I_N), ні до зміни його середньої заробітної платні (I_3), та річних витрат по статті (I^{BYEY}), а також не приводить до зміни річних загальновиробничих витрат ($I_{\text{зар}}$), відповідні індекси зміни рівні 1 ($I_N=I_3=I_{\text{зар}}=I^{\text{BYEY}}=1$). Також впровадження проєктованих заходів не приводить до зміни питомих витрат і цін на всі види енергетичних ресурсів, індекси зміни їх питомих витрат і цін рівні 1 ($I_{c(e)}^p = I_{c(e)}^u = 1$).

6.4.2 Аналіз зміни собівартості

По умовно - змінних статтях калькуляції, залежно від проєктованої зміни питомої витрати на окремі види ресурсів розрахунок зниження повної собівартості продукції проводиться відповідно до залежності [72]:

$$\Delta C_i = 100 \times (I^p \times I^u - 1) \times d_{cm} \times d_i \quad (6.8)$$

де ΔC_i - зниження повної собівартості за рахунок зміни питомої витрати матеріально-сировинного або енергетичного ресурсу, %;

d_{cm} - питома вага статті витрат в повній собівартості продукції на діючому виробництві;

$$d_{cm} = 7424,4 / 7585,99 = 0,9787$$

d_i - питома вага витрат на ресурси в статті витрат;

$$d_i = (0,15 + 107,39 + 2,86 + 17,36) / 7585,99 = 0,0168$$

Зниження повної собівартості у вартісному еквіваленті розраховується відповідно до залежності [72]:

$$\Delta C_i = \frac{C_0 \times \Delta C_{i(\%)}}{100} \quad (6.9)$$

де C_0 – повна собівартість одиниці продукції на діючому виробництві, грн./т.

$$\Delta C = 100 \times (0,9524 \times 1 - 1) \times 0,9787 \times 0,0168 = -0,0783\%$$

$$\Delta C = \frac{7585,99 \times (-0,0783)}{100} = -5,94 \text{ грн / т}$$

Оскільки індекси зміни чисельності основного виробничого персоналу, середньої заробітної платні, загальновиробничих витрат рівні 1 ($I_N = I_z = I_{\text{зар}} = 1$), а також індекси зміни витрат і цін на всі види енергетичних ресурсів рівні 1 ($I_{c^{(э)}}^p = I_{c^{(э)}}^u = 1$), то зміна повної собівартості продукції, по статтях калькуляції: «Зарплата основних робочих з відрахуваннями», «Загальновиробничі витрати», «Енерговитрати», дорівнюють нулю.

У результаті впровадження проєктованих заходів кількість виходу муки збільшилася на 4,19%, при тих самих затратах, що дозволить зменшити собівартість на 317,85 грн/т.

6.5 Розрахунок техніко-економічних показників

1. Річний об'єм виробництва:

- у натуральному виразі:

у діючому виробництві $Q_0 = 61684,8$ т

у проєктованому виробництві $Q_1 = 64769$ т

- у вартісному виразі:

у діючому виробництві $Q_0 = 8703,78 \times 61684,8 = 536,8909$ млн. грн

у проєктованому виробництві $Q_1 = 8703,78 \times 64769 = 563,7351$ млн. грн

2. Чисельність працюючих:

у діючому виробництві $N_0 = 16$ осіб

у проєктованому виробництві $N_1 = 16$ осіб

у т.ч. основних робочих:

у діючому виробництві $N_0 = 11$ осіб

у проектованому виробництві $N_1=11$ осіб

3. Вартість основних виробничих фондів цеху складає:

у діючому виробництві $\Phi_0= 60106548$ грн

у проектованому виробництві $\Phi_1= 61532548$ грн

4. Продуктивність праці працюючих, розраховується по формулі [72]:

$$P_n = \frac{Q_p}{N} \quad (6.10)$$

де Q_p - річний об'єм виробництва продукції, в натуральному виразі.

N – чисельність працюючих осіб.

у діючому виробництві $П_{т0}=61684,8/16=3855,3$ люд

у проектованому виробництві $П_{т1}=64769/16=4048,1$ люд

5. Фондовіддача, розраховується по формулі [72]:

$$f = \frac{Q_p}{Q_z} \quad (6.11)$$

де Q_z - річний об'єм виробництва продукції, у вартісному виразі.

у діючому виробництві :

$$f_0 = (61684,8 \times 8703,78) / 60106548 = 8,93 \text{ грн/т};$$

у проектованому виробництві:

$$f_1 = (64769 \times 8703,78) / 61532548 = 9,16 \text{ грн/т.}$$

6. Собівартість виробництва продукції:

у діючому виробництві $C_0= 7585,99$ грн/т

у проектованому виробництві $C_1= 7580,05$ грн/т

7. Прибуток на одиницю виробленої продукції, що розраховується по формулі [72]:

$$P_{од} = Ц - C \quad (6.12)$$

де $Ц$ – ціна одиниці виробленої продукції, грн./т.

| | |
|-----------------------------|--|
| у діючому виробництві | $\Pi_{\text{од}0}=8703,78-7585,99=1117,79$ грн/т |
| у проектованому виробництві | $\Pi_{\text{од}1}=8703,78-7580,05=1123,73$ грн/т |

8. Річний прибуток від виробленої продукції, що розраховується по формулі [72]:

$$\Pi = \Pi_{\text{од}} - Q \quad (6.13)$$

де Q —річний обсяг виробленої продукції підприємства у натуральному виразі, фіз.од.

| | |
|-----------------------------|--|
| у діючому виробництві | $\Pi_0=1117,79 \times 61684,8=68950652,59$ грн |
| у проектованому виробництві | $\Pi_1=1123,73 \times 64769=72782868,37$ грн |

9. Рентабельність витрат виробництва продукції, що розраховується по формулі [72]:

$$P = \frac{\Pi}{C} \times 100 \quad (6.14)$$

| | |
|-----------------------------|--|
| у діючому виробництві | $P_0=(1117,79/7585,99) \times 100=14,73\%$ |
| у проектованому виробництві | $P_1=(1123,73/7580,05) \times 100=14,82\%$ |

10. Рентабельність основних виробничих фондів , що розраховується по формулі [72]:

$$P_{\Phi} = \frac{\Pi}{\Phi} \times 100 \quad (6.15)$$

| | |
|-----------------------------|---|
| у діючому виробництві | $P_{\Phi 0}=(68950652,59/60106548) \times 100=114,71\%$ |
| у проектованому виробництві | $P_{\Phi 1}=(72782868,37/61532548) \times 100=118,28\%$ |

11. Річний економічний ефект від:
- зниження собівартості [72]:

$$E_p(\Delta C) = \Delta C \times Q_1 \quad (6.16)$$

$$E_p(\Delta C) = (7580,05 - 7585,99) \times 64769 = -384727,86 \text{ грн}$$

Зміна показників: [72]:

$$\text{Зміна} = \frac{(\text{Проектоване} - \text{Діюче})}{\text{Проектоване}} \times 100\% \quad (6.17)$$

Розраховані техніко-економічні показники зведені в таблицю 6.2

Таблиця 6.2 - Техніко-економічні показники

| Показники | Одиниці вимір. | Діюче виробн. | Проектов виробн. | Зміна показн., % |
|---|----------------|---------------|------------------|------------------|
| Річний об'єм виробництва продукції | т | 61684,8 | 64769 | 5 |
| Чисельність робітників цеху | осіб | 16 | 16 | — |
| Продуктивність праці робітників цеху | т/люд | 3855,3 | 4048,1 | 5 |
| Собівартість продукції | грн/т | 7585,99 | 7580,05 | -0,0783 |
| Прибуток на одиницю продукції | грн/т | 1117,79 | 1123,73 | 0,53 |
| Основні фонди | грн | 6010654 8 | 61532548 | 2,37 |
| Фондовіддача | грн/грн | 8,93 | 9,16 | 2,58 |
| Рентабельність витрат на виробництво | % | 14,73 | 14,82 | -0,09 |
| Річний економічний ефект від зниження собівартості: | грн | | 384727,86 | |

У результаті впроваджених змін, річний економічний ефект при обсязі виробництва 30112 т/рік становить 850965,12 грн.

6.6 Розрахунок показників економічної ефективності

Абсолютну ефективність визначають за допомогою двох взаємопов'язаних показників коефіцієнта економічної ефективності капітальних витрат E_p та іншого (оберненого до нього показника) – терміну окупності капіталовкладень T_p .

Коефіцієнт економічної ефективності розраховуємо за формулою:

$$E_p = \frac{\Delta\Pi}{KB} \quad (6.18)$$

де $\Delta\Pi$ – приріст прибутку (економія капіталовкладення для даного заходу), грн.;

$$\Delta\Pi = 72782868,37 - 68950652,59 = 3832215,78$$

KB – додаткові капіталовкладення, грн..

$$E_p = \frac{3832215,78}{1500000} = 2,55$$

Розрахований коефіцієнт порівнюють з нормативним коефіцієнтом:

$$E_H = 0,15 < 0,15 < E_p = 2,55$$

Оскільки, $2,55 > 0,15$ то проект капіталовкладень вважається ефективним.

Знаходимо термін окупності додаткових капіталовкладень:

$$T_p = \frac{1}{E_p} = \frac{1}{2,55} = 0,4p.$$

Отже, впровадження системи автоматичного регулювання вологості зерна дає змогу при вливаннях у виробництво потужністю 61684,8 т/рік 1500 тис. грн отримати річний економічний ефект у розмірі 384727,86 грн, тим самим збільшити рентабельність на 3,57%. Термін окупності проекту 0,4 року, тобто проект економічно доцільний.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Охорона праці

7.1.1 Загальні положення

Виробничий процес хлібоприймальних і зернопереробних підприємств істотно впливає на стан навколишнього середовища. Це вплив характеризується наступними основними напрямками: забруднення повітря за рахунок викиду пилу і токсичних речовин, забруднення зерно продуктів, виділення стічних вод, виробничий шум.

В процесі очищення зерна від домішок і сухого очищення його поверхні, а також при переміщеннях зерна утворюється значна кількість мінеральної та органічної пилу. При подрібненні і сортуванні зерна і проміжних продуктів також утворюється пил, який в ряді випадків представляє цінну високобілкову фракцію борошна, втрата його неприпустима. Для запобігання викиду пилу в атмосферу і забруднення прилеглої до підприємства місцевості на заводі передбачена система аспірації з певною кількістю відсмоктується повітря з усіх точок пиловиділення.

Повітря надійно очищається від пилу в пиловідокремлювачі різних конструкцій. Викиди пилу в атмосферу на нових борошномельних заводах, як правило, нижче встановлених норм. Порядок визначення гранично допустимих концентрацій (ГДК) викидів шкідливих речовин в атмосферу регламентується ГОСТ 17.2.02–78 "Охорона природи. Атмосфера. Правила встановлення допустимих викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами"[1].

Методика визначення обсягу викидів, витрати повітря і концентрації пилу, розроблена ВНДІЗ, встановлює порядок контролю сумарної і одиничної потужності викидів пилу (кількості пилу, що викидається в атмосферу в одиницю часу) аспіраційними та пневмотранспортними установками підприємств по зберіганню і переробці зерна.

Відповідно до діючих норм концентрація пилу в повітрі, що викидається в атмосферу, не повинна перевищувати допустиму концентрацію пилу в повітрі робочих зон більш ніж в 15 разів, тобто не більше 60 мг/м^3 для зернового пилу і 100 мг/м^3 – для борошняної. Для підприємств системи хлібопродуктів в повітрі робочої зони виробничих приміщень ГДК зернового пилу повинна складати 4 мг/м^3 , борошняний – 6 мг/м^3 [73].

Крім негативних наслідків забруднення атмосферного повітря, зерновий і борошняний пил є причиною виникнення вибухів на хлібоприймальних, і зернопереробних підприємствах. Вибух пилоповітряної суміші відбувається при наявності певної концентрації (вибухонебезпечної) і джерела запалювання з температурою і енергією, достатньою для займання.

Запиленість повітря в виробничих приміщеннях значною мірою залежить від герметизації обладнання, від режимів відсмоктування повітря аспіріруємоаспіруючих машин і інших точок пиловиділення, від конструктивного виконання, стану і режимів роботи робочих органів машин.

Поряд із забрудненням повітря в результаті пиловиділення практика хімічного захисту зернопродуктів від шкідників пов'язана з викидом токсичних речовин в атмосферу. Препарати, що застосовуються для цієї мети (пестициди), є потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища: повітря, води, ґрунту і зернопродуктів. Токсичність пестицидів, характер їх впливу, залишковий вміст в зернопродуктах строго регламентуються і контролюються з точки зору техніки безпеки і охорони навколишнього середовища. Наприклад, допустимий залишковий вміст бромистого метилу, що застосовується для газації, становить 35 мг/кг в зерні, 10 мг/кг в борошні, 3 мг/кг в хлібі і 1 мг/м^3 в повітрі робочої зони. Тому кожен препарат, запроваджуваний для боротьби зі шкідниками зернопродуктів, ретельно вивчають і встановлюють умови його застосування, норми витрат, оцінюють можливі негативні наслідки застосування, гранично допустимі концентрації його в зернопродуктах, повітрі, воді і на ґрунті, а також заходи безпеки при роботі з ним.

На борошномельних заводах щорічно проводять газацию всіх виробничих приміщень. При підготовці до газациї необхідні суворе дотримання її технології, забезпечення герметичності і чистоти приміщень, попередня оцінка метеорологічних умов періоду газациї та дегазациї (вологість, температура, тиск повітря). Контроль за проведенням процесу газациї і повнотою дегазациї після хімічної обробки приміщень, визначення залишкового вмісту пестицидів, порядок здачі об'єктів після газациї гарантують безпеку цих заходів для людей і знижують рівень забруднення навколишнього середовища [74].

Зернопереробні підприємства використовують воду для виробничих (технологічних) потреб, на господарсько-побутові цілі і пожежогасіння. На борошномельних заводах воду витрачають на обробку зерна в машинах мокрого лушення, апаратах і машинах для зволоження зерна, для охолодження вальців вальцьових верстатів і для обробки повітря в кондиціонерах.

На мукомольном заводі з комплектним обладнанням продуктивністю 500 т/добу витрата води на виробничі потреби становить близько 10 м³/год, а на господарські – до 0,3 м³/год. Ця витрата визначається з урахуванням води в оборотній системі водопостачання: в системі охолодження вальців і рециркуляції в промивних камерах кондиціонерів. Відповідно до цього в побутову і виробничу каналізацію відводиться до 6 м³/год стічних вод [73].

Виробничі стічні води поділяють на незабруднені (в основному охолоджуючі) і забруднені після машин мокрого лушення. У стічних водах після машин мокрого лушення містяться частинки органічного та мінерального походження, мікроорганізми. Ці води фільтрують через сита в спеціальних сепараторах, мокрі відходи віджимають, просушують і використовують для кормових цілей. Ступінь очищення води від домішок досягає 55%. Вода виводиться в каналізацію для подальшого очищення і знезараження в системі очисних споруд стічних вод до встановлених водоохоронної норм.

В даний час в системі хлібопродуктів розроблена і здійснюється комплексна цільова програма водоохоронних заходів щодо запобігання забруднення вод на період до 1990 р Поряд з будівництвом ефективних водоочисних споруд

перспективним напрямком є широке впровадження безстічної технології гідрообробки зерна.

В системі заходів з охорони навколишнього середовища важливе місце займає проблема відходів. У процесі підготовки зерна до помолу його очищують від різних домішок, що утворюють відходи різних категорій, в тому числі значна кількість цінних кормових і непридатних відходів. Перспективним напрямком є більш ефективне використання зерна і розробка рентабельних методів утилізації відходів.

У виробничих приміщеннях борошномельних заводів робота машин з швидкообертаючими і коливальними органами супроводжується шумом і вібрацією. При тривалому впливі вони несприятливо впливають на організм людини: викликають зниження слуху, втомлюють, притупляють увагу, викликають специфічні захворювання. У нашій країні допустимі рівні звуку і звукового тиску визначає ГОСТ 12.1.003–83 "Шум. Загальні вимоги безпеки". Нормованими параметрами є рівень звуку в дБА, вимірюваний за шкалою "А" шумоміра, а також рівень звукового тиску в дБ, вимірюваний на середнегеометрических частотах октавних смуг [75].

Звуки різних частот при однакових рівнях звукового тиску по-різному впливають на органи слуху людини. Найбільш неприємні для людини звуки високих частот. Це враховується при нормуванні рівнів шуму і застосуванні звукопоглинальних пристроїв і матеріалів, ефективність яких залежить від частоти. Тому для успішної боротьби з шумом необхідно знати його частотний спектр. Для вивчення розподілу частот шуму в вимірювальну апаратуру введені акустичні фільтри, частотні характеристики яких позначені буквами А, В, С і В. Відповідно результати вимірювань позначаються дБ А, дБ В і т. д. Характеристика "А" в найбільшою мірою наближає вимірювання акустичного шуму до сприйняття звуку людиною. У практиці вимірів рівнів шуму на підприємствах системи хлібопродуктів в основному вимірюють рівень звуку за влучним висловом "А" шумоміра.

Як показали виміри, найбільш "гучними" є приміщення, де встановлені вальцові верстати і повітродувні машини.

Результати дослідження показали, що рівні шуму в більшості виробничих приміщень перевищують встановлені норми як за рівнем звуку в дБ А, так і в октавному спектрі частот. Однак на нових заводах з високопродуктивним обладнанням обслуговуючий персонал не повинен постійно перебувати близько машин, тому шум впливає на нього обмежений час. Вся інформація про роботу заводу і управління ним зосереджені на пульті, де постійно перебуває оператор. Рівні шуму в приміщенні пульта управління борошномельного заводу значно нижче допустимих норм. Слід зазначити, що рівень шуму на нових борошномельних заводах знижений на 10...12 дБ у порівнянні з заводами, побудованими раніше, за рахунок якісного виготовлення і динамічного балансування обертових робочих органів, зубчастих передач, установки приводів вальцових верстатів під перекриттям, застосування звукопоглинальних матеріалів і покриттів, глушників, установки повітродувних машин в ізолюваному приміщенні першого поверху.

Гігієнічні норми вібрації на робочих місцях у виробничих приміщеннях підприємств регламентуються ГОСТ 12. 1.01278 ССБТ. Аналіз параметрів вібрації на робочих місцях показав, що практично всі машини нових заводів створюють вібрації, які не перевищують встановлених норм [73].

Заходи з охорони навколишнього середовища, спрямовані в першу чергу на створення здорових і безпечних умов праці та побуту людей, є найважливішою складовою виробничої діяльності всіх промислових підприємств, потужним важелем збільшення продуктивності праці і прискорення науково-технічного прогресу галузі.

До роботи апаратником борошномельного виробництва допускаються особи не молодше 18 років, будь-якої статі, попередньо пройшли медичний огляд, а також вступний інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки, інструктаж на робочому місці та відповідне навчання професії в навчальному комбінаті, які пройшли стажування під керівництвом начальника зміни або кваліфікованого

робітника зі стажем роботи не менше 3-х років протягом не менше 12 змін, що мають допуск до самостійної роботи.

Працівник повинен:

- Дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку організації;
- Знати і виконувати вимоги інструкцій;
- Знати прийоми надання першої медичної допомоги при нещасних випадках;
- Знати і виконувати правила особистої гігієни;
- Дотримуватися обережності при ходьбі по сходах, під час перебування на території організації;
- Дотримуватися вимог пожежної безпеки, знати порядок дій при пожежі, вміти застосовувати первинні засоби пожежогасіння;
- негайно повідомляти безпосереднього керівника робіт про будь-яку ситуацію, яка загрожує життю або здоров'ю працюючих і оточуючих, кожний нещасний випадок, що стався на виробництві, несправності обладнання, інструменту, пристосувань, транспортних засобів, засобів захисту, про погіршення свого здоров'я;
- Виконувати тільки доручену роботу;
- Правильно використовувати надані йому засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Працівникові не допускається проводити роботи, перебуваючи в стані алкогольного сп'яніння або у стані, викликаному вживанням наркотичних засобів, психотропних або токсичних речовин, а також розпивати спиртні напої, вживати наркотичні засоби, психотропні або токсичні речовини на робочому місці або в робочий час .

Куріння допускається тільки в спеціально відведених для цього місцях.

При обслуговуванні обладнання млина на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- Обертів механізми;
- Підвищена напруга електричного струму;
- Статична електрика;

- Можливість виникнення вибуху або пожежі;
- Підвищена запиленість і шум.

Відповідно до типових галузевих норм безплатної видачі спецодягу та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) оператор мукомельного підприємства забезпечується:

- Костюмом бавовняним;
- Черевиками шкіряними;
- Шоломом х/б;
- Навушниками або біруші.

Оператор мукомельного підприємства працює під безпосереднім керівництвом начальника зміни, чітко і своєчасно виконує його розпорядження.

Для забезпечення пожежо-і вибухобезпеки оператор мукомельного підприємства зобов'язаний здійснювати контроль режиму роботи обладнання (температурою нагріву підшипників, електродвигунів, паралельність вальцових валів, підпором верстата продуктом, попаданням сторонніх предметів, наявністю води для охолодження, натяжкою ременів приводів і їх укомплектованістю).

Працівник несе відповідальність за порушення вимог цієї інструкції в порядку, встановленому Правилами внутрішнього трудового розпорядку організації і чинним законодавством [74].

7.1.3 Вимоги по охороні праці перед початком роботи

Приступаючи до роботи, оператор мукомельного підприємства повинен надіти спецодяг, ретельно заправити його, не допускаючи звисаючих кінців, волосся прибрати під головний убір, взуття повинно бути зручним, закритим, без каблука.

Працівник повинен ознайомитися з результатами попередньої зміни, з'ясувати всі наявні технічні неполадки в роботі устаткування, уважно оглянути робоче місце і перевірити, чи немає на робочому місці сторонніх предметів, чи

вільні проходи, справність освітлення, аспірації, підключення заземлення, наявності необхідного інвентарю, інструментів, пристосувань.

Перевірити справність обладнання, температуру підшипників, електродвигунів, наявність і справність огорожень приводів. Зовнішнім оглядом перевірити справність електроапаратури, засобів сигналізації, справність електроосвітлення, засобів заземлення, аспіраційних мереж.

При дистанційному пуску, почувши звуковий сигнал, закрити дверцята і люки, не торкатися до обертових деталей і прибрати руки з небезпечної зони обладнання.

У разі виявлення несправностей слід повідомити про це начальнику зміни і діяти за його вказівкою [74].

7.1.4 Вимоги по охороні праці при виконанні роботи

Робоче місце утримувати в належному порядку.

Під час роботи верстатів прибрати пил з зовнішнього боку, своєчасно прибрати завали.

Не відкривати без необхідності дверки і люки обладнання і не допускати викидів пилю в приміщення.

Проби продукту відбирати, використовуючи совок з діелектричною ручкою.

Не допускається чистити і виймати щитки для подачі продуктів від живильних валів до робочої зони при роботі вальцового верстата, а також підхоплювати руками сторонні предмети, що потрапили в верстат. У разі потрапляння таких предметів необхідно негайно відключити верстат і вийняти їх після повної зупинки верстата. Двері і люки верстата повинні бути закриті і не допускати пилу в приміщення.

При порушенні паралельності валів, підпору продуктом валків, ненадходження продукту на верстат необхідно зупинити вальцовий верстат і усунути неполадки. Для внутрішнього очищення користуватися тільки спеціальним гачком.

Не допускається проводити технічне обслуговування, очищення і ремонт під час роботи обладнання або якщо устаткування не заблоковано від випадкового включення (трьохпозиційний перемикач встановлений в положення «0»).

Під час роботи необхідно стежити за рівномірним надходженням продукту в сітовечних машину.

Не допускати розсип продукту навколо машини, регулярно очищати елементи обладнання від осілого пилу тільки під час зупинки. Контролювати і забезпечувати герметичність люків і з'єднань.

Працівник повинен підтримувати робоче місце в належному порядку і стежити за наявністю і справністю тканинних рукавів на випускних патрубках.

При очищенні аспіраційних повітропроводів не допускається ставати на горизонтальні ділянки повітропроводів і притуляти до них драбини.

Оператор мукомельного підприємства повинен проводити очищення магнітів від металодомішок не рідше одного разу в зміну. Очищення проводити в рукавицях ручної щіткою в сторону протилежну від очей.

Зібрані в спеціальний ящик металодомішок необхідно здати в лабораторію, а дані про кількість і характер металодомішок занести в журнал.

Розсів повинен обертатися рівномірно без стукотів і ударів, приводні ремені не повинні пробуксовувати, троси повинні мати однаковий натяг.

Стежити за рівномірним надходженням продукту в прийомні патрубки розсівів і виходом продукту, стежити за надійним кріпленням тканинних рукавів, герметичністю їх з'єднань.

Не допускати розсип продукту навколо розсівання, регулярно очищати обладнання від осілого пилу (під час зупинки).

Не зупиняти розсівання, що працює нормально в період розгону, а також не включати розсівання повторно, якщо він повністю не зупинився. При збиванні з нормального ходу або появи стукотів в розсіві його зупиняють, припинивши подачу продукту.

Під час роботи не захарашувати проходи, підхід до пультів управління і виходи з приміщення [75].

7.1.5 Вимоги по охороні праці по закінченню роботи

Про всі виявлені порушення охорони праці повідомити начальнику зміни або начальнику млини.

Після закінчення зміни працівник повинен привести в порядок своє робоче місце, використовуючи щітки з довгою ручкою і інший інвентар для безпечного проведення робіт.

Прибрати спецодяг та ЗІЗ в гардероб.

Перед перевдяганням в особистий одяг прийняти гігієнічний душ.

Залишатися в цеху або на території організації після закінчення зміни без відома начальника млина не допускається [73].

7.1.6 Вимоги по охороні праці в аварійних ситуаціях

При виникненні небезпечних передаварійних ситуацій (запах нагрітого продукту, гару, диму, потрапляння в обладнання сторонніх предметів, завалу обладнання продуктом і т.д.) все технологічне обладнання повинно бути зупинено і ретельно перевірено. Запуск його можливий тільки після виявлення і усунення причин неполадок.

До аварійних ситуацій або нещасних випадків можуть привести:

- потрапляння сторонніх предметів в робочу зону;
- поява сторонніх звуків при роботі верстатів;
- наявність електричної напруги на корпусі верстата;
- пошкодження, іскріння або загоряння проводки;
- потрапляння в небезпечну зону або захоплення рук, одягу людей;
- вібрація верстата, електродвигуна, трубопроводів;
- завал верстата продуктом;
- нагрів підшипників вище 60 °С.

У разі виникнення аварійної ситуації оператор мукомельного підприємства зобов'язаний зупинити обладнання і вжити заходів щодо усунення вищевказаних ситуацій.

У разі виникнення пожежі або вибуху оператор мукомельного підприємства повинен:

- натисканням кнопки ручного пожежного сповіщувача (СПР) повідомити про аварію черговому;
- натисканням кнопки звукового сигналу оповістити весь обслуговуючий персонал про аварію;
- кнопкою аварійної зупинки відключити технологічне, транспортне та аспирационное обладнання;
- повідомити в сторожову охорону організації по телефону;
- приступити до гасіння загоряння первинними засобами пожежегасіння;
- надати при необхідності першу долікарську допомогу потерпілому: зробити штучне дихання, накласти пов'язку на рану, джгути із зазначенням часу при кровотечах і при необхідності викликати швидку допомогу за телефоном 103 або 112;
- в разі загрози життю покинути приміщення.

У разі отримання травми або раптового захворювання потерпілий повинен повідомити начальнику зміни і звернутися в медпункт [74].

7.2 Безпека а надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Структура цивільного захисту на підприємствах харчової промисловості

Виходячи з принципів побудови цивільного захисту в Україні слід підкреслити, що територіально - виробничий принцип знайшов втілення в організації цивільного захисту на об'єктах народного господарства, а також на територіях областей, міст і районів, в тому числі міських та сільських.

При цьому територіальний принцип полягає в організації цивільного захисту в областях, місцях, районах, а виробничий - в організації цивільного захисту на підприємствах, в установах, закладах.

Метою цивільного захисту на підприємствах економіки є забезпечення захисту виробничого персоналу, його сімей в надзвичайних ситуаціях і створення умов для своєчасного та якісного проведення рятувальних та інших невідкладних робіт на відповідному об'єкті для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Цивільний захист на об'єкті економіки як правило очолює його керівник. Він відповідає за захист виробничого персоналу, постійну готовність органів управління, відповідних сил і засобів для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

На великих об'єктах економіки начальник цивільного захисту призначає заступників: з евакуації, інженерно-технічної частини і матеріально-технічного забезпечення. При цьому заступники виконують свої обов'язки на громадських засадах [76].

Заступником начальника цивільного захисту об'єкта з евакуації призначається заступник керівника з загальних питань. Він, як правило очолює евакуаційну комісію, розробляє план евакуації об'єкта, організує перевезення в підготовлену заміську зону людей, майно та керує службою охорони громадського порядку.

Заступником начальника цивільного захисту з інженерно-технічної частини призначається головний інженер підприємства. Він керує аварійно-технічною,

протипожежною службами, службою сховищ та укриттів, а також проведенням рятувальних та інших невідкладних робіт.

Заступником начальника цивільного захисту з матеріально-технічного забезпечення призначається заступник (помічник) з цих питань. Він керує службою матеріально-технічного забезпечення.

На рисунку 6.1 показано Організація цивільного захисту на підприємстві харчової промисловості.



Рисунок 6.1 – Організація цивільного захисту на підприємстві харчової промисловості

Для керівництва поточної роботи з цивільного захисту на об'єкті економіки створюється основний орган управління - штаб цивільного захисту. До складу штабу цивільного захисту входять: начальник штабу і його заступники (помічники) з оперативно-розвідувальної частини, бойової підготовки, житлового сектора [77].

Посада начальника штабу цивільного захисту передбачається штатним розкладом об'єкта. Начальник штабу є першим заступником начальника

цивільного захисту об'єкта і має право за його ім'ям віддавати накази та розпорядження з цивільного захисту. Він є безпосереднім організатором управління цивільним захистом і сповіщення про загрозу або факт надзвичайної ситуації, розвідки, дозиметричного і хімічного контролю, веде поточне та перспективне планування, підготовку формувань і виробничого персоналу з цивільного захисту та контроль за виконанням всіх заходів з цивільного захисту.

Для ефективного і якісного виконання завдань цивільного захисту на об'єкті економіки рішенням начальника створюються відповідні служби. Залежно від характеру виробництва, чисельності працюючих і відповідної бази звичайно створюються такі служби: оповіщення і зв'язку, охорони громадського порядку, сховищ та укриттів, радіаційного та хімічного захисту, аварійно-технічна, медична, транспортна, протипожежна, енергопостачання і світломаскування, матеріально-технічного забезпечення, ветеринарна (на м'ясо переробних об'єктах) та інші. Базою створення будь якої служби є відповідний відділ або структурний підрозділ підприємства.

Служба оповіщення і зв'язку створюється на базі вузла зв'язку підприємства. Вона має своєчасно сповістити виробничий персонал підприємства про загрозу або факт виникнення надзвичайної ситуації.

Служба охорони громадського порядку створюється на базі підрозділів відомчої охорони. Вона повинна забезпечувати охорону об'єкта, підтримувати громадський порядок на об'єкті під час надзвичайної ситуації, а також забезпечити режим світломаскування.

Служба сховищ та укриттів створюється на базах відділів капітального будівництва і житлового-комунального. Вона повинна забезпечувати готовність захисних споруд, контролювати експлуатацію сховищ, укриттів, брати участь у розробці планів розміщення виробничого персоналу в захисних спорудах, а також в організації будівництва захисних споруд [77].

Служба радіаційного і хімічного захисту створюється на базі відповідних лабораторій підприємства.

Аварійно-технічна служба створюється на базі виробничого відділу (головного механіка). Служба розробляє та здійснює заходи для підвищення стійкості об'єкта при його функціонуванні в умовах надзвичайних ситуацій, а також ліквідує наслідки аварій у надзвичайних ситуаціях.

Медична служба створюється на базі медичних пунктів (санітарних частин, поліклінік) і виконує заходи медичного захисту на підприємстві, а саме: підтримує в постійній готовності до застосування за призначенням медичні формування, здійснює санітарно-гігієнічні і профілактичні заходи; надає медичну допомогу потерпілим, здійснює контроль за забрудненням радіонуклідами, небезпечними хімічними речовинами сировини і готової продукції, води та інших предметів.

Транспортна служба створюється на базі транспортних цехів, гаражів об'єкта. Вона розробляє і здійснює заходи стосовно перевезення людей, вантажу в надзвичайних ситуаціях.

Протипожежна служба створюється на базі підрозділу пожежної охорони. Вона розробляє протипожежні заходи, веде контроль за їх виконанням, локалізує та гасить пожежі, надає допомогу службі РХБ захисту під час дезактивації та дегазації ділянок місцевості та матеріальних засобів.

Служба енергопостачання і світломаскування створюється на базі відділу головного енергетика. Вона розробляє заходи, що спрямовані на безперервне постачання об'єкту газом, паливом, електроенергією, веде невідкладні роботи на енергетичних мережах, планує заходи з світломаскування.

Служба матеріально-технічного забезпечення створюється на базі відділу матеріально-технічного забезпечення об'єкта. Вона розробляє плани матеріально-технічного забезпечення об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій, забезпечує своєчасне постачання необхідного майна, засобів захисту, організує та здійснює своєчасний ремонт пошкодженого обладнання та інших матеріальних засобів, забезпечує виробничий персонал продуктами харчування [76].

На підприємствах з невеликою кількістю працюючих служби цивільного захисту не створюються, їх завдання вирішують окремі особи, які керують відповідними формуваннями цивільного захисту.

На дані формування покладається виконання таких завдань:

- рятувальні та евакуаційні роботи в осередках ураження та надання медичної допомоги потерпілим безпосередньо на робочих місцях або шляхах евакуації;
- профілактичні роботи щодо запобігання аваріям та катастрофам;
- виробництво, ремонт та технічне обслуговування ізолюючих дихальних апаратів, контрольних приладів, засобів аварійного зв'язку, іншого обладнання необхідного для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [75].

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Вплив мукомельного підприємства на навколишнє середовище

Кожне підприємство, що займається виробництвом, будь-якого продукту, має забезпечувати безпеку навколишнього середовища. У процесі переробки зернових культур утворюються гази, що містять пил і токсичні гази з неприємним запахом. Запиленість газів, що відходять при переробці зернових культур може сягати від 2 до 3 гр/м³.

Присутність запахів в повітряних викидах підприємств при тривалій дії здійснюють дратівливі дію на людину і викликає скарги населення.

Джерелами забруднення навколишнього середовища на мукомельному підприємстві є наступні:

1. Насоси і двигуни, які поглинають кисень і виділяють вуглекислий газ, шкідливі токсичні речовини і пил в атмосферне повітря.

До складу викидів в атмосферу від елеваторів входять: сірководень (5 мг/м³), діоксид сірки, окис азоту, аміак, складні ефіри (125 ... 325мг/м³), борошняний пил. Переміщення борошна по матеріалопроводам (труби, по яких надходить борошно за допомогою аспірації (методу видування) супроводжується виділенням борошна в повітря, яке забирається в повітряно-аспіраційній мережі і прямує в циклон. Однак іноді повітря в циклоні мало і викиди в навколишнє середовище перевищує ГДК (гранично допустиму концентрацію).

2. Шуми і вібрації впливають на працівників підприємства, підвищуючи їх стомленість і знижуючи їх працездатність. Діюче устаткування є джерелом постійного шуму, допустимі санітарні норми ГДК шуму: 35 дБА вдень, 25 дБА вночі [77].

3. Стічні води містять господарсько-побутові та виробничі забруднення, які потрапляють в каналізаційну мережу. За ступенем інтенсивності негативного впливу підприємств харчової промисловості на об'єкти навколишнього середовища перше місце займають водні ресурси [78].

По витраті води на одиницю продукції, що випускається харчова промисловість займає одне з перших місць серед галузей народного господарства. Високий рівень споживання обумовлює великий обсяг накопичення стічних вод на підприємствах, при цьому вони мають високу ступінь забрудненості і становлять небезпеку для навколишнього середовища.

Скидання стічних вод у водойми швидко виснажує запаси кисню, що викликає загибель мешканців цих водойм. Стічні води не повинні перевищувати санітарні норми по забрудненості органічними забруднювачами, кількість яких не повинна перевищувати допустимі 3мг/л.

Для зниження вібрації на заводі ретельно розраховують і проектують фундаменти для машин та устаткування. Для зниження шуму починають впроваджувати фільтри-глушники, які також зменшують вміст шкідливих домішок у вихлопних відпрацьованих газах. Впровадження цього механізму дозволить знизити шуми, зменшити забруднення навколишнього середовища і захворюваність працюючих.

Однією з найбільш актуальних проблем, що хвилюють сьогодні людство, стала проблема охорони природи, раціонального використання природних багатств. У нашій країні охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів відноситься до найважливіших політичних, економічних і соціальних завдань [77].

Від суспільства залежить, як діяти в природі, щоб, з одного боку, у повній мірі задовольняти потреби суспільства в природних ресурсах, а з іншого - всіляко їх відновлювати, поповнювати і охороняти.

На зорі цивілізації людина впливала на навколишнє природне середовище незначно і найчастіше локально. З ростом продуктивних сил цей вплив став зростати, проте до останнього часу панувало уявлення, що ресурси нашої планети практично невичерпні, а самоочищення природи безмежне. Але це уявлення глибоко помилкове.

Охорона навколишнього середовища - одне з нагальних завдань людства. Забруднення навколишнього середовища набуває все більш гострий, тривожний характер.

У природі все більше проявляються зміни, викликані сільськогосподарською діяльністю людини, в зв'язку зі збільшенням продовольчих потреб і з ростом населення.

Чималої шкоди навколишньому середовищу завдає діяльність зернопереробних підприємств.

Охорона атмосферного повітря - найважливіше завдання оздоровлення зовнішнього середовища.

Виробничі процеси, які протікають на борошномельних заводах: очищення, вентилявання, лушення, дозування, подрібнення, сортування і т.д., супроводжуються виділенням значної кількості пилу. Пил, перебуваючи в підвішеному стані, являє собою дисперсну середу, так звану аерозолем. Вона забруднює навколишнє повітря, негативно діє на людину, навколишнє середовище.

По виду пил, що виділяється підприємствами АПК, може бути органічний, неорганічний або органомінеральний. Відомо, що в зерновий пил можуть потрапляти спори різних грибків. Тому нерідко він є переносником вірусних захворювань.

Згідно з санітарними нормами для робочих зон виробничих приміщень встановлені гранично допустимі концентрації пилу по масі частинок в міліграмах, віднесені до 1 м³ повітря при нормальних умовах.

Для запобігання виносу пилу в атмосферу і забруднення прилеглої до підприємства місцевості на мукомольном заводі передбачається система аспірації з певною кількістю відсмоктуваного повітря з усіх точок пиловиділення.

Повітря очищається від пилу в пиловідокремлювачі різних конструкцій. Порядок визначення гранично допустимих концентрацій (ГДК) викидів шкідливих речовин в атмосферу регламентується стандартом.

Крім негативних наслідків забруднення атмосферного повітря, зерновий і борошняний пи́л служить причиною виникнення вибухів на зернопереробних підприємствах.

Поряд із забрудненням повітря в результаті пиловиділення, практика хімічного захисту зернових продуктів від шкідників пов'язана з викидом токсичних речовин в атмосферу. Препарати, що застосовуються для цієї мети, - пестициди служать потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища: повітря, води, ґрунту і зернових продуктів. Токсичність пестицидів, характер їх впливу, залишковий вміст в зернових продуктах суворо регламентуються і контролюються з точки зору техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

Зменшенню забруднення повітря пилом і промисловими газами сприяють зелені насадження. Рослини не тільки поглинають діоксид вуглецю, виділяючи при цьому кисень, а й розсіюють і поглинають інші шкідливі речовини. За даними Д. П. Нікітіна та ін., один гектар листяних дерев затримує до 100 т пи́лу в рік, а один гектар хвойних дерев – до 40 т пи́лу в рік. Крім цього, рослини мають фітонцидну і протимікробну дію. Тому при проектуванні млинів необхідно враховувати важливу роль зелених насаджень в очищенні атмосфери від шкідливих промислових викидів і відводити їм відповідне місце на території підприємства.

Крім забруднення атмосфери, серйозною проблемою є забруднення водою господарсько-побутовими і виробничими стічними водами.

На борошномельних заводах воду витрачають на обробку зерна в машинах мокрого луцення, апаратах і машинах для зволоження зерна, охолодження вальців вальцьових верстатів, обробку повітря в кондиціонерах.

Стічні води фільтрують через сита в спеціальних сепараторах, мокрі відходи віджимають, просушують і використовують для кормових цілей. Ступінь очищення води від домішок досягає 55%. Вода виводиться в каналізацію для подальшого очищення і знезараження в системі очисних споруд стічних вод до встановлених водоохоронних норм.

В системі заходів з охорони навколишнього середовища важливе місце займає проблема відходів. У процесі підготовки зерна до помолу його очищують від різних домішок, що утворюють відходи різних категорій, в тому числі значна кількість цінних кормових і непридатних відходів. Перспективне більш ефективне використання зерна і розробка рентабельних методів утилізації відходів.

8.2 Результати забрудненості продуктів харчування

Результати обстеження в нашій країні рівня забрудненості продуктів харчування токсичними хімічними сполуками, біологічними реагентами і мікроорганізмами, що пов'язано головним чином з техногенним забрудненням навколишнього середовища, з низькою агротехнічної культурою і порушенням агрохімічних технологій.

Харчові продукти мають здатність акумулювати з навколишнього середовища всі екологічно шкідливі речовини і концентрувати їх у великих кількостях.

З навколишнього середовища 70% отрут потрапляють в організм людини з їжею рослинного і тваринного походження. З 1986 року рівень радіонуклідів в продуктах харчування збільшився в 5-20 разів у порівнянні з 60-ми роками. За останні 5 років забруднення продуктів харчування нітратами і продуктами їх розпаду зростає в 5 разів [78].

Навіть при дотриманні всіх норм внесення в ґрунт пестицидів ми не вбережені від отримання неякісних продуктів, так як пестициди потрапляють в культури не тільки залишкові кількості препаратів, а й продукти їх метаболітів, що володіють більш високою концентрацією і токсичністю. У плодах і овочах забруднення нітратами перевищує добову дозу до 8 раз. До 10% проб харчових продуктів містять важкі метали і половина з них – в дозах перевищують ГДК. По окремих видах продуктів цей показник ще вищий. Так, в 52% досліджених зразків вершкового масла містилися токсичні речовини (мідь, залізо, цинк свинець і ін.) вище ГДК.

Погіршення якості тваринницької та рослинної сировини з екологічних причин змінює технологічні характеристики сировини для переробних галузей. Внаслідок цього різко знижується вихід готової продукції, збільшуються відходи сировини, зменшуються терміни його зберігання. Так, за останні роки знизилася цукристість цукрових буряків, олійність соняшнику, крохмалистість картоплі, вміст білка і жиру в молоці, вміст сухих речовин в овочах. Крім того, в результаті впливу на навколишнє середовище, змінюють генетику, багато плодівих дерев, овочеві культури починають продукувати плоди і бульби неправильної форми, які не підлягають механізованому миттю та чищенню, тривалому зберіганню. До 50% виробленої картоплі не відповідає стандарту. Через високий вміст шкідливих речовин, що потрапили в заготовлюване молоко з навколишнього середовища, від 20 до 50% його непридатне для виробництва продуктів дитячого харчування [79].

8.3 Аналіз методів досягнення безпеки харчових продуктів

Говорячи про безпеку продуктів харчування, необхідно в першу чергу ставити питання про екологічну чистоту сировини для їх виробництва. Цю проблему треба вирішувати як на державному рівні, так і в регіонах [80].

До недавнього часу обмеження щодо вмісту шкідливих речовин пред'являлися тільки до кінцевого продукту – харчовим продуктам, і не поширювалися на сировину, з якої вони виробляються. Необхідно докорінно змінити підхід до сертифікації сільськогосподарської продукції. Це глобальне завдання і його рішення потребує значного часу. Моніторинг, або система постійних спостережень за чистотою і рівнем забруднення продовольчої сировини і харчових продуктів чужорідними речовинами, вимагає створення нормативної та методичної бази, підготовки висококваліфікованих кадрів спеціалістів аналітиків.

Екологічно безпечні продукти харчування - це продукція, отримана з екологічно безпечної сировини за технологіями, що виключають утворення і накопичення в продуктах потенційно небезпечних для здоров'я людини хімічних і

біологічних речовин і відповідають медико-біологічним вимогам і санітарним нормам якості продуктів сировини і харчових продуктів. Безпека харчових продуктів гарантується встановленням і дотриманням регламентованого рівня вмісту будь-яких забруднювачів.

Центральна ланка системи забезпечення безпеки харчових продуктів – організація контролю і моніторингу за їх забрудненням. Цілі моніторингу:

- визначення вихідного рівня забрудненості харчових продуктів токсикантами і вивчення варіантності цих рівнів у часі;
- визначення і підтвердження ефективності заходів щодо зниження рівня забруднення харчових продуктів чужорідними речовинами;
- забезпечення постійного контролю ступеня забруднення харчової продукції, не допускаючи перевищення встановлених ГДК.

Удосконалення форм системи відомчого (сільськогосподарського і промислового), державного, громадського контролю якості та безпеки сировини і харчових продуктів, їх сертифікація дозволять підвищити якість харчових продуктів, наблизивши їх рівень до вимог світових стандартів.

Один з напрямків діяльності по створенню безпечних продуктів харчування – розробка нових наукомістких технологій виробництва здорових продуктів [81].

ВИСНОВКИ

За результатами виконаних теоретичних і експериментальних досліджень, а також розробок автоматизованих систем керування процесом зернопідготовки можна сформулювати наступні основні висновки:

1. В структурі зернопереробки технологічний процес підготовки зерна до помолу визначає основні техніко-економічні показники всього процесу переробки зерна – вихід борошна та його собівартість. Визначальний вплив на техніко-економічні показники переробки здійснюють процеси формування помольної суміші та гідротермічної обробки зерна.

2. Як засвідчує аналіз процесу зернопідготовки та систем керування процесом, проблемні задачі по ефективному використанню зернових ресурсів і оптимізації процесу залишаються не розв'язаними і їх розв'язання потребує теоретичних і експериментальних досліджень для створення моделі розрахунку помольної суміші, нових методів багатокомпонентного дозування на основі сучасних тензовимірювальних і комп'ютерних технологій обробки інформації і керування, ідентифікації параметрів моделі гідротермічної обробки зерна та розробки автоматизованих систем керування процесами.

3. На основі методів оптимального керування і аналізу показників якості зерна створена модель розрахунку помольної суміші за визначальними показниками якості зерна при мінімізації вартості помольної суміші; визначальними показниками якості визначені кількість і якість клейковини та число падіння, а інші показники (вологість, зольність, скловидність, натура, смітні домішки) розглядаються як другорядні при формуванні помольної суміші з причин стабілізації в процесі гідротермічної обробки зерна (вологість), встановлення режимів гідротермічної обробки (скловидність), обмежень стандартами на зерно і схемами сортових помолів (зольність, натура), реалізації розвинутих схем зерноочистки (домішки).

4. На основі сучасних технологій тензовимірювальної техніки і комп'ютерної обробки інформації та керування досліджені нові методи багатокомпонентного

дозування зерна при формуванні помольної суміші, які дозволяють створювати принципово нові системи багатокomпонентного дозування з загальним ваговимірювальним пристроєм.

5. На основі методів теорії лінійних систем виконані дослідження процесу гідротермічної обробки зерна, визначена модель процесу з вихідними параметрами по міцності зерна і виходу круподунстових продуктів дертяних систем, проведена ідентифікація параметрів моделі.

6. Проаналізовані основні неконтрольовані збурення на процес гідротермічної обробки зерна, перш за все, для технологічних схем з машинами для миття та мокрого луцення зерна, показана необхідність контролюваності та керованості процесів миття та мокрого луцення.

7. Експериментальними дослідженнями підтверджені теоретичні положення запропонованих нових методів багатокomпонентного дозування з загальним ваговимірювальним пристроєм на основі контролю сумарної маси зерна і ідентифікації живильника по тривалості зміни маси на збірному конвеєрі або встановленням фіксованих швидкостей збірного конвеєра.

8. Досліджені основні технологічні схеми зволоження зерна, показано, що застосування машин для миття призводить до порушення вимог до зволоження, а застосування машин мокрого луцення забезпечує виконання вимог до зволоження, проте неконтрольованість і некерованість подачі води в машину вносять значні збурення на процес зволоження, для компенсації яких необхідно розробляти нові системи керування процесом зволоження.

9. Розроблені автоматизовані системи розрахунку і формування помольної суміші за визначальними показниками якості зерна при мінімізації вартості помольної суміші та гідротермічної обробки зерна з забезпеченням контролю основного збурення від машин мокрого луцення.

10. Система гідротермічної обробки зерна забезпечує стабілізацію вологості, що призводить до збільшення виходу борошна вищого гатунку на 5%. Річний економічний ефект від впровадження системи на млині продуктивністю 7,1 т/год складає 384727,86. грн, із термінок окупності 0,4 року.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Анализ технического уровня групп машин и процессов мукомольных заводов.– М: ЦНИИИТИ, 1981, – 84 с.
2. Артеменко В.Ф., Денисенко В.М. Вагодозуюче обладнання: стан і перспективи //Зерно і хліб.– 1997. – №1. – С. 30 – 31.
3. Артеменко В.Ф., Денисенко В.М. Енергетичні резерви галузі //Зерно і хліб.– 1996.–№4. – С. 30.
4. Богаенко И., Горбенко В., Соболевский В. и др. Измерение расхода муки и отрубей с помощью бункерных (проходных) весов. //Автоматизація виробничих процесів – 2005. – №2. – С. 145 – 149.
5. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. –М. : Наука, 1966. – 307 с.
6. Брайсон А., Хо Ю- Ши. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управление. Пер. с англ. – М.: Мир, 1972. – 544 с.
7. Братерский Ф.Д. Ферменты зерна. – М.: Колос, 1994. – 196 с.
8. Бутковский В.А., Птушкина Г.Е. Технологическое оборудование мукомольного производства.– М.: ГП «Журнал хлебопродукты», 1999. – 208 с.
9. Бутковский В.А. Основы создания гибкой технологии холодного кондиционирования зерна. Обзорная информация. – М.: ЦНИИИТЭИ, 1991,– 41 с.
10. Бутковский В.А., Мерко А.И., Мельников Е.М., Технологии зерноперерабатывающих производств. – М.: «Интерграф сервис», 1999. – 462 с.
11. Бутковский В.А., Мельников Е.М. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – 464 с.
12. Галактионов А.И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП. – М.: Энергия, 1978. – 208 с.
13. Галкина Л.С., Бутковский В.А. Птушкина Г.Е. Техника и технология производства муки на комплексном оборудовании. – М.: Агропромиздат, 1987 – 320 с.

14. Галицкий Р.Р. Оборудование зерноперерабатывающих предприятий. –М.: Агропромиздат, 1990. – 271с.
15. Гаднер Л.А., Бутковский В.А., Родюкова А.М. Основы технологии приема, хранения и переработки зерна. – М.:Колос, 1979. – 400 с.
16. Горбенко В.М. Об'єктивна і вчасна інформація про роботу млина можлива //Зерно і хліб. – 2000. – №4. – С. 40 – 42.
17. Горбенко В.М. Спеціалізовані засоби автоматизації і комп'ютерні системи керування. //Зерно і хліб. – 2000. – №3.– С. 44 – 45.
18. Горбенко В.М., Ваньчик Я.Л. та інші. СДАУ на млинзаводі //Зерно і хліб. – 2001. – №2. – С. 40 – 41.
19. Горбенко В.М., Денисенко В.М. Актуальні проблеми автоматизації та керування технологічним процесом //Зерно і хліб. – 2001. – №1.– С. 38 – 40.
20. Горбенко В.Н., Грищенко А.З., Ваньчик Я.Л. Управление процессом увлажнения и отволаживания пшеницы //Автоматизація виробничих процесів. – 1997. – №1. – С. 85 – 91.
21. Горбенко В.М., Денисенко В.М. Композиційні суміші. Яке їх майбутнє? //Зерно і хліб. – 2002. – №1. – С. 34 – 37.
22. Автоматизовані системи контролю і керування процесами зернопереробки на млинах /Горбенко В.М., Денисенко В.М., Рюмшин М.О. Соболевський В.Ю. /. – К.: Техніка. 2005. – 188 с.
23. Горбенко В. Денисенко В., Соболевський В. Автоматизовані системи для формування помольної суміші. Оптимальне вирішення //Зерно і хліб – 2005. – №1.– С. 46 – 47.
24. Горбенко В.Н., Денисенко В.М., Красовский А.В., Использование весового транспортера в системах многокомпонентного весового дозирования //Автоматизація виробничих процесів. – 2004. – №1. – С. 151–153.
25. Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Новые направления в линейном программировании. – М.:Советское радио, 1966, –524 с.

26. Грищенко А.З., Горбенко В.Н., Терляева Г.Н. Автоматическое регулирование процесса измельчения зерна на вальцевых станках // Автоматизация производственных процессов. – 1996. – №2. – С. 79 – 82.
27. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. Пер. с польск. – М.:Машиностроение, 1974, – 328 с.
28. Денисенко В.М. Ваги і дозатори //Зерно і хліб – 1996. – №2. С.26 – 28.
29. Емкостные датчики и лабораторные влагомеры зерна и зернопродуктов. Обзорная информация – М.: ЦНИИИТЭИ, – 1990, – 34 с.
30. Зуховицкий С.И., Авдеева Л.И. Линейное и выпуклое программирование. – М.:Наука, 1967, – 460 с.
31. Куликов В.Н., Миловидов М.Е. Оборудование предприятий элеваторной и зерноперерабатывающей промышленности. – М.: Агропромиздат, 1991, – 384 с.
32. Мерко И.Т. Технология мукомольного и крупяного производства.– М.:Агропромиздат, 1985, – 287 с.
33. Мерко И.Т., Моргун В.А. и др. Структура и эффективность технологических процессов производства муки. – М.:Колос, 1983, – 239 с.
34. Мерко И.Т. Совершенствование технологических процессов сортового помола пшеницы. – М.:Колос, 1979, –191 с.
35. Моргун В.А. Улучшение хлебопекарных качеств муки. – К.: Урожай, 1991, – 186 с.
36. Непрерывное отволаживаение как объект управления.– М.: ЦНИИИТИ, 1980, – 54 с.
37. Оборудование для мукомольно-крупяной промышленности за рубежом. – М.: ЦНИИИТИ, 1989, – 30 с.
38. Остапчук Н.В. Математическое моделирование технологических процессов хранения и переработки зерна. – М.: Колос, 1977, – 240 с.
39. Плискин Л.Г. Оптимизация непрерывного производства. – М.: Энергия, 1975, –336 с.

40. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах (часть 1, часть 2). – М.:ВНПО «Зернопродукт», 1991, – 160 с.
41. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – К.: Фірма «ВПОЛ», 1998, – 145 с.
42. Птушкина Г.Е., Товбин Л.И. Высокопроизводительное оборудование мукомольных заводов. – М.:Агропромиздат, 1987, – 288 с.
43. Почеп В.А., Денисенко В.М. Контроль надійний, ефективний // Зерно і хліб. – 1998. – №4. – С. 38 – 40.
44. Птушкин А.Т., Новицкий О.А. Автоматизация производственных процессов в отрасли хранения и переработки зерна. 2-е изд. доп. и перераб.– М.: Агропромиздат, 1985, – 280 с.
45. Птушкина Е.А., Бутковский В.А., Федоренко В.С. Повышение эффективности управления процессом холодного кондиционирования зерна на основе применения микро-ЭВМ. Обзорная информация. – М.: ЦНИИИТЭИ, 1984, – 52 с.
46. Пухов Г.Е., Хатнашвили Ц.С. Критерии и методы идентификации объектов управления.– К.: Наукова думка, 1979, – 190 с.
47. Пути интенсификации процессов переработки зерна в муку на мукомольных предприятиях. Обзорная информация. – М.: ЦНИИИТЭИ, 1989, – 22с.
48. Работкин Ю.В. Сергунов В.С. Комплексная механизация и автоматизация производства на предприятиях по хранению и переработке зерна. Обзорная информация.– М.: ЦНИИИТЭИ, 1985, – 50 с.
49. Райбман Н.С. Что такое идентификация. – М.: Наука, 1970, – 177 с.
50. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами.– М.: Сов. радио, 1980, – 232 с.
51. Растринин Л.А., Маджаров М.Е. Введение в идентификацию объектов управления. – М.: Энергия, 1977, – 216 с.

52. Соболевський В., Горбенко В., Кузнецова К. Ігноруємо ми й досі мікронізацію зернових. //Зерно і хліб. – 2005, – № 2, – С. 16 – 17.
53. Соболевський В. Заслін вогню на елеваторах, млинах і зерносховищах. //Зерно і хліб.– 2005, №1, – С. 6 – 7.
54. Соболевський В.Ю., Горбенко В.М., Денисенко В.М. Автоматизовані системи формування помольної суміші. //Автоматизація виробничих процесів.– 2004, №2, – С. 25 – 34.
55. Соболевський В.Ю., Горбенко В.М., Денисенко В.М., Согін А.Є., Калита Ю.О. Зернопідготовка як об'єкт автоматизованого керування. // Автоматизація виробничих процесів. – 2005, №2 С.38 – 42.
56. Справочник проектировщика АСУ ТП. Под ред. Г.Л. Смилянського.– М.:Машиностроение, 1983, – 528 с..
57. Сірий П.М. Вагове обладнання для високопродуктивних млинів. // Зерно і хліб.– 2001, – №2,– С.44–45.
58. Спири К., Браун Р., Гудвин Дж. Теория управления. Идентификация и оптимальное управление. Пер. с англ. – М.: Мир, 1973, – 348 с.
59. Фельдбаум А.А., Основы теории оптимальных автоматических систем. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Наука, 1966, – 623 с.
60. Фомин Ю.А. Автоматизация предприятий системы хлебопродуктов. Обзорная информация. – М.: ЦНИИИТЭИ, 1987, – 36 с.
61. Хазен Э.М. Методы оптимальных статистических решений и задачи оптимального управления. – М.: Сов. радио, 1968, – 256 с.
62. Хобин В.А. Автоматизация технологических процессов в отрасли хлебопродуктов: состояние и перспективы. ОДАХТ. Наукові праці ОДАХТ, Міністерство освіти України, Одеса, 2001, Вип. 21.
63. Хобин В.А. Імовірні моделі порушень регламенту технологічного процесу для систем гарантуючого управління. ОДАХТ. Наукові праці ОДАХТ, Міністерство освіти України, Одеса, 1999, Вип. 19.
64. Цыплаков А.С. Оборудование элеваторов и зерноперерабатывающих предприятий. – М.: МГИУ, 2001, – 328 с.

65. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Линейное программирование: теория, методы и приложения. – М.: Наука, 1969, – 420 с.

66. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Задачи и методы линейного программирования. – М.: Сов. радио, 1964, – 736 с.

67. Соболевський В., Горбенко В., Денисенко В. Холодне, гаряче й швидкісне кондиціювання зерна // Зерно і хліб. –2007. – №3. – С. 31 – 33.

68. Соболевський В., Горбенко В., Денисенко В., Багатокомпонентні сипкі суміші тепер можна готувати в автоматизованих модулях.//Зерно і хліб. – 2007. – №4. – С. 27.

69. Методичні вказівки до виконання екологічної частини дипломних проектів (для студентів, які навчаються за спеціальностями 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / Укл. Лясота О. М. – Тернопіль, 2015. – 32 с.

70. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в дипломних проектах (для студентів, які навчаються за спеціальностями 8.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / Укл. Стручок В. С. – Тернопіль, 2019. – 58 с.

71. 2. Петрович І.М. Економіка виробничого підприємства: Підручник. Київ: 2002. – 240 с.

72. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів (для студентів, які навчаються за спеціальностями 8.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / Укл. Дмитрів О. Р. – Тернопіль, 2018. – 40 с.

73. Основи охорони праці В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников – Вид. 2-е, стереотипне. – Львів: Афіша, 2000. – 348 с.

74. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Інтегрований курс безпеки життєдіяльності (теоретичні основи): Навч. посіб. – Кам'янець-Подільський: Буйницький О.А., 2009. – 200 с.

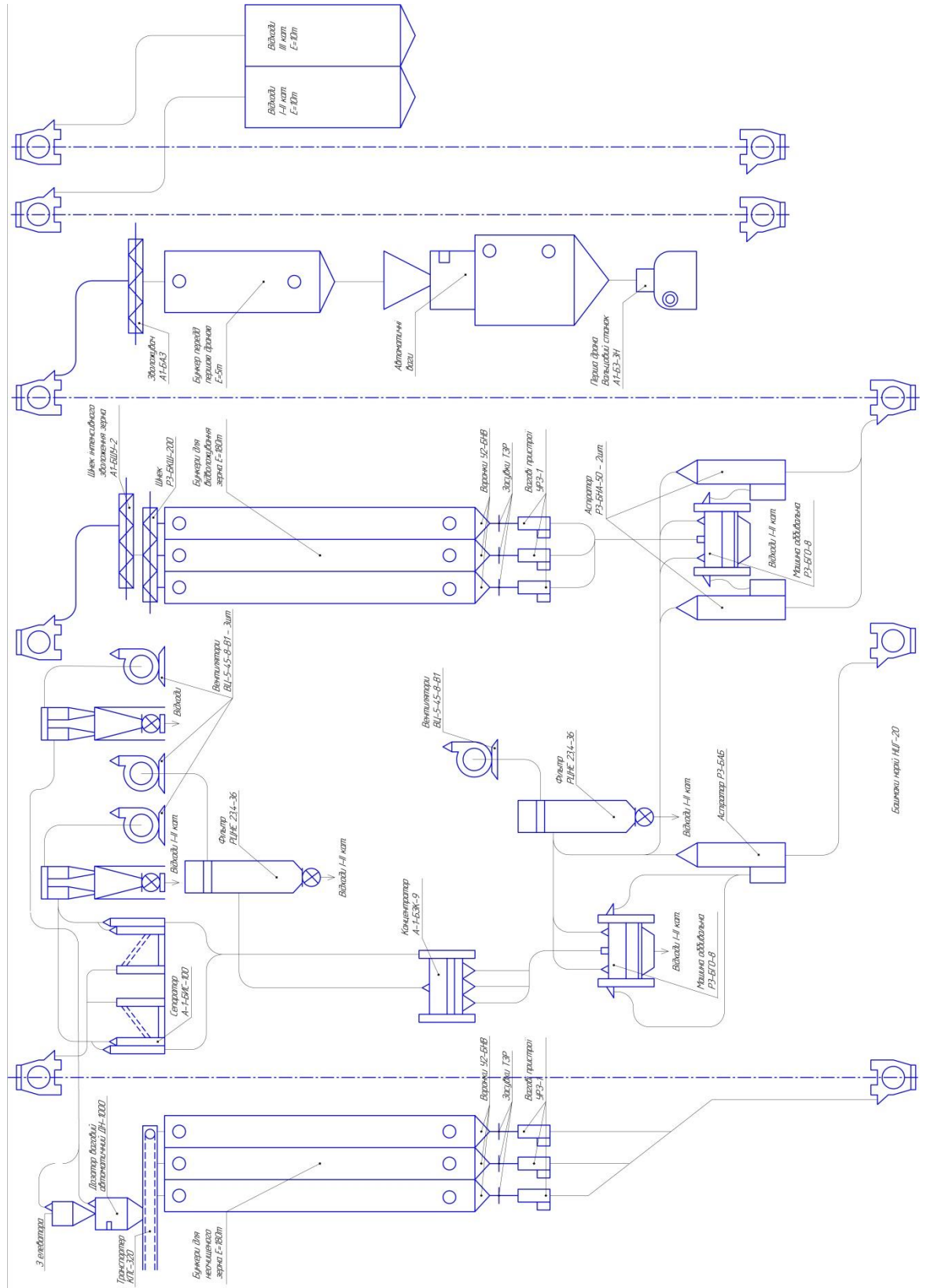
75. Безпека життєдіяльності, цивільна оборона та охорона праці // Інтегрована навчальна програма. – Київ: Освіта України, 2005. – 24 с.

76. Васильчук М.В., Медвідь М.В., Сачков Л.С. Збірник нормативних документів з безпеки життєдіяльності. – К.: Фенікс, 2000. – 896 с.
77. Андрейцев А.К. Основи екології: Підручник. – К.: Вища шк., 2001. – 358 с.
78. Білявський Г.О., Падун ММ., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
79. Серебряков В.В. Основи екології: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2002. – 300 с.
80. Сухарев С М., Чудак С О., Сухарева О.Ю. Технологія та охорона навколишнього середовища: Навч. посіб. – Львів: Новий Світ – 2000, 2004. – 256 с.
81. Кучерявий ВЛ. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Технологічна схема зерноочисного відділення Тернопільського комбінату хлібопродуктів



Додаток Б Гідропанель зволоження зерна

