

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня "Магістр"  
на тему:

**\_\_\_ Обґрунтування методів і способів дослідження та підвищення якості  
зерна під час його приймання, обробки та зберігання \_\_\_**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГХТз-1-20  
за спеціальністю 181 "Харчові технології"

\_\_\_\_\_ **Белій С. С.** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ **Чурсінов Ю. О.** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

**Рецензент:** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Дніпро 2022

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: «Технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції»

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 181 "Харчові технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Чурсінов Ю. О.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломну роботу магістра студенту**

Белому Сергію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Обґрунтування методів і способів дослідження та підвищення якості зерна під час його приймання, обробки та зберігання

**керівник роботи:** \_\_\_\_\_ проф. Чурсінов Юрій Олександрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «29» 11 2021 року  
№ 3648

**2. Строк подання студентом роботи:** 15.02.2022

**3. Вихідні дані до роботи:** Вихідні дані до способів зберігання і обробки сировини

---

---

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

\_\_\_Аналіз процесів та обладнання по обробці зернових матеріалів. Характеристика сировини. Програма і методика досліджень. Обробка результатів. Економічна частина. Охорона праці. \_\_\_\_\_

---

---

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

\_\_\_Зображення, діаграми, графічні матеріалами презентації \_\_\_\_\_

---

---

**6. Консультанти розділів роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Технологічна частина, проф. Чурсінов Ю.О.		
4	Охорона праці доц. Кравець В.В.		
5	Організаційно-економічна частина доц. Павленко О.С.		

**7. Дата видачі завдання** \_\_\_29.11.2021 р. \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз методів обробки сировини		
2.	Розробка програми і методики дослідження		
3.	Обробка результатів дослідження		
4.	Виконання охорони праці		
5.	Виконання розрахунково-економічної частини		
6.	Оформлення роботи		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Тема: «\_\_Обґрунтування методів і способів дослідження та підвищення якості зерна під час його приймання, обробки та зберігання\_\_»

**Дипломна робота магістра:** \_81\_ с., \_17\_ рис., \_2\_ табл., 51 літературне джерело.

**Об'єкт дослідження** \_\_\_\_ процес обробки сировини, визначення зразків, розподілення на доробку в залежності від результатів аналізу\_\_\_\_\_

**Метою роботи** є \_\_пошук та обґрунтування методів підвищення якості зерна на етапі приймання, обробки та зберігання\_\_\_\_\_

**Методи дослідження** \_\_\_\_\_ механічні, органолептичні, фізичні, біологічні і хімічні \_\_\_\_\_

В роботі знайдені способи і умови підчищення якості зерна на основі проведення дослідження зразків сировини та використання сучасних автоматизованих систем, направлених на підвищення швидкості обробки результатів та визначення класності сировини. Запропоновані нові методи сушення зернових середових та забезпечення економічних показників ефективності.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

Процеси обробки, зернові запаси, сировина, аналіз зразків, методи, сушення, аерація, якість зерна, збереження, металеві силоси

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВІДБОРУ, ТРАНСПОРТУВАННЯ, РОЗПОДІЛЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ЗРАЗКІВ СИРОВИНИ НА ЕЛЕВАТОРАХ, ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ, ПОРТАХ ТОЩО</b> .....	8
1.1. Відбір зразків сировини з авто та залізничного транспорту за допомогою автоматичних пробовідбірників .....	8
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	27
2.1. Програма проведення досліджень .....	27
2.2. Експрес аналіз зразків сировини з повним автоматизованим методом	27
<b>РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ТА ЗБЕРІГАННЯ СИРОВИНИ</b> .....	39
3.1. Пропозиції по сушінню сировини сучасними методами .....	39
3.2. Надійне збереження зерна в металевих силосах, з повною автоматизованою системою термометрії та аерації .....	61
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b> .....	73
<b>РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	75
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	76
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	78

## ВСТУП

Питання важливих процесів підготовки зерна на зберігання, ставляться на всіх етапах його руху, від току до елеватору. В процесі постійної обробки зерна, його транспортування, очищення від численних смітєвих, мінеральних, рослинних, металомагнітних, коротких, довгих, ущільнених і других домішок – зерно набуває більшу якість і тільки потім закладається на зберігання в металеві силоси, в яких необхідно зберігати зерно умовах згідно регламенту.

На етапі приймання зернових мас до перевантаження, очистки, необхідна перевірка якості зерна на вологість, засміченість, зараження шкідниками та інші якісні характеристики.

Крім того, в приміщенні для зберігання необхідно слідкувати за температурою зернової маси та повітря. Таким чином, зберігання зерна і всі підготовчі операції, обладнання, яке використовується – це актуальна проблема розробки систем захисту зерна, яке потім призначене для переробки в борошно, крупи, комбікорми.

Метою роботи є - пошук та обґрунтування методів підвищення якості зерна на етапах приймання, обробки та зберігання.

Предмет дослідження – зернова сировина для обробки та зберігання.

Об'єкт дослідження – процеси обробки сировини, визначення зразків, розподілення на доробку в залежності від результатів аналізу.

Задачі, які необхідно вирішувати у зв'язку з обраною метою:

- провести аналіз процесів відбору проб, транспортування зернових мас, розподіл в накопичувальні силоси в залежності від визначеної якості;
- знайти перспективні методи та обладнання відбору зразків сировини з різноманітних транспортних засобів;
- запропонувати сучасні методи проведення автоматичного відбору зразків та використання експрес аналізів зернової сировини перед аналізом;

- знайти сучасні технічні та технологічні рішення для забезпечення сушення зернових мас, які не відповідають вимогам вологості перед зберіганням зерна;

- запропонувати методи збереження зернових запасів в умовах надійної термометрії та аерації.

Методи досліджень – механічні, органолептичні, фізичні, біологічні і хімічні.



# **РОЗДІЛ 1. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВІДБОРУ, ТРАНСПОРТУВАННЯ, РОЗПОДІЛЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ЗРАЗКІВ СИРОВИНИ НА ЕЛЕВАТОРАХ, ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ, ПОРТАХ ТОЩО**

## **1.1. Відбір зразків сировини з авто та залізничного транспорту за допомогою автоматичних пробовідбірників**

У нашій країні встановлено стандарти на якість зерна кожної культури та найменування, які у свою чергу поділяються на види залежно від ботанічних та інших ознак. За деякими культурами види поділяються ще на підвиди (наприклад, пшениця – яра та озима, білозерна або червонозерна та ін.), класи та сорти в залежності від їх властивостей та якісних показників.

Якісні показники зерна – натура, білок, вологість, сира клейковина та ступінь чистоти. Натурою зерна називається маса відомого обсягу зерна. Білок - високомолекулярні органічні речовини, що складаються з альфа-амінокислот. Вологість визначається висушуванням зерна у спеціальних шафах. Сира клейковина – це термін, у котрому об'єднується ціла група білків, згаданих вище. Вони є складником насіння злакових. Особливо їх багато у пшениці, житі та ячменеві. Ступінь чистоти зерна характеризує наявність у ньому сторонніх домішок.

Перед аналізом якісних показників змішувати зерно різних видів та сортів категорично забороняється. Перевозять зерно і зберігають окремо. Фізіологічні характеристики зерна визначають спеціальні умови його зберігання. Зерно потрібно захищати від впливів сторонніх чинників (особливо погодних): воно дуже гігроскопічне, тобто поглинає багато води. При підвищеній вологості в осередкові зерна починається процес, ініціюючий самозігрівання, тобто воно починає гнити та псуватись. Також колосальні втрати кількості зерна спостерігаються через його зараження комахами та шкідниками.

Особливості, котрі викладені вище, вимагають певних умов транспортування та зберігання зернових вантажів. Якщо у зерні хлібних

культур міститься вологістю приблизно в 14% і масляні культури 9%, такий екземпляр - сухий. Більший відсоток вологості робить зернову культуру вологою або навіть сирою. Тому зберігати та перевозити її на великі відстані забороняється. Проблема в тому, що зерно потрапляє в елеватори з більшим відсотком вологості (30 і вище) у зв'язку з дощовою погодою, котра найчастіше панує в період, коли збирається врожай. Його потрібно висушити за допомогою спеціальних пересувних або стаціонарних сушарок з доведенням до нормативної вологості, що зберігає його під час транспортування.

Віїмки зерна відбирають або щупами різних систем, які діляться на конусні, мішкові та пневматичні. Використовують також пробовідбірник УПА (стрічкового типу).

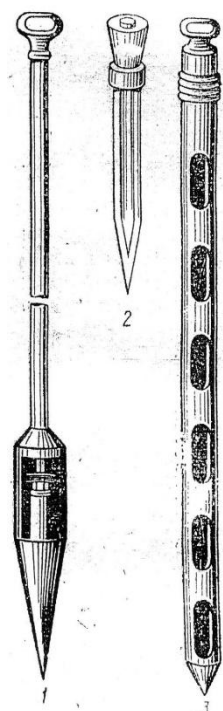


Рис. 1.1. Щупи для відбору виїмок зерна: 1 – конусний; 2 – мішковий; 3 – циліндричний

Конусний щуп (рис. 1.1). Являє собою конічний стакан, з кришкою, яка за допомогою штанги, поміщеної всередині порожнистої трубки і прикріпленої наглухо до склянки, може підніматися і опускатися. Щуп у

закритому вигляді вводять вертикально в зернову масу. При витягуванні щупа кришка відкривається і зерно заповнює склянку.

Мішковий щуп (рис. 1.1). Щуп введено у ємність пробовідбірним отвором униз. При досягненні потрібної глибини, щуп розвернено на 180 градусів та вилучено з ємності.

Циліндричний щуп (рис. 1.1). Перед зануренням у продукт, ручку пробовідбірника повертають таким чином, щоб отвори були закриті. Після застосування ручку повертають у зворотній бік (відчиняють отвори), після чого повертають ручку ще раз (закривають отвори). Пробовідбірник виймають, а відібраний продукт висипають через порожню ручку.

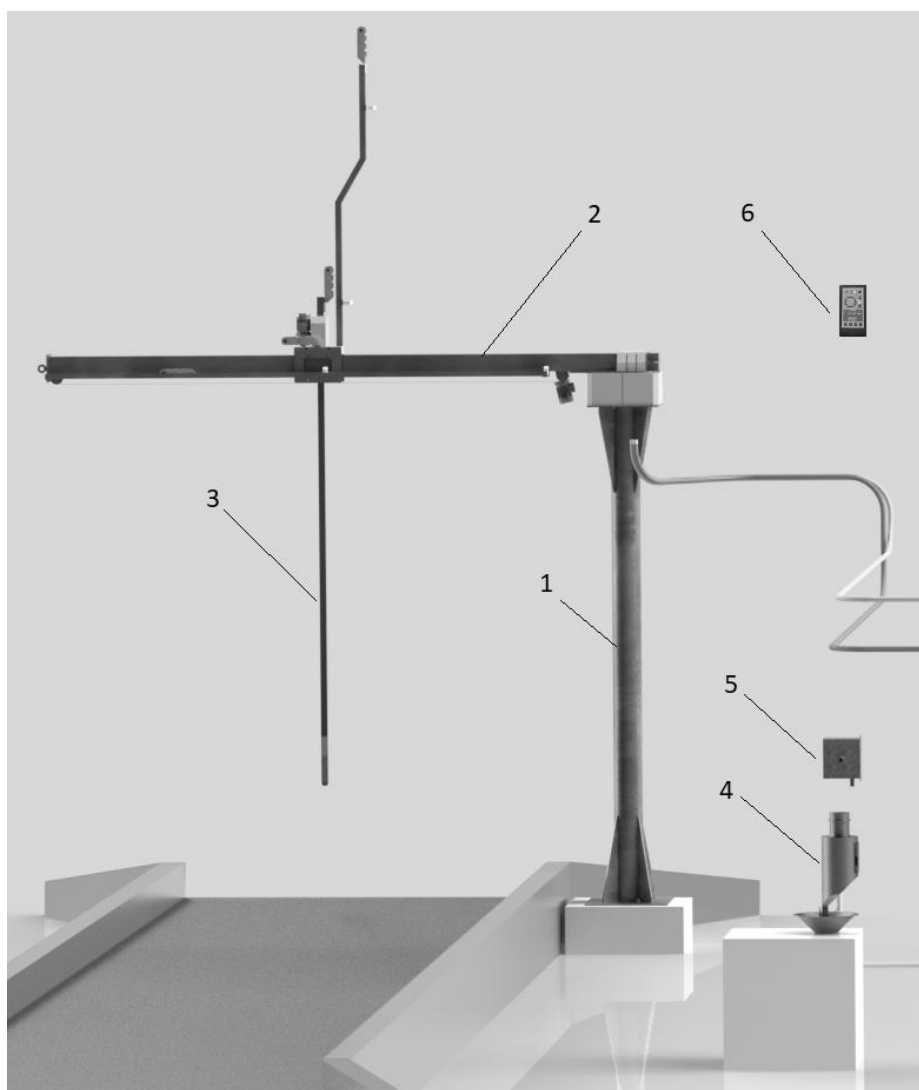


Рис. 1.2 Пневматичний пробовідбірник для автотранспорту та ж/д вагонів BioPro VV06: 1 – колона; 2 – балка (плече); 3 – щуп; 4 – приймальний контейнер; 5 – турбіна; 6 – пульт для дистанційного керування.

Пневматичний пробовідбірник BioPro VV06. Щуп пробовідбірника занурюється в кузов автотранспорту чи ж/д вагону з зерном за допомогою дистанційного управління та відбирає пробу.

Оператор за допомогою камери спостереження, встановленої в зоні щупа пробовідбірника, віддалено з лабораторії наводить стрілу та щуп пробовідбірника на заплановане місце відбору проби у кузові. Після чого, на пульті управління натискає на кнопку «відбір», і щуп пробовідбірника опускається. Таким чином, пробу зерна беруть рівномірно по всій висоті насипу і навіть у придонному шарі.

Співробітники лабораторії відбирають проби з автотранспорту згідно з ДСТУ, на відстані 0,5 м від бортів кузова, а кількість проб та конкретне місце відбору залежить від довжини кузова.

Лабораторія має оперативно визначати якісні показники зерна. Адже відомо, що якість зерна диктує ціну. Машина не вивантажується, доки аналізи не будуть проведені і саме тут приймається рішення, куди зерно вивантажуватимуть. Тому лабораторія має спрацювати швидко та результативно. Першим кроком для цього є автоматизація процесу відбору проби та доставка її до лабораторії. Нові моделі автоматичних пробовідбірників зерна BioPro обслуговують усю площину транспорту, будь-які закутки кузова, причепа або залізничного вагона для перевезення зернових. Вибірка зерна виходить більш репрезентативною. Відбір проби та доставка її до лабораторії автоматизується та займає декілька хвилин.

Відбір проб пробовідбірниками зерна затребуваний насамперед під час збирання врожаю, коли партії надходять на зберігання до елеваторів або для відвантаження контрагентам із елеваторів автомобільними партіями у сотні та тисячі тон.

Надалі зерно може переміщуватися залізничним, річковим чи морським транспортом.

Фізично досліджувати якість всього об'єму зерна неможливо, тому ДСТУ 13583.3-83 визначає стандартну методологію відбору зразків

пробовідбірниками, щоб середня проба, виділена з об'єднаної чи середньодобової, повною мірою відповідала показникам всієї партії зернових культур.

Говорячи мовою статистики, фактично з великої кількості зерна формується проба, по масі в тисячі та мільйони разів менше від загального об'єму, що дозволяє зробити багатофакторний аналіз за такими напрямками:

- аналіз вологості термогравіметричним методом за допомогою сушильної шафи та лабораторних ваг або використовуючи вологомір зерна;
- дослідження експрес методом інфрачервоної спектроскопії (ІЧ аналізатор зерна, комбікормів);
- підрахунок кількості сирої та сухої клейковини шляхом ручного відмивання або за допомогою спеціалізованого лабораторного обладнання, наприклад системи Глютоматик, що включає автоматичну відмивальну машину, центрифугу та сушарку;
- визначення числа падіння приладом ППП;
- визначення склоподібності зерна (діафаноскоп);
- вимір деформації клейковини за допомогою приладів ІДК.

Лабораторія хлібоприймального підприємства проводить аналіз якості зернових із видачею відповідного укладання.

За наявності розбіжностей між результатами випробування, виконаних підприємством – постачальником зерна та лабораторією закупника, «арбітром» виступає атестована за ISO лабораторія контролю якості (включаючи видачу паспорта на стандартні зразки зерна для калібрування експрес аналізаторів), така як SGS або Cotecna.

Після обмолоту на полі зерно з комбайна надходить в автомобілі з бортовими кузовами і відправляється до місця обробки, зберігання та для проведення досліджень.

Для того, щоб отримати достовірну інформацію про всю партію, на прийманні використовують пробовідбірники для зерна: спеціалізоване

обладнання для відбору проб та передачі їх для дослідження у зернові лабораторії.

Залежно від автомобільного парку, фінансових можливостей, партії зерна перевозять на вантажівках ГАЗ, КАМАЗ, ЗІЛ та імпорتنих авто, що відрізняються тоннажністю, довжиною кузова, висотою бортів, а також наявністю причепа (автопоїзда).

Щоб дотриматися балансу між часом відбору проб та отриманням репрезентативної вибірки, згідно зі стандартом ДСТУ 4138-2002, кількість відібраних проб залежить від довжини кузова автомобіля:

Таблиця 1.1

Автомобілі із довжиною кузова	Кількість відібраних точкових проб
до 3,5 метрів	4 точки за схемою "А"
від 3.5 до 4.5 метрів	6 точок за схемою "Б"
понад 4.5 метри	8 точок за схемою "В" на відстані 0.5-1 метр (відстань між бортами авто (передній та задній та не менше 0.5 м від бічного

Візувальник занурює пробовідбірник завдовжки 3 метри у шар зернової маси. Зусилля, що додається, залежить від виду зернової культури, вологості і глибини занурення. Як правило на глибині більше 1,5 метра, щуп "іде" вниз значно складніше і через недосвідченість можна спробувати його "розхитати", похитуючи вліво-вправо для поглиблення в шари зерна. І чим більше амплітуда, тим більша ймовірність вигину, трубки заклинять і пристрій доведеться викинути.

Ручним циліндричним щупом, іноді, через високі борти автотранспорту і дуже вологе зерно, лаборанту фізично неможливо відібрати зразки з усієї

глибини зернового насипу. Тому найкращім методом відбору проби є автоматичні пробовідбірники з довжиною щупів не менше 3 метрів для автотранспорту і не менше 4,5 метрів для залізничних вагонів.

При відборі проби, за будь яких умов зерно не повинно травмуватися. Якщо при відборі, зернівки будуть перерізані навпіл, то почнеться активне випаровування вологи з внутрішніх вологих шарів ендосперму.

Приклад. Зерно повинно зберігатись при вологості 14-15 %. Припустимо, що проведений відбір проб і якщо щуп виготовлений неякісно, наприклад присутні гострі, не оброблені кромки в прорізах трубок, з 2500 зерен буде пошкоджено всього лише 5, які через вологу, що випарувалася, відрізняються по вологості від усіх інших, виходить наступна картина.

\*\*\* 2500 зерен у перерахунок на масу становить близько 1 кг відібраної проби зерна.

Припустимо зерно має справжню вологість 15%, тобто. трохи, але вище за норму (якби жодне зерно в пробі не було пошкоджено).

Питома вага пошкоджених та підсушених зерен, що спотворюють підсумковий результат, становить:  $5/2500 * 100\% = 0,2\%$

Незалежно від того, який метод визначення вологості використовується: переносні вологоміри або електрична сушильна лабораторна шафа, пошкоджені зерна пшениці занижать показання вмісту вологи і замість реальних 15,1%, отримаємо  $15,1 - 0,2\% = 14,9\%$ .

При помилках у відборі проб можуть виникнути складнощі у переговорах з покупцями щодо якості та ціни партії.

Звичайно якщо аналіз вологості проводиться через кілька хвилин після відбору, тоді навіть пошкоджені зерна не вплинуть на результат аналізу.

Але це швидше виняток із правил. Як правило, проби потрібно транспортувати і результат може бути спотворений навіть при перевезенні в закритій тарі.

Відбір точкових проб зерна для аналізу проводиться і під час зберігання на складах. Якщо висота насипу складає не більше 1.5 м, у цьому

випадку можна використовувати ручний зерновий щуп. Якщо ж вона більша, потрібен амбарний з штангами, що нагвинчуються.

Враховуючи, що площа насипу в десятки сотень разів перевищує площу кузова автомобіля – зерновоза, методика відбору проб дещо інша.

Площу поверхні умовно поділяють на квадрат або прямокутники площею 200м<sup>2</sup> кожен.

У кожній виділеній таким чином секції зразки відбирають у 6-ти контрольних точках на відстані 1 метра від стін складу (краю майданчика) та меж секції, на однаковій відстані один від одного, оскільки поряд зі стінками зерно може відрізнитися за органолептичними показниками – наприклад бути підсушеним.

Така методика застосовується і за глибинному вимірі температури зерна цифровими термоштангами в зерносклаві.

Якщо площа невелика, можна розбити поверхню на менші секції – до 100 м<sup>2</sup> та відбирати проби лише у 4-х точках

У кожному з варіантів зразки відбирають біля поверхні (глибина до 15 см), в середині насипу і ближче до підлоги. При цьому загальна маса проб становить до 2кг кожної виділеної секції.

При відборі точкових проб у процесі завантаження (вивантаження, перевантаження), в залізничні вагони, річкові, морські судна, включаючи зернові культури, що зберігаються в силосах елеваторів та складах з похилими підлогами, зразки відбирають з потоку зерна за допомогою автоматичних пробовідбірників в потоці BioPro Online за запрограмованим часом, або спеціальним ковшем шляхом перетину струменя через однакові проміжки часу протягом усього періоду навантаження партії.

Методика вимагає, щоб маса однієї відібраної точкової проби повинна становити щонайменше 100 г.

Зернові автоматичні пробовідбірники BioPro виробляються на автоматизованому устаткуванні, що гарантує стабільну якість відбору зразків.



Відбір точкових проб із мішків має свою специфіку.

Зерновий мішковий щуп насамперед відрізняється від ручного пробовідбірника довжиною. Ручний щуп має довжину 1,5-3 метри, а мішковий щуп приблизно 0,3 метри.

Особливість полягає в тому, що можна відбирати проби навіть із зашитого мішка.

Щоб уникнути зайвих пошкоджень мішковини, передбачено конструктивні особливості:

- діаметр робочої частини всього 13 мм та довжину 310 мм;
- гострокінцеве закінчення для полегшення проникнення між нитками мішковини та подальшого "закладання" отвору.

Забірна ємність виконана у вигляді відкритого прорізу, тому алгоритм відбору проб наступний.

Загострений щуп занурюють у середню частину мішка жолобком донизу, потім акуратно повертають на 180°. Під час обертання під тиском довколишніх шарів зерно заповнює жолобок.

Це необхідно, оскільки на відміну від ручних списоподібних пробовідбірників, жодних механічних обмежувачів (запірних пристроїв), мішкові щупи не мають, і якщо його не повернути, зерна висипатимуться.

З цієї причини виїмка виробляється лише у горизонтальному положенні.

Зразки в такий спосіб відбирають у трьох місцях.

Невеликі отвори, щоб зерно з них не висипалося під час перевезення, закладаються хрестоподібними рухами вістря, щоб нитки мішковини знову з'єдналися.

Якщо зерно зберігається у пластиковому мішку, отвір заклеюють скотчем.

Сукупність відібраних точкових проб і становить об'єднану пробу, що міститься в лабораторний посуд – чистий, сухий, незаражений від мікроорганізмів та комах-шкідників тару.

При використанні автоматичного пробовідбірника за рахунок подачі ряду зразків по пневмоканалі в лабораторію, об'єднана проба зерна виходить автоматично.

Середньодобова проба формується з партій, зерна, доставлених автомобільним транспортом, однорідних за якістю протягом оперативної доби.

Однорідність партії зерна, що надійшла, визначають:

- органолептично;
- з вологості та зараженості комахами: шляхом візуальних спостережень.

Органолептичні характеристики можуть бути неоднозначними, оскільки ґрунтуються на суб'єктивних оцінках співробітників лабораторії (колір, смак, запах, блиск).

Тому при появі сумнівів, зразки піддають об'єктивному багатофакторному аналізу за всіма показниками якості зерна, включаючи кількість та якість сирої та сухої клейковини, вимірювання деформації, склоподібність, визначення кількості падіння та ін.

Середньодобова проба зерна формується шляхом виділення зразків з об'єднаних проб, відібраних кожного автомобіля (автопричепи), з розрахунку 50 гр на кожну тону зерна.

Для виділення середньодобової проби використовують дільники зерна, зокрема БІС-1, після чого зразок поміщають у чистий герметичний посуд, наприклад, лабораторний ексикатор, щоб уникнути втрати вологості.

Об'єднана проба зерна, відібрана з першого автомобіля, повинна мати масу, що приблизно дорівнює 2 кг. Після того, як буде виділена середньодобова проба, іншу масу потрібно зберігати до того моменту, поки не буде сформована середньодобова проба.

Якщо протягом доби автомобільних партій надходить небагато та середньодобова проба становитиме менше вищевказаної норми, її потрібно буде доповнити зерном із об'єднаної проби 1-го автомобіля.

Маса середньої проби повинна становити  $2,0 \pm 0,1$  кг, при цьому можливі 2 варіанти:

– коли вага проби, котра вважається об'єднаною або середньодобовою менше 2 кг, її можна вважати середньою;

– якщо маса об'єднаної чи середньодобової проби більше вищевказаної норми, то виділення подібної проби проводиться з об'єднаної, але одразу на дільнику.

При приготуванні середньої проби вручну алгоритм наступний.

Об'єднану пробу зерна висипають на лабораторний стіл із гладкою поверхнею.

Двома короткими дерев'яними планками, у котрих мають бути скошені ребра, зерно потрібно розподілити по периметру квадрата. Воно змішується так, щоб коли взяти зерно з правої та лівої сторони, наприклад, зсипалось до середини одночасно. При цьому воно має утворювати валик після пари подібних змішувань. Після цього зерно беруть із кінців валика та одночасно з обох планок зсипають на середину. Цю операцію було проведено три рази.

Об'єднаний результат потрібно знову розподілити на рівний шар, котрий нагадує квадрат. Цією ж планкою він ділиться на чотири рівних трикутники по діагоналі.

З двох протилежних трикутників (лівого і правого або верхнього і нижнього) зерно видаляють, а в 2-х збирають разом, перемішують наведеним вище способом і знову ділять на чотири трикутники.

Поділ зразка зерна на частини

Процедура повторюється доти, доки у двох останніх трикутниках не залишиться  $2,0 \pm 0,1$  кг, що становить середню пробу.

Якщо однорідна партія зерна дуже велика – наприклад при завантаженні на судно, середня проба формується з використанням проміжних проб.

Для цих цілей, з точкових (поточних) проб зерна, відібраних за певний період часу (1-2 години), складають проміжну пробу, з якої після змішування

виділяється середня проба, котра важить не більше  $2,0 \pm 0,1$  кг. Так проводиться контроль якості продукту.

До кінця 24 годин кожна середня проба, котра була виділена з проміжних, об'єднується. Далі потрібно виділити середню. Саме її аналізують на всі потрібні показники якості.

Після закінчення навантаження (вивантаження) судна, підраховується середньозважена якість по всіх середньо-змінних проб, на підставі чого випишується посвідчення якості партії зерна в трюмі.

Сформовану середню пробу оглядають, зважують на лабораторних терезах, реєструють і надають порядковий номер.

З отриманої середньої проби виділяють навішування для визначення вологості зерна, після чого середню пробу зважують до 0,1 г на електронних терезах і очищають від великих домішок.

Після очищення за допомогою дільника із середньої проби виділяють навішування для проведення лабораторних тестів.

Маса навішування, що виділяється на дільнику, повинна становити не менше ніж 25 г.

Якщо маса навішування складає більше на 10% необхідної ваги, надлишок потрібно відібрати так:

- виділена порція всипається на пласку поверхню;
- отримане розрівнюється тонким шаром, а далі за допомогою плаского совочка відбирається надлишок, котрий збирається з усієї товщини шару;
- якщо є надлишок менше 10%, то остача відбирається з чашки терезів з різних місць, попередньо розрівнявши навішування.

Якщо маса навішування, виділена на дільнику, менша за потрібну величину, то налаштовують установку зазору на шкалі і виділення навішування зерна повторюють.

Для деяких видів лабораторних випробувань, наприклад, при відмиванні клейковини, потрібна навішування меншої маси, ніж 25 грам.

В цьому випадку навішення, відокремлену на дільнику 25 г переносять на дошку, перемішують 3 рази, розрівнюють рівним шаром, котрий виглядає як квадрат. Планкою його потрібно поділити на чотири рівномірних трикутники.

З двох протилежних трикутників прибирають зерно, а два, що залишилися, збирають разом, знову змішують і знову формують 4 трикутники. Ці маніпуляції повторюють до тих пір, поки маса зерна, що залишилася, не буде перевищувати встановлену величину.

Автомобільний пробовідбірник ПА (рис. 1.3). Призначений для відбору проб із насипу зерна в кузові автомобіля та автомобільних причепів. Застосовується на хлібоприймальних підприємствах та елеваторах побудованих в радянські часи.

Установка УПА є стаціонарною та монтується, як правило, поблизу лабораторії або візувальної лабораторії при в'їзді на територію хлібоприймального або зернопереробного підприємства.

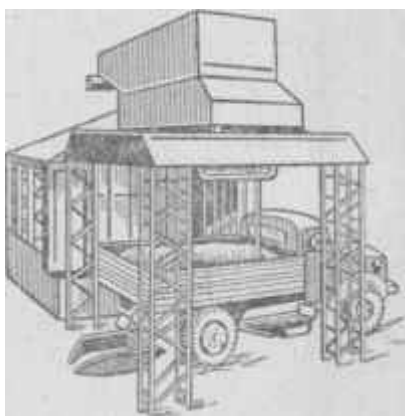


Рис. 1.3. Установка УПА для відбору проб.

Установка складається з наступних вузлів: двох пар відбірників, двох лебідок, стрічкового транспортера, візка, станини, двох пультів управління, світлофорів, електродвигунів. Установка має чотири пробовідбірники, які є ковшовими норіями і призначені для відбору проб зерна. Пробовідбірники

розташовані попарно (два ліві і два праві), кожна пара об'єднана в самостійну групу і з'єднана з однією з лебідок.

Відбірники рухаються від індивідуального електродвигуна.

Ковші відбірників ємністю 1 л.

Лебідки призначені для пересування відбірників по вертикалі (вниз та вгору).

Стрічковий транспортер служить для переміщення до лабораторії відібраної відбірниками проби зерна. Транспортер пов'язаний із самопливом зерна.

Візок служить для переміщення пробовідбірників у разі зупинки кузова автомобіля (причепа) не в центрі установки.

Станина має чотири стійки, пов'язані між собою біля основи двома фермами. На стійки укладено два прогони.

Пульти керування (два) працюють паралельно та призначені для керування електроприводами механізмів установки. Один пульт встановлений на станині пробовідбірника, а другий (дистанційний) – у приміщенні візуальної лабораторії у робочого місця оператора.

Порядок роботи установки УПА. При увімкненому стані пульт установки перебуває під напругою. Натисканням кнопки "Червоне світло" подається сигнал водієві автомобіля для гальмування. Автомобіль зупиняється, водій виходить із кабіни та передає накладну спеціальним транспортером до лабораторії. Правильність розташування автомобіля під відбірниками визначають швидко і в разі необхідності натискають кнопку «Візка вліво» і «Візка вправо», відбірники переміщуються до заданого місця відбору, потім вони переміщуються вниз вже при норіях, що обертаються, до дна кузова автомобіля. Після цього автоматично змінюється напрямок обертання барабана лебідки і відбірники піднімаються.

Як тільки буде досягнуто верхнє кінцеве положення, спалахує зелене світло – автомобіль від'їжджає. Ківш, досягнувши верхнього положення, перекидається, і зерно по лотках надходить на стрічку транспортера, який

спрямовує його в лабораторію та до робочого місця лаборанта. Об'єм проби 1-5 л.

Але, автомобільний пробовідбірник УПА, має великий недолік, який відображається у вигляді великої "мертвої зони" для відбору проби, що, у свою чергу, може призвести до неякісного відбору проби та появи похибки якісних показників у відібраній пробі, по відношенню до фактичної якості зерна, що знаходиться в кузові автомобіля. Все це, може не об'єктивно відображати якість партій, що надходять автомобільним транспортом.

При завантаженні звичайних вагонів до повної вантажопідйомності (60 т) або вагонів, що мають спеціальні отвори в дахах, виїмки відбирають із струменя, що падає з транспортерів чи норій. У цьому випадку повинні бути дотримані правила відбору виїмок з падаючого струменя.

У разі неможливості відбору виїмок вказаними способами в процесі завантаження вагона допускається відбір виїмок із вагона, завантаженого на 3/4 ємності.

Загальна маса виїмок зерна при завантаженні або розвантаженні двовісного вагона повинна бути близько 2 кг, а чотиривісного – близько 4 кг.

У складах із насипу зерна відбір виїмок та складання середніх зразків виконують іншим шляхом. Так, при висоті насипу до 1,5 м виїмки відбирають вагонним щупом, при більшій висоті - щупом з штангами, що нагвинчуються. Перед відбором виїмок поверхню зерна у складі поділяють на секції площею приблизно 100 м<sup>2</sup>. У кожній секції виїмки відбирають у п'яти точках поверхні насипу зерна: у чотирьох кутах, розташованих приблизно 1 м один від одного та всередині. У кожній з п'яти точок виїмки потрібно відбирати: на 10-15 см максимум з шару зверху, із середньої і нижньої – біля самої підлоги. Загальна маса ємностей має бути не більше, але і не менше 2 кг на секції.

Виїмки з силосів елеватора відбирають у момент, коли зерно випускається з механічного пробовідбірника або спеціального ковша, котрий перетинає струмінь на протязі рівних проміжків часу. Проміжки часу

встановлюються в залежності від швидкості висипки зерна, але з таким розрахунком, щоб загальна маса відібраних виїмок становила не менше 0,1 кг на кожен тону зерна, що переміщується.

Так само відбирають виїмки зерна та при завантаженні (розвантаженні) суден.

Автоматичний пробовідбірник для вагонів BioPro Portal є спеціалізованим промисловим пристроєм (рис. 1.4.).



Рис. 1.4. Автоматичний пробовідбірник для вагонів BioPro Portal.

Участь людини при роботі з цим пробовідбірником зводиться до мінімуму – за допомогою камери відеоспостереження, яка знаходиться у зоні щупа, та пульта керування, лаборант віддалено (з лабораторії/операторської) керує пробовідбірником. Спочатку, лаборант керує пересувною основною кареткою, в діль (по осі) вагона, до якої кріпиться щуп. Після того, як щуп



зайняв позицію навпроти відкритого люка вагона, лаборант натискає кнопку "Пуск". Після цього, включається турбіна, щуп в автоматичному режимі опускається до самого дна вагона і починається всмоктування продукту. Таким чином, відбувається відбір проби по всій висоті насипу, у тому числі з придонного шару вагону. Після того, як щуп піднявся у своє верхнє положення, оператор пересуває каретку до наступного люку і цей алгоритм повторюється до тих пір, поки не будуть відібрані проби з усіх люків вагону. Кожна проба, з кожного люку, транспортується за допомогою пневмотранспорту (турбіни та шлангів) в лабораторію, у приймальний контейнер, де вони і об'єднуються.

Автоматичний дільник проби BioPro RODE 2 (рис. 1.5.) з функцією повернення зайвого обсягу проби за межі лабораторії, зазвичай у кузов автомобіля чи вагон.



Рис. 1.5. Автоматичний дільник проби BioPro RODE 2

Ротаційний дільник проб BioPro RODE 2 діє по принципу висіву проб за допомогою трубки, що обертається, в конусоподібну ємність з певною кількістю виїмок. Ширина виїмки регулюється вручну або автоматично для

визначення коефіцієнта розподілу - співвідношення обсягу підвиборки та загального обсягу вибірки.

Для прискореного, безпечного та якісного відбору проби за допомогою автоматичного пробовідбірника існує система автоматизації "See 360". Розроблено цю систему, з урахуванням нейронних мереж, із застосуванням камер машинного зору.

Ціль, заради якої було створено дану систему: прискорення процесу відбору проби та виключення впливу людського фактору на кінцевий результат. Принципова схема роботи: після того, як автомобіль під'їхав під пробовідбірник (в зону відбору проби), система автоматично обчислює географічне розташування автомобіля по відношенню до осі пробовідбірника, габарити кузова та накладає на кузов автомобіля, на дисплеї монітора всередині лабораторії, прогнозовані (рекомендовані) точки відбору проби за ДСТУ для цього виду кузова. Якщо лаборант, згоден з принциповою запропонованою схемою відбору проби, він натискає на кнопку "Пуск", якщо лаборант не згоден з цією схемою, у нього є можливість, за допомогою TouchScreen монітора, видалити, змінити або додати прогнозовані точки відбору проби, після чого також він натискає на кнопку "Пуск". Після цього, пробовідбірник, здійснює відбір самостійно в автоматичному режимі, за всіма заданими координатами, а відібрані проби, у свою чергу, транспортуються в лабораторію, де об'єднуються в приймальному контейнері в один зразок з одного автомобіля.

На основі бази даних системи автоматизації "See 360" в автоматичному режимі ведеться кількісно-якісний облік та створюється реєстр, у якому зберігаються такі дані, щодо кожного автомобіля:

- дата та час відбору проби;
- логін оператора, що працює на системі на даний момент;
- державний номер авто з автоматичним зчитуванням, за умови використання системи зчитування номерів;

- фото фіксація (вид зверху), з графічним накладенням здійснених фактичних точок відбору проби у кузові чи причепі;
- фото фіксація кабіни автомобіля з державним номером;
- напрямок руху автотранспорту (приймання/відвантаження);
- культура, що приймається/відвантажується;
- вага брутто/нетто;
- якісні показники культури (вологість, протеїн, олійність, клейковина та ін.) за умови використання автоматичної зернової лабораторії AGL).

## **РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Програма проведення досліджень**

Програма досліджень включає методи визначення якості зернової сировини, оснащення виробничих та автоматизованих лабораторій, опис приладів, обладнання та методики визначення якісних параметрів зернової сировини.

### **2.2. Експрес аналіз зразків сировини з повним автоматизованим методом**

«Оцінку якості зернової продукції було проведено методами аналізу зерна (поєднання ручних та автоматизованих методів), співвідношення яких визначено технічним забезпеченням конкретної лабораторії та набором показників, що перевіряються.

Автоматизацію знижено за рахунок суб'єктивного фактору та заощаджено час»[31].

Економіка та прибуток будь-якого зернообробного та переробного підприємства, а також зернотрейдерів та фермерів приблизно залежить на 40% від візуальної експрес лабораторії.

Насамперед, обґрунтовується це тим, що саме лабораторія аналізує якість приймаючого зерна та визначає його класність, на основі чого надалі відбувається оцінка його вартості.

На сьогоднішній день існує інноваційне рішення для автоматизації та оптимізації процесу відбору проби та аналізу якості зерна.

Запатентована автоматична зернова лабораторія AGL дозволяє суттєво скоротити час приймання та аналізу сировини, що надходить, для оперативного та правильного розміщення в силосах залежно від його якості, виключаючи людський фактор.

Автоматична зернова лабораторія AGL це:

– унікальне рішення для оптимізації та значного прискорення процесу приймання зерна;

- відсутність людського фактора (зразок аналізується без втручання оператора);
- відсутність фальсифікацій з боку хлібоздавачів;
- рентабельність;
- надання унікального номера зразку;
- історіографія результатів аналізу;
- легкість та простота експлуатації (управління одним оператором всією системою, включаючи автоматичний пробовідбірник);
- комплексне технологічне рішення, орієнтоване на потреби Замовника;
- модульна система, що дозволяє адаптувати її до місцевих умов, з можливістю доповнення новими модулями в перспективі;
- можливість використання вже наявного обладнання: пробовідбірника, інфрачервоного аналізатора або іншого експрес аналізатора.

Автоматична зернова лабораторія AGL являє собою цілісну систему для аналізу, що в стандартній комплектації включає наступні аналізатори:

- Інфрачервоний аналізатор – вимірює вже в очищеному зерні рівень вологості, білка, клейковини, олійності та інших показників на основі ближньої інфрачервоної спектроскопії.
- Барабанний чи плоскорешітний лабораторний сепаратор – очищає зразок від легких, дрібних та великих домішок;
- Вологомір – вимірює вологу, температуру та натурну вагу у зерні з поля (до очищення зразку);
- Пакувальник арбітражної проби – приймає дозовано необхідний об'єм зразка у поліетиленовий рукав, потім обрізає його і запаює. Таким чином у рукаві створюється вакуум, що дозволяє зберігатися арбітражному зразку до 1 року.

За допомогою пульта управління можна проводити повний аналіз згідно з типом зернової культури. З іншого боку, виключено фактор впливу оператора на результати оцінки проби, що надійшла.

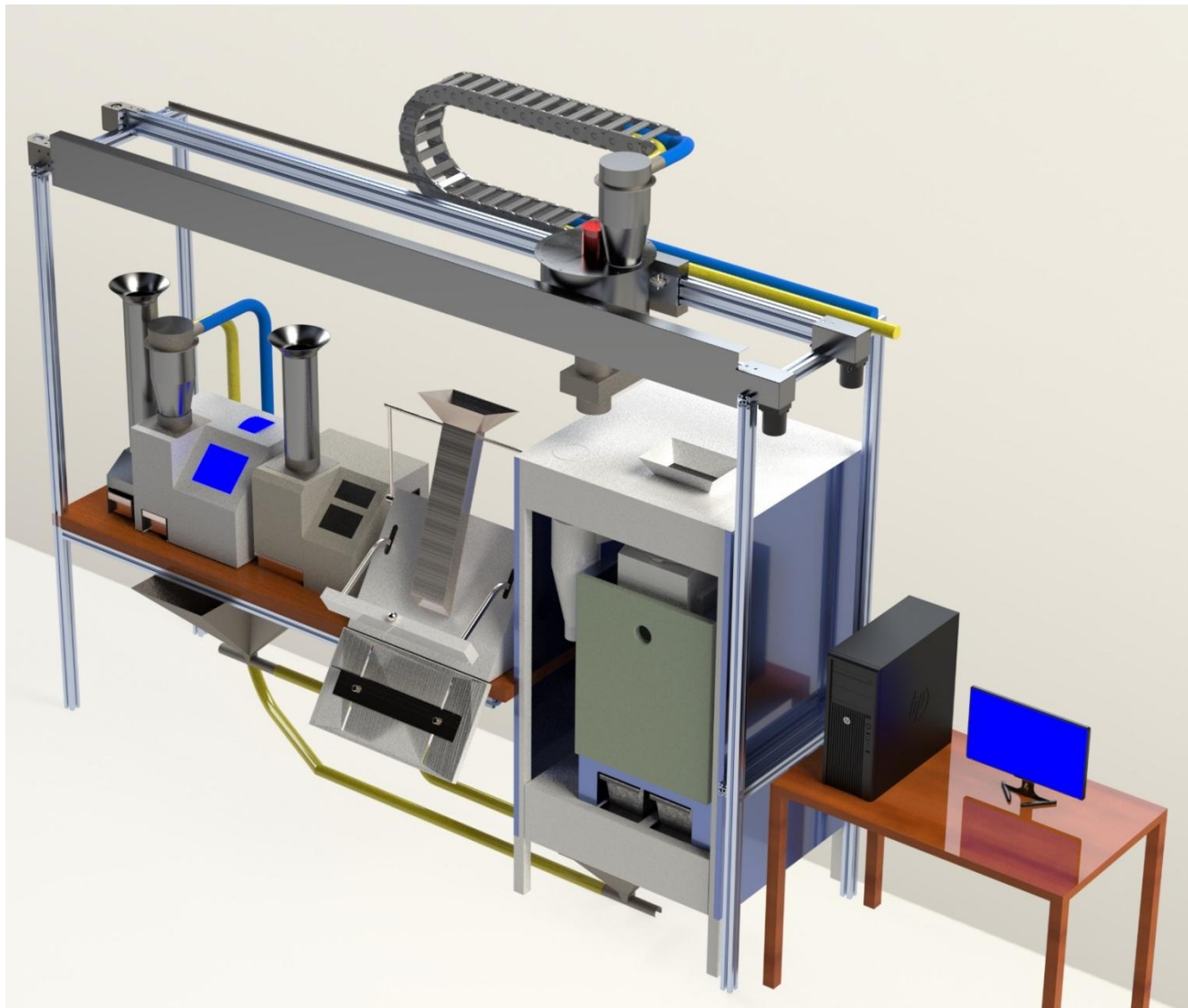


Рис. 2.1 – Автоматична зернова лабораторія AGL Rail

Для забезпечення більш точних результатів AGL відправляє зразок на ІЧ аналізатор після проходження через барабанний або плоскорешітний сепаратор.

Оскільки весь процес повністю автоматизований, AGL гарантує найшвидший період аналізу. AGL передбачає запис історії процесу з

можливістю друкування результатів, функції експорту, віддаленого підключення.

Принцип дії:

1. Після приходу автотранспорту із сировиною (зернові, олійні, зернобобові культури) відбирається проба, за допомогою автоматичного пробовідбірника (який також може бути включений до системи).

2. Після закінчення відбору проби, зразок надходить у приймальний бункер, оснащений шнековим змішувачем для перемішування зразка та отримання однорідності;

3. Далі приймальний бункер, починає рухатися по монорельсі, з періодичними зупинками над експрес аналізаторами, для висипання дозованих зразків для їх аналізу:

– частина зразка висипається в барабанний чи плоскорешітний лабораторний сепаратор, з якого далі, після очищення від домішок, він автоматично за допомогою пневмотранспорту транспортується до ІЧ аналізатору.

– частина зразка висипається у вологомір;

– частина зразка висипається у пакувальник арбітражної проби;

– частина зразка висипається у контейнер для додаткових аналізів (органолептичних, хімічних);

– залишок зразка за допомогою пневмотранспорту повертається у кузов автомобіля чи іншу точку елеватора.

Будь-які черги та затори (так звані «вузькі місця») на прийомці, безсумнівно, призводять до зменшення добового обороту та невдоволення хлібоздавачів. Отже, підприємство не отримує повне завантаження своїх потужностей, втрачає клієнтів, і як результат, прибуток.

За допомогою автоматичної зернової лабораторії AGL підприємства отримують:

– зниження витрат часу на аналіз якості зерна;

- виключення людського фактора, невимушених помилок, договірних корупційних схем тощо;
- економію на людських ресурсах (для роботи з системою достатньо одного оператора за зміну);
- збільшення потоку сировини та підвищення ефективності візуальної лабораторії.

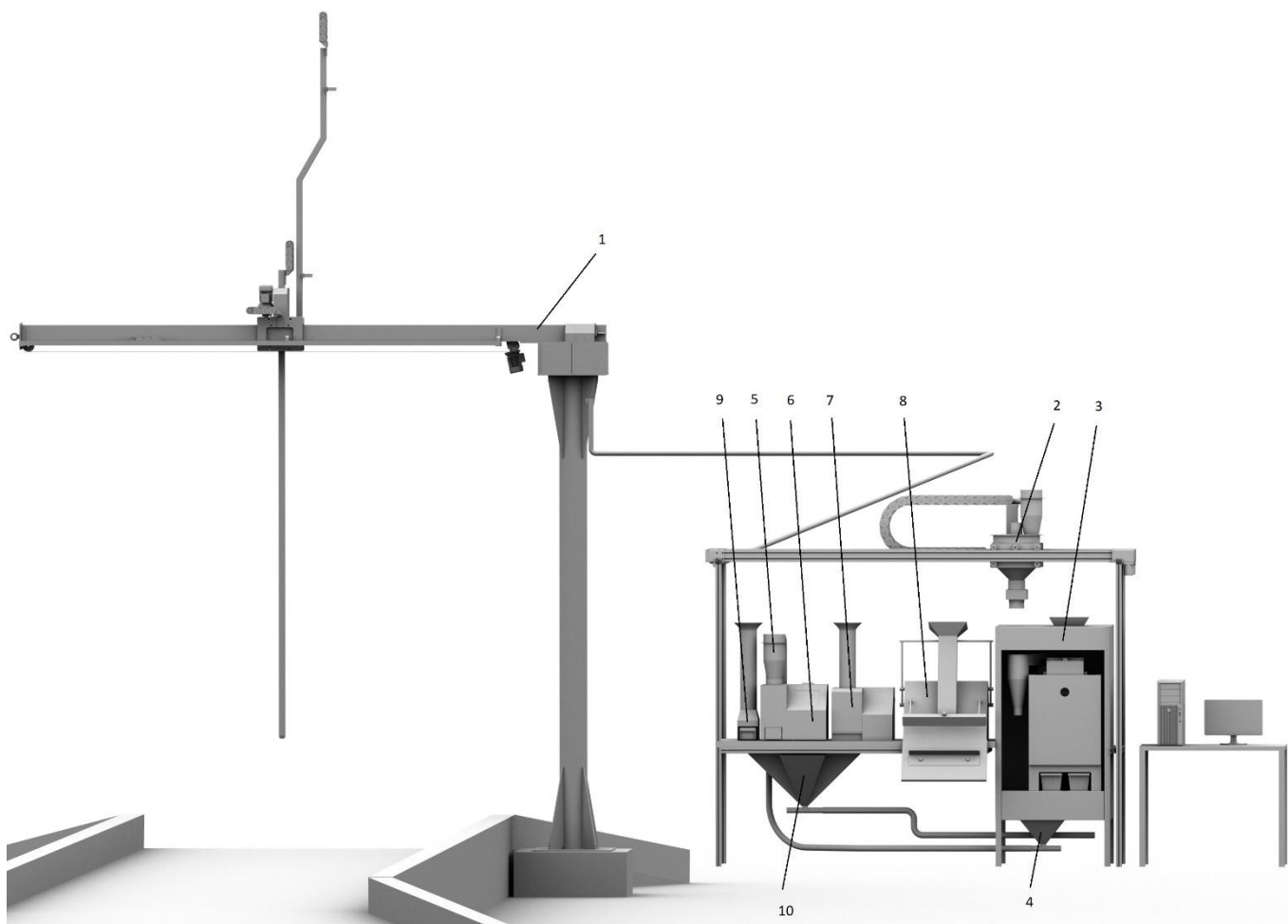


Рис. 2.2. – Основні вузли Автоматичної зернової лабораторії AGL:  
 1 – пробовідбірник; 2 – бункер зі шнековим змішувачем на рухомій каретці;  
 3 – плоскорешітний лабораторний сепаратор; 4 – воронка для подальшого транспортування очищеного зерна; 5 – циклон для очищеного зерна; 6 – ІЧ аналізатор; 7 – вологомір; 8 - пакувальник арбітражної проби; 9 – контейнер зерна для додаткових аналізів; 10 – воронка для подальшого транспортування залишкового зерна за межі лабораторії.



Одним із важливіших експрес-аналізаторів зерна на матеріально-технічному забезпеченні лабораторії є, ІЧ аналізатор. На сьогоднішній день, не можливо уявити собі лабораторію, яка працює без нього.

За допомогою ІЧ-спектроскопії можна швидко та якісно визначити:

- вологість;
- вміст білка;
- олійність;
- вміст клейковини;
- кількість крохмалю;
- натурну вагу та ін.

«Похибка для основних параметрів аналізу зерна - у середньому 0,3 %.

Роботу комплексних аналізаторів базовано на відображенні світла (дифузний метод) з довжиною хвилі в межах ближньої області ІЧ-спектру. При цьому значно заощаджується термін (аналіз кількох параметрів здійснено до 30 секунд). Основним недоліком ІЧ аналізатора є його ціна»[31].

Експрес-аналізатор цільного зерна Granolyser є всесвітньо визнаним та офіційно схваленим приладом, у тому числі і в Україні, він внесений до Реєстру засобів вимірювальної техніки, для точного, швидкого та надійного аналізу пшениці, кукурудзи, соняшника, сої, ріпаку, ячменю, жита та ін. Якщо застосувати вірну комбінацію технологій з надійною інфрачервоною спектроскопією, можна добитись світового лідерства. Саме тому компанія «Pfeuffer» отримала нагороди за стабільність калібрувань та точність визначення усіх параметрів.

Успіх Granolyser гарантований завдяки застосуванню спектроскопії у режимі пропускання, що створює повну картинку, котра значно відрізняється від звичних нам фільтро-фотометрів. Таким чином забезпечується унікальне відображення результатів та перенесення показників між інструментами. В Granolyser світло проникає крізь цілісні зернові культури і дає картинку

справжнього хімічного складу. Якщо засипати у вирву некондиційний продукт, аналізатор покаже різницю параметрів.

Переваги аналізатора Granolyser:

Аналіз цільного зерна, у томи числі і соняшнику, менше ніж за 30 секунд;

Точність, котра перевершує всі звичні методики;

Висока стійкість до вітру, пилу, вологості дозволяє працювати прямо на прийманні зерна з машин;

Готові до використання калібрування + незалежні від приладу калібрування;

Можливість підключення до локальної мережі;

Навколишня температура та температура зразка не впливають на результат;

Стабільність калібрувань;

Відсутність підготовки проб;

Працює із зразками високої вологості;

Можливість розробки нових калібровок;

Встроений принтер для роздрукування результатів аналіз;

Можливість експорту даних у локальну базу клієнта чи бухгалтерський облік;

Дистанційне підключення до аналізатору.

Granolyser – це універсальне рішення. Можливе встановлення необмеженої кількості калібрувань з не обмеженою кількістю визначених параметрів, може з великим успіхом використовуватися в будь-якій ланці агро сектора.

Прилад може використовуватися як окремо, так і може бути підключений до Автоматичної зернової лабораторії AGL. Лабораторії AGL - це ідеальне рішення для приймальників, оскільки дозволяє швидко отримувати точні та ідентичні результати незалежно від оператора або місця

установки системи. Можуть підключатися додаткові модулі, у вигляді додаткових експрес аналізаторів, пакувальника арбітражної проби та ін.

Існує багато установок для аналізу зерна, серед яких можна виділити спеціалізовані (розроблено для лабораторної оцінки зернової продукції) та загальні. До останніх відносяться установки для фізичних та хімічних вимірів, обладнання для робіт з реактивами.

Зберігання та переробка зерна є складним процесом, який для високої ефективності потребує сучасних, технічно досконалих, автоматизованих систем. На сьогоднішній день кількість сигналів контролю та керування в системах автоматизації елеваторів та зерноскладовах вже давно становить сотні одиниць, що дозволяє операторам ефективно керувати ходом техпроцесів в автоматичному режимі. Тому завдання щодо впровадження АСУ ТП об'єктів із зберігання та переробки зерна є особливо актуальними.

Основою для підвищення ефективності управління процесами зберігання та переробки зерна, а також обліку сировини та готової продукції є АСУ ТП, яка не тільки здійснює оперативний контроль та управління усіма техпроцесами в ручному та автоматичному режимі, але й дозволяє виконувати всі роботи строго за технологічним регламентом, контролюючи та фіксує в журналі подій дії обслуговуючого персоналу. Таким чином, автоматизована система управління процесами зберігання та переробки зерна AutoGrain-X32 дозволить у режимі реального часу контролювати/керувати/протоколювати всі етапи технологічного процесу, а також вести точний облік сировини та продукції.

Впровадження AutoGrain-X32 дозволить Замовнику якісно готувати сировину та зволожувати зерно, максимально точно формувати помольні партії, а також контролювати необхідні характеристики продукції. Заміна морально застарілих релейних схем управління на сучасну АСУ ТП AutoGrain-X32 дозволить в автоматичному режимі контролювати та аналізувати якість кожної партії зерна, суттєво зменшуючи ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Врахування сировини та продукції за

допомогою тензOMETричних датчиків дозволяє максимально точно вести облік продукції, а використання вторинних приладів Honeywell з виходом RS-485 дозволяє передавати дані на верхній рівень АСУП підприємства.

Автоматизована система AutoGrain-X32 надає Замовнику такі переваги:

- оптимізацію споживання електричної енергії об'єкта;
- можливість підключення електронної аналітичної ваги з уніфікованим вихідним струмовим сигналом;
- реалізація захисних алгоритмів технологічного обладнання;
- захист від неправильної послідовності включення обладнання;
- автоматичне зупинення обладнання у разі виникнення аварійних ситуацій;
- автоматизація робочих алгоритмів (вибір транспортних маршрутів, пуск/стоп/зупинка);
- виконання захисних алгоритмів;
- скорочення позаштатних та аварійних ситуацій;
- сучасна SCADA-система на робочому місці оператора (візуалізація техпроцесів на мнемосхемах/трендах/таблицях/звітах);
- реалізація додаткових алгоритмів (контролюється загальна продуктивність об'єкта за зміну/день/місяць, кількість продукції на кожному етапі);
- багаторівнева система доступу (оператор/ технолог/ інженер/ адміністратор).

Правильний підбір обладнання та функціональність будь-якої системи автоматизації гарантує надійну роботу всього об'єкта. У цьому плані AutoGrain-X32 повністю відповідає всім вимогам до сучасних систем автоматизації, включаючи не тільки високоякісне обладнання, а й програмне забезпечення, розроблене спеціалістами на базі SCADA-системи Citect. Ці фактори гарантують надійну роботу всієї автоматизованої системи, мінімізуючи кількість збоїв та аварій на об'єкті. Крім цього автоматизована система управління процесами зберігання та переробки зерна AutoGrain-X32

є максимально гнучкою у плані розширення та модернізації, що дозволяє користувачу в майбутньому легко розширити систему без зупинки роботи всього програмно-технічного комплексу. Сучасна АСУ ТП AutoGrain-X32 дозволяє суттєво зменшити втрати у процесі зберігання та переробки зерна, знизити енергоспоживання об'єкту та "людський фактор", звівши до мінімуму кількість аварійних ситуацій. Крім цього, система дозволяє автоматично керувати процесами сушіння зерна, а також формувати оптимальні технологічні маршрути.

Від часу розробки аналогових систем термометрії пройшов не один десяток років. За цей час на зміну аналоговим телефонам, магнітофонам та телевізорам прийшли цифрові телефони, цифрові магнітофони та цифрові телевізори. За аналогією із цим у аграрному секторі пропонується цифрова система термометрії, яка має замінити на елеваторі традиційні аналогові системи.

У звичайних (аналогових) термопідвісках датчиком температури є мідний дріт, опір якого змінюється пропорційно температурі. Тому вимірювання температури зводиться до виміру опору мідного датчика. Процес вимірювання має методичну похибку, пов'язану з паразитним опором проводів, що з'єднують датчик із вимірювальною системою. Опір компенсується за допомогою котушок із мідного дроту, довжина якого підбирається вручну при калібруванні системи.

На відміну від цього, цифрові датчики виготовляються на напівпровідниковому кристалі, де розташований датчик температури, схема вимірювання і аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Завдяки АЦП на вихідні клеми цифрового датчика надходить цифровий сигнал як комбінації нулів і одиниць. При такому підході опір підводних проводів, погані контакти і перешкоди не впливають на достовірність інформації, що передається, і точність вимірювань. Система з цифровими датчиками не має підстроювальних елементів і тому не потребує

калібрування. Напівпровідникові датчики калібруються виробником у процесі виробництва.

Цифрова система не вимагає електромагнітного реле для вибору потрібної термпідвіски. Замість реле використовується адресне опитування датчиків: у загальну шину комп'ютер посилає адресу підвіски, з якої потрібно рахувати інформацію. Термпідвіска, яка дізналася свою адресу, повідомляє комп'ютеру виміряну температуру.

Система термометрії DuoLine, виробництва компанії Pfeuffer виконує збір даних про температуру та їх запис на жорсткий диск комп'ютера. Вона дозволяє переглядати величину температури та тенденцію її зміни за будь-який проміжок часу, друкувати звіт на принтері. Для швидкої оцінки станів силосів оператором використовується відображення температури за допомогою кольору.

Основними характеристиками системи термометрії є похибка, що дозволяє здатність та достовірність вимірів. Похибка характеризує ступінь відмінності результату вимірювань від еталона, що дозволяє здатність – мінімальна зміна температури, яка може бути зареєстрована вимірювальним приладом; достовірність – це ймовірність того, що виміри виконуються коректно та відсутні непередбачувані причини, які можуть призвести до хибних результатів.

Система DuoLine працює з сучасними цифровими термпідвісками та термощупами, у тому числі обидва типи можуть функціонувати на тому самому елеваторі одночасно. У міру виходу з ладу застарілих аналогових термпідвісок з мідними датчиками їх можна замінювати на нові цифрові, що дозволяє робити заміну з появою елеватора фінансових ресурсів.

Перевагою комп'ютеризованої системи термометрії є можливість не тільки контролювати поточні значення температури, але й прогнозувати тенденцію їх зміни у часі завдяки високій роздільній здатності та комп'ютерній обробці результатів вимірювань. Достовірність інформації,

отриманої автоматизованим способом, залежить від особистих якостей обслуговуючого персоналу, як і має місце при ручної реєстрації температури.

## РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ТА ЗБЕРІГАННЯ СИРОВИНИ

### 3.1. Пропозиції по сушінню сировини сучасними методами

Сушіння – це процес, де вологість, та температурний режим матеріалу, а також параметри обезводнення змінюються з плином певного часу. Сушіння є складним технологічним процесом, що забезпечує не тільки збереження якості зерна, а й покращення деяких його показників. Тому вибір конструкцій сушарок, методів і режимів сушіння залежать, насамперед, від результатів вивчення властивостей сушеного продукту та є важливою складовою у технологічному процесі.

Якщо розглядати теорію сушіння, кожен змінюваний параметр потрібно зобразити на малюнку як криву (вологість – час), швидкість процесу (швидкість – вологість) і температурний режим (температура – вологість)» [2, с. 23]. Ці параметри можна взяти під час самого процесу сушіння. Потрібно брати невеликі зразки матеріалу та визначати данні чинники у певні моменти.

Температура, швидкість та відносна вологість під час сушіння мають бути постійними. Чинник вологості потрібно поступово зменшувати. Матеріал, котрий висушується, зважується через певні проміжки часу [43].

Для того, щоб провести аналіз сушіння, краще використовувати суміщений графім кривих  $I$ , враховуючи швидкість  $2$  та температуру  $3$  (рис. 3.1) і час. Якщо зерно прогрівається теплопровідний коефіцієнт повинен витратитись тільки на це. Температурний режим стає більшим саме на ділянці  $A''B''$ , а також підвищується швидкість просушки на ділянці  $A'B'$ . Коли починається період  $I$ , температурний режим  $\theta$  починає дорівнювати  $t_m$  на мокрому термометрі. При цьому, швидкість сушки досягає максимальної цифри. Період  $I$ , зображений на графіку, має сталу швидкість на ділянці  $B''C''$ , а от вологість починає відповідати прямій лінії на ділянці  $BC$ . Температурний режим у цей період залишається постійним і відповідає  $t_m$  на ділянці  $B''C''$  [43].



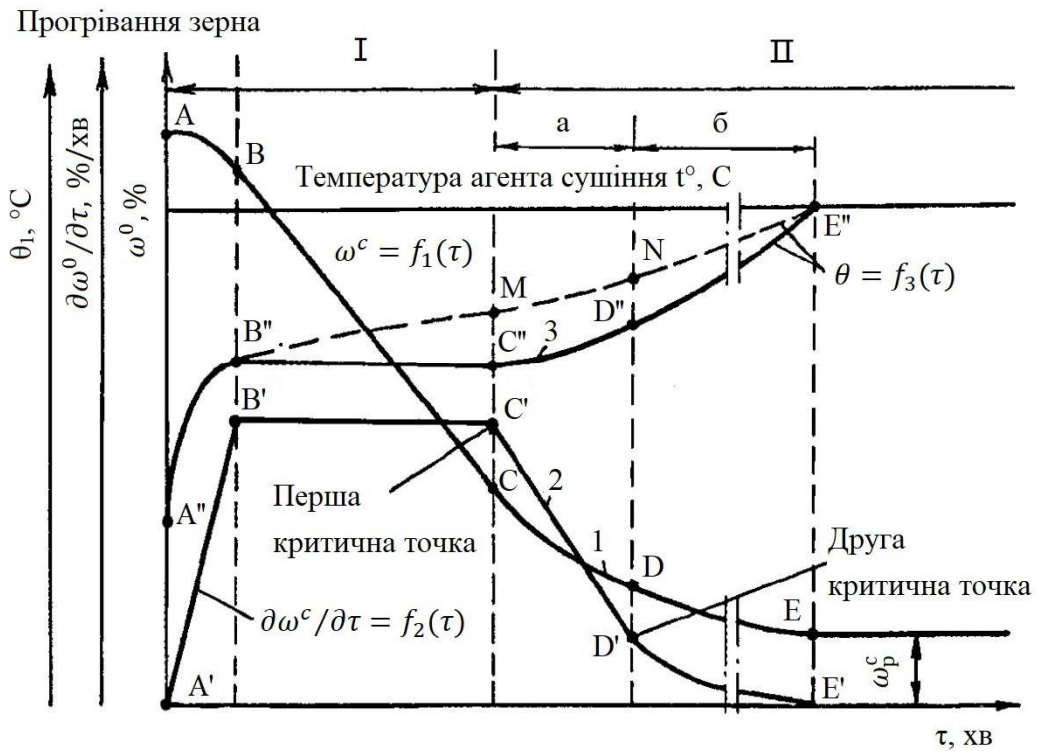


Рис. 3.1. Суміщений графік процесу сушіння зерна

Більшість капілярно–пористих колоїдного типу (зерно у тому числі) мають тенденцію до постійного збільшення температури, що показано на ділянці B''M.

«Коли швидкість сушіння стала, волога випаровується з інтенсивністю, котра знаходиться у пропорційній залежності від різниці тиску. Він вимірюється у зерні та навколишньому середовищі. У той же час параметр швидкості пов'язаний з температурою та вологістю самого зерна. Для його визначення потрібно дізнатися умови, які впливають на зовнішню дифузію вологи. Але річ у тім, що під час сушіння деякі матеріали знаходяться в умовах з порушеною закономірністю дифузії ззовні. Це пов'язано із тим, що підведення вологи до поверхні зерна — недостатнє. Саме тому у матеріалі неперивно підвищується температура» [44].

«На рис. 3.1 ми можемо побачити період II. Швидкість сушіння починає трохи сповільнюватись. У той же час вологість матеріалу починає відповідати кривій CDE. Крива C'D' E' — це швидкість сушіння. На ділянках

C"D"E" або MNE" температура завжди стає вище. Швидкість сушіння зменшується у залежності від інтенсивності видалення вологи» [44].

Коли швидкість сушіння спадає, параметр дифузії вологи розділяється на дві групи: зону а (зовнішню) та та зону б (внутрішню). Розділення їх відбувається за допомогою критичної точки D'. Зовнішню дифузію визначають зовнішні фактори, від котрих залежить інтенсивність сушіння. Але даний фактор обмежений підведенням вологи, котра береться з внутрішніх ресурсів матеріалу. Якщо розглядати зону внутрішньої дифузії, тут параметри зерна майже не пов'язані з інтенсивністю процесу. Він залежить лише від законів внутрішнього переміщення вологи [43].

Зерно майже на всіх підприємствах сушать за допомогою конвективного метода. Матеріал отримує теплову енергію від нагрітого зовнішнього середовища — це може бути гаряче повітря або його суміш з продуктами згоряння палива. Воно виступає в теплоносієм, і вологовбирачем. Тому конвективна сушарка достатньо проста за своєю конструкцією. Коли починається конвекційне сушіння, зерно може знаходитися в різних станах: щільних нерухомих, гравітаційно рухомих або падаючих. Залежить цей параметр, так само як і інтенсивність процесу, від стану зернового шару та активної поверхні. К.К.Д. конвективної сушарки може бути підвищене завдяки повторному використанню відпрацьованого зерна [17].

Якщо сушіння зерна проводити своєчасно та правильно, воно стане більш стійким до тривалого зберігання. В рази поліпшуються його продовольчі якості. Саме сушіння буде позитивно впливати на якість продукції у той момент, коли вона буде перероблятися в борошно або крупу. Режим сушіння — це певні параметри, котрі стосуються як самого зерна, так і навколишнього середовища. Мова йде про температуру  $t_1$ , початкову вологість  $\omega_0$ , гранично допустиму температуру  $\theta_{гр}$  нагрівання [18].

$T_1$  визначають також перед камерою, у котрій буде сушитись зерно. Так можна буде вирахувати інтенсивність процесу і випаровування вологи.

Максимальне значення даної цифри обмежується умовами зберігання та якістю зерна, котру хочуть досягти. Параметр  $\omega_0$  також пов'язаний з інтенсивністю сушки. Він допомагає визначити допустимі температури нагрівання та максимальні температури агента [45].

Ще одним важливим параметром вважається значення  $\theta_{gr}$ . Якщо дотримуватись граничних чисел, якість зерна буде повністю збережена. Також буде досягнута максимальна інтенсивність. Також існує назва режиму, котрий забезпечує високу якість та за допомогою котрого можна досягти найкращих показників для роботи камери. Він називається «оптимальний».

Режим сушки може бути м'яким або жорстким. При м'якому застосовують невисокі температури та мінімальна швидкість сушіння при нагріванні та власне сушінні. Якщо режим жорсткий, температури будуть підвищеними, так само як і інтенсивність сушки.

Якщо розглядати сушку з економічної точки зору, краще використовувати жорсткий режим. Так можна буде скоротити строк процесу та досягти оптимального результату. Кращим такий режим виглядає і в технологічному плані. Адже зерно знаходиться в нагрітому стані менше, тобто його якість зберігається. Але у жорсткого режиму є і свої недоліки. Можуть деформуватися та тріскатися тканини, а отже і погіршуватись його якості. Якщо температура самого зерна буде занадто високою, будуть згортатись білки та запуститься процес денатурації. Таким чином втрачається здатність матеріалу до набухання та різко погіршиться параметр технологічних властивостей при помолі. Температурний режим понад  $60^\circ$  погіршує якість крохмалю. Він почне розпадатись, а побічними продуктами його розпаду стануть декстрини. Таке борошно має дуже низьку якість. Водночас жири проявляють до підвищених температур більшу стійкість. Але якщо в камері буде понад  $70^\circ$ , вони почнуть частково розкладатись. До речі, гарантій збереження всіх якостей не дає і м'який режим. Якщо тримати зерно в камері занадто довго, воно покриється пліснявою. Тому потрібно дотримуватися певного балансу в залежності від типу культури [46].

Вибираючи режим для сушки приділяйте особливу увагу максимальному зберіганню ліпідів. Це біологічно активні речовини, котрі грають важливу роль при оцінюванні поживних цінностей. Сушити культуру потрібно при м'якому температурному режимі, щоб максимально їх зберегти.

Якість зерна після сушіння напряму пов'язана з механізмом перенесення вологи. У той момент, коли зона випаровування буде знаходитись біля зерна, воно буде висушуватись найкраще. Волога почне рухатись всередині зернин як рідина, а саме воно не буде перегріватись, бо випаровування одночасно охолоджує поверхню. Рівномірного сушіння можна досягти приділяючи увагу параметрам, котрі уповільнять випаровування, не пропускаючи вологу всередину.

Інтенсивність сушіння визначено швидкістю підведення вологи з середини зерна до поверхні. Чим вища температура зерна, тим з більшою швидкістю переміщується у ньому волога. Прискорення процесу сушіння ефективно є попереднє нагрівання зерна. Його проводять за підвищеної вологості повітря з тим, аби було підведено теплоту, що втрачалася тільки на нагрівання зерна. Далі його висушують при температурі, близької до гранично допустимої, що забезпечує високу швидкість сушіння зерна. Режим сушіння пов'язано з методом сушіння та конструктивними особливостями зерносушарок. У шахтних прямоточних та рециркуляційних сушарках без додаткових пристроїв для нагрівання зерна використовують резервні секції сушильної колони (шахти).

За час сушіння пшениці використано диференційовані режими, що гранично допустима температура нагрівання зерна та температура агента сушіння залежать від початкової якості клейковини – міцної, доброї або слабкої. Сушіння пшениці з слабкою клейковиною при підвищеній температурі приводить до зміцнення клейковини, а отже, поліпшення її якості.

Гранично допустиму температуру зерна  $\theta_{гр}$  потрібно вибирати залежно від біохімічних змін, які відбуваються у білковому комплексі зародка та

ендосперму. Зміни характеризуються ступенем денатурації білка – складною функцією температури зерна, його вологості, тривалості нагрівання, а також властивостей білка. З підвищенням температури зерна на 10 °С (за постійної вологості), швидкість денатурації зростає у два – чотири рази; зі збільшенням вологості за постійної температури швидкість денатурації зерна підвищується: збільшення вологості на 3...4 % еквівалентно підвищенню температури на 10 °С. На початковій стадії денатурації, спостерігається процес ренатурації. Завдяки цьому, при зберіганні зерна розчинність альбумінів та глобулінів, а також енергія проростання і схожість відновлюються [7].

Допустима температура зерна має бути встановлена, враховуючи умови зберігання енергії для подальшого проростання. Якщо збільшити вологу та тривалість перебування культури в нагрітому стані, температуру потрібно знизити.

Гранично допустима температура вибирається після аналізу встановленого значення, оптимального для зерна. Також аналізується його початкова вологість, спосіб ведення самої сушки. Якщо зерно буде підвищеної вологості, а початкова температура — низькою, воно може запаритись. Поверхня зернини буде холодною, тому збере багато вологи, котра вже випарувалась. Зернова маса почне інтенсивно зволожуватись, а температура — підвищуватись. Тому насінневі і технологічні властивості зерна будуть зменшені. Запарювання майже ніколи не відбувається у шахтній прямоточній сушарці, бо у її верхній частині мінімальна товщина продувного шару. Водночас тут спостерігається максимальна швидкість процесу.

Основна ознака загартовування оболонки – це втрата нею можливостей до пропускання вологи. Оболонка зерна, котре тільки зібрали, має найнижчий показник вологопровідності. Тому у прямоточній сушарці потрібно суттєво знизити температурний режим.

Технологія сушіння зерна має включати в себе методи, котрі дозволять керувати процесами в матеріалі. Тільки так можна буде отримати продукт

високої якості, у якого будуть оптимальні фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники.

Критерієм оптимальності виступає мінімальна тривалість сушки  $\tau$ . Але потрібно постійно прагнути до зменшення тривалості, адже тоді можна скоротити час, витрачений на термічну обробку і залишити основні властивості незмінними [7].

Процес перенесення вологи всередині зернин проходить за допомогою певних рушійних сил. Вони формуються в залежності від вмісту вологи, температурного режиму, тиску. Якщо збільшити значення цих градієнтів, можна висушити зерно швидше. Але не потрібно допускати, щоб вони були надмірно високими – особливо параметр вмісту вологи. Адже тоді зерно може потріскатись, перегрітись та зіпсуватись. Якщо надмірно підвищити тиск, зерно може розірватись. А коли рушійні сили будуть підібрані вірно, потік вологи буде розходитись у різних напрямках. Також потрібно приділити особливу увагу виявленню та використанню вакууму) та іншим подібним параметрам

Вибираючи метод для попередньої обробки та режими сушки, враховуйте такі властивості як:

- термостійкість;
- вологостійкість;
- біологічна природа
- інші властивості.

З чинниками, котрі згадувались вище, пов'язане утворення тріщин. Наприклад, якщо зерно попередньо нагріти, воно буде містити в результаті менше вологи, ніж при класичному сушінні в конвекторах. Іншими словами, випаровування буде проходити біля зовнішньої оболонки. А до неї волога буде рухатись як рідина. Таким чином не буде перегріватись поверхня та зерно зберігатиметься довше, поліпшиться його якість. Коли ж розчинені речовини потрібно буде спрямувати навпаки - всередину, зерно потрібно досить інтенсивно нагріти, фактично нанести йому тепловий удар. Далі воно

охолоджується, але дуже повільно. В деяких випадках чинник переміщення рідини зовсім виключається. Так повністю зберігаються всі вітамінні комплекси, ферменти. У такому випадку, сушіння проводиться за чинників, котрі сприяють переміщенню вологи у середині маси – вона утворює пару і не виходить назовні.

Якщо проаналізувати все вищевикладене, отримуємо такі данні: якщо змінювати інтенсивність сушки, можна змінити механізм, за допомогою якого переноситься волога. Тобто, властивості зерна теж стають іншими.

Найсучасніші зерносушарки Akron серії Swegma, які виготовляються у Швеції, встановлюються та використовуються на елеваторах, хлібоприймальних підприємствах, тощо. Зерносушарка Akron - є найпоширенішою в країнах європейського союзу та країнах Скандинавії завдяки компактності, надійності, економічності, безпечності і можливості сушіння всіх зернових культур»[45].

У світі є кілька конструктивних типів зерносушарок. Найпоширеніші з них, це:

- Баштові (Рис. 3.2.);
- Модульні горизонтальні (Рис. 3.3.);
- Шахтні вертикальні (Рис. 3.4.).

Конструктивний тип баштових зерносушарок є гіршим, серед інших, через величезне енергоспоживання, відсутність зони охолодження висушеного зерна, та необхідність регулярної зміни корпусу перфорованих сит під кожну культуру окремо. В додаток до цього, працездатність та якість сушіння зерна на баштових зерносушарках мають пряму залежність від погодних умов (вітру та опадів).

Модульні горизонтальні зерносушарки мають також цілий ряд конструктивних недоліків і є розробкою 60-х-70-х років. Зважаючи на те, що корпус модульних горизонтальних зерносушарок, як і баштових, складається з перфорованих решіт і не має зовнішньої обшивки та теплоізоляції, зерно, що знаходиться в сушарці, не захищене від атмосферних опадів, що робить

такі сушарки погано пристосованими до роботи в різних кліматичних умовах.



Рис. 3.2. Баштовий тип зерносушарки.

До того ж відсутність будь-якої зовнішньої обшивки веде до збільшення втрат тепла, що призводить до зайвих витрат палива та електроенергії. У модульних зерносушарках, на відміну від шахтних, використовується шнековий завантажувач і розвантажувач зерна, що є



найгіршим варіантом для будь-якої транспортування зерна, оскільки він пошкоджує зерно під час його роботи.



Рис. 3.3. Модульний горизонтальний тип зерносушарки.

Крім того, через постійну роботу вивантажувального обладнання (не імпульсного) у секціях зерносушарки може відбуватися застрявання продукту з утворенням заторів, що призводить до необхідності зупиняти сушарку та чистити її. Конструктивно, модульні сушарки кваліфікуються як сушарки "поперечного потоку" (не змішаного потоку). Зерно у внутрішній частині сушарки практично не перемішується (тільки при переході з модуля в модуль), оскільки рухається вертикально вниз, при цьому зерно, що знаходиться ближче до джерела гарячого повітря, сильніше нагрівається, ніж з іншого боку сушарки.

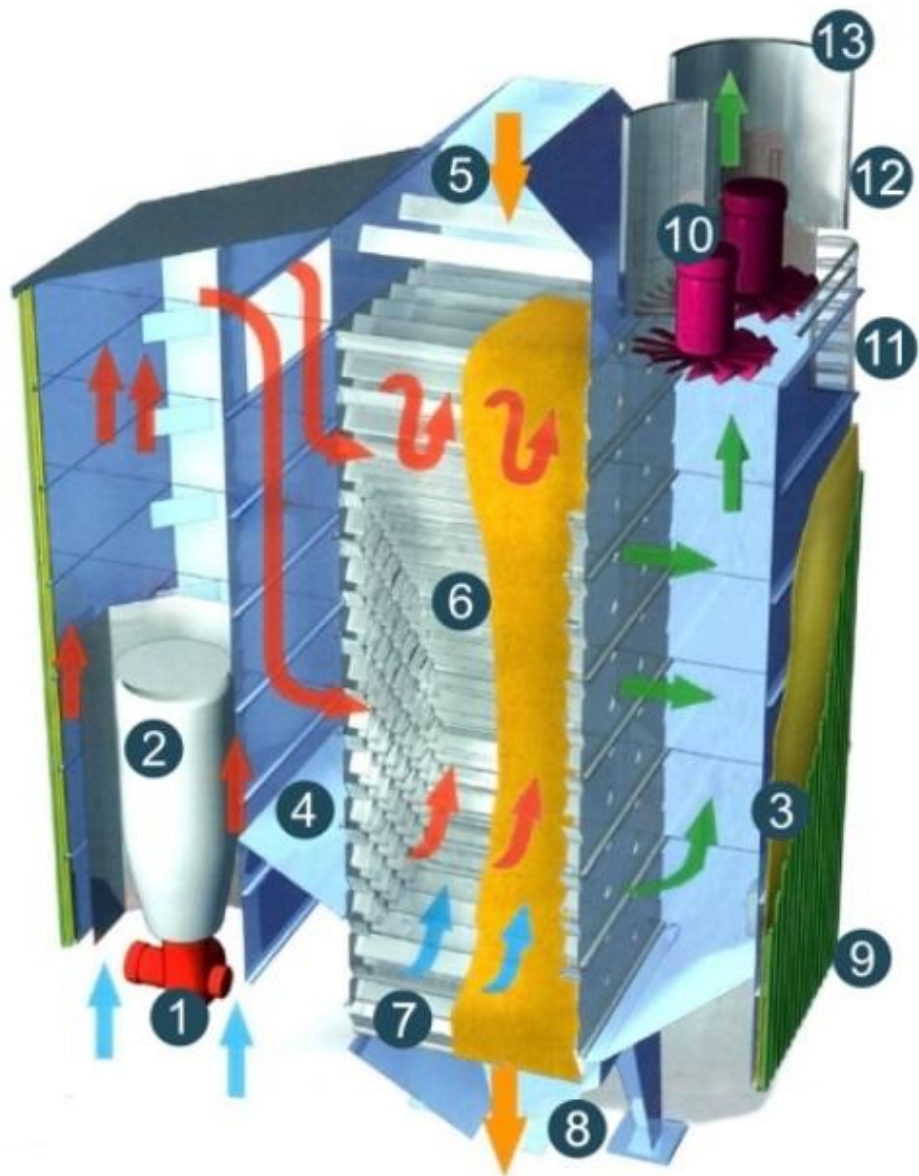


Рис. 3.4. Шахтний вертикальний тип зерносушарки: 1 – газовий пальник із цифровим керуванням; 2 – камера згоряння із нержавіючої сталі; 3 – теплоізоляційна обшивка; 4 – жалюзі зміни співвідношення зони сушіння/охолодження; 5 – резервна секція; 6 – зернова шахта (сушильні секції з поперечними повітряними каналами); 7 – пневматичний або роликовий електричний розвантажувальний пристрій; 8 – бункер розвантаження; 9 – зовнішня додаткова обшивка оцинкованим профільованим листом; 10 – регульовані жалюзі для керування потоком повітря; 11 – сходи з огорожею для доступу на дах; 12 – осьовий витяжний вентилятор; 13 – глушник шуму вентилятора

Цей факт, а також відсутність камери змішування гарячого та холодного повітря – призводить до нерівномірного сушіння продукту, та до погіршення його якісних характеристик. Наприклад: при нерівномірному сушінні пшениці, може статися денатурація білка, з такої пшениці вже не можливо буде отримати якісного борошна, при перегріві кукурудзи під час сушіння, з'являється тріщинуватість. Іноді надмірне нагрівання створює вогнища загоряння. Модульний тип зерносушарок, так само як і баштовий, не має зони охолодження зерна, що викликає необхідність встановлення, та будівництва охолоджувальних ємностей (наприклад силосів).

Шахтні вертикальні зерносушарки з безперервно змішаним потоком повітря і повним охолодженням висушеного продукту є кращим конструктивним рішенням за рядом показників на сьогоднішній день і мають цілу низку переваг, перед іншими конструктивними типами зерносушарок.

На ринку існує велика кількість шахтних вертикальних зерносушарок, починаючи від старих радянських ДСП 32 та ДСП 50, закінчуючи безліччю європейських виробників. Всі вони на перший погляд схожі, тому що мають вертикальну зернову шахту, витяжні вентилятори та камеру гарячого повітря, укомплектовану пальниками. Але і серед них є лідери-виробники за такими критеріями як економічність, надійність та безпечність. До цих лідерів з багатьох досліджень та аналізів, належить і шведська компанія Akron, яка виробляє зерносушарки вже понад 70 років.

«Відмінними рисами зерносушарок Akron, перед іншими вітчизняними, європейськими та американськими сушарками, є:

- Можливість встановлення шахти з роздільними, незалежними двома чи трьома колонами зерна;
- Можливість регулювання швидкості витяжних вентиляторів із пульта управління;
- Система пилеочищення відпрацьованого вологого повітря до 97%;
- Висока теплоізоляція камер гарячого повітря, даху та зернової шахти мінеральною базальтовою негорючою ватою;

- Зовнішнє додаткове обшивання оцинкованим профільованим листом;
- Комплектація цифровими економічними пальниками (природний газ, скраплений газ, дизель);
- Управління зерносушильним комплексом або елеватором загалом відбувається через сенсорну панель управління, з налаштуванням автоматичних оповіщень телефоном, у месенджерах або на електронну адресу;
- Можливість дистанційного керування;
- Можливість здійснювати віддалену діагностику зерносушильного комплексу;
- Робота сушарки у повному автоматичному режимі;
- Інтелектуальна система пожежооповіщення (Рис.3.5.);
- Система рекуперації відпрацьованого гарячого повітря із системою його очищення (Рис. 3.6.)»[22].

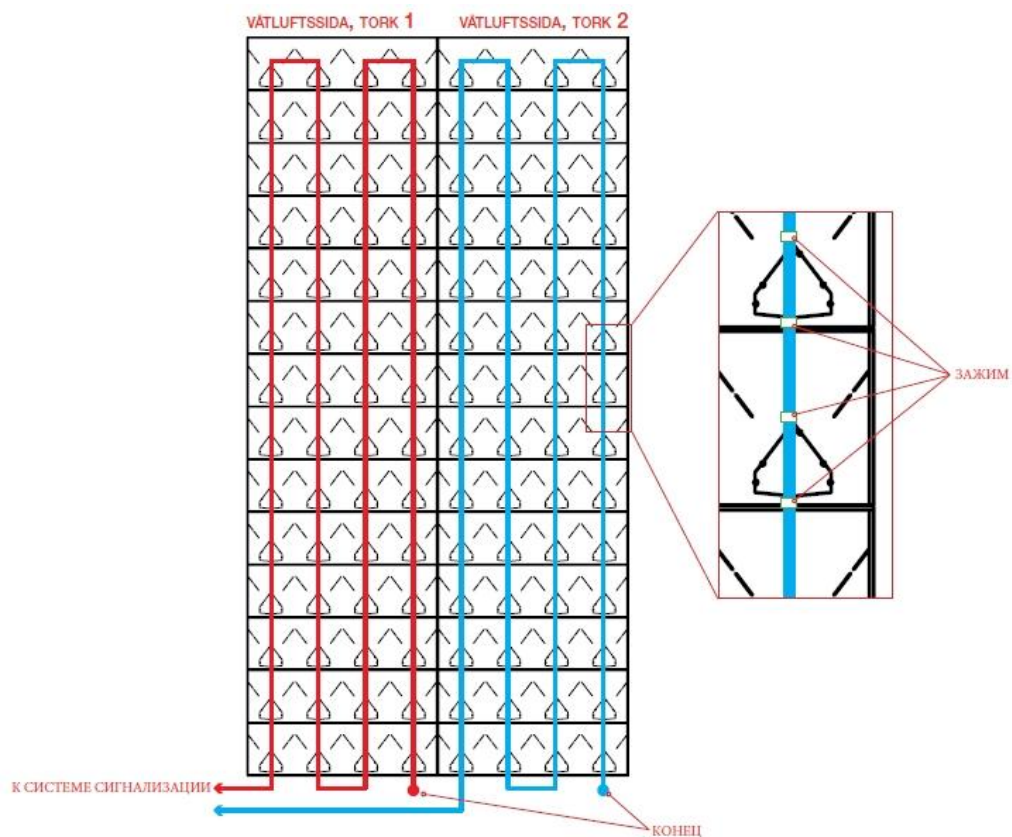


Рис. 3.5. Інтелектуальна система пожежооповіщення

«Інтелектуальна запатентована система пожежооповіщення зерносушарки AKRON складається з чутливого до температури кабелю, який встановлюється вздовж бічних каналів для відпрацьованого повітря (з боку витяжної камери). Кінець кабелю підключено до автономної системи оповіщення. Якщо температура навколо кабелю (тобто повітря, що виходить з бічних повітроводів) перевищує  $90^{\circ}$ , система попередження видає попереджувальний сигнал про те, в якій конкретній секції відбулося підвищення температури і, як наслідок, загоряння. Протипожежна система працює також і від батареї, щоб зберегти функціональність навіть у разі втрати живлення. Після цього сигналу, автоматично відключаються витяжні вентилятори і пальники, зупиняється конвеєрне обладнання (транспортери, норії) яке подає зерно до сушарки і відбувається екстрене вивантаження зерна біля зерносушарки. Тільки таким чином можна зберегти зерно, саму зерносушарку та споруди навколо.

Рекуперация - система, в якій повітря під час подачі в зерносушарку нагрівається теплим зерноматеріалом під час його охолодження. Це робиться, для повторного використання повітря під час нагрівання агента сушіння і зниження витрати палива.

Така система діє лише у безперервно потокових зерносушарках шахтного вертикального типу. У них завжди міститься частина сухого зерна, що охолоджується натиском холодного повітря з навколишнього середовища. Це повітря остуджує зерно, але саме в цей час нагрівається [50].

Мало хто говорить про це, але дослідження англійських учених доводять, що система рекуперативної має також великі недоліки. Недолік цей існує як з економічного, так і з технічного погляду.

З економічної точки зору, ефективність рекуперативної тепла значно менша, ніж заявляють багато розробників і виробників зерносушарок, які спираються тільки на розрахунки витрати палива для нагріву повітря, при цьому зовсім не говорять про те, що існує ще й велика витратна частина, у

вигляді споживання електроенергії, потужними вентиляторами для повторної подачі теплого повітря»[48].

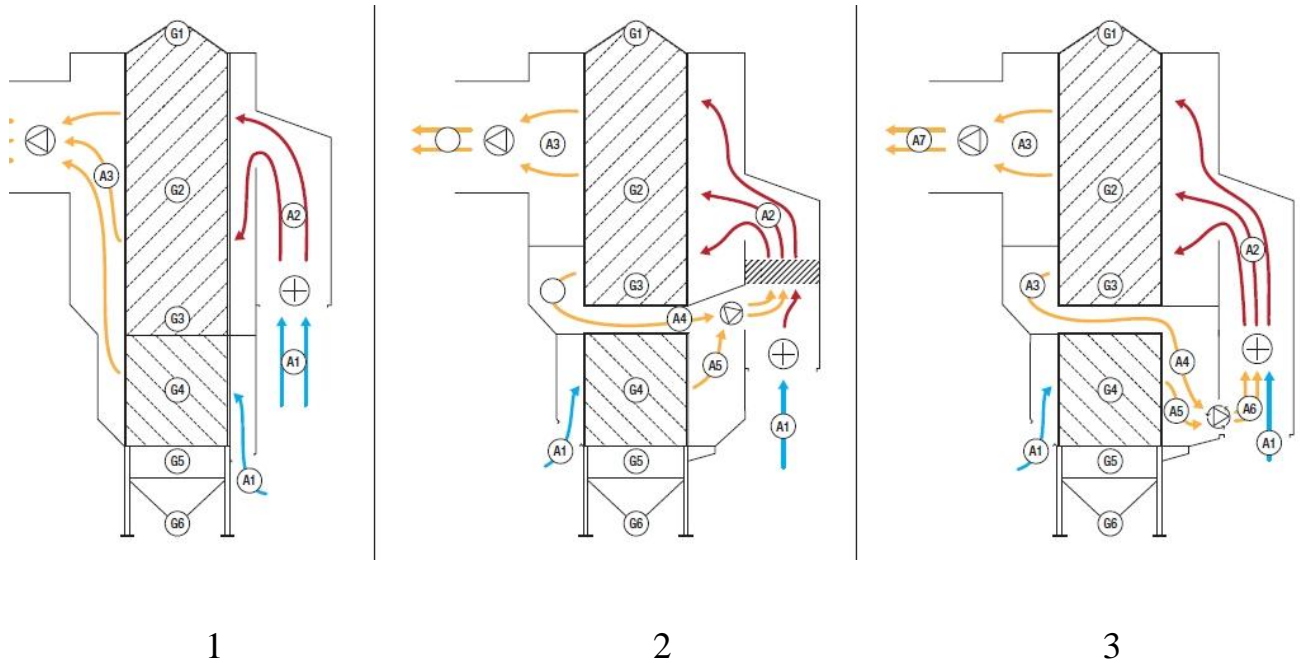


Рис. 3.6. Зерносушарки з і без системи рекуперації відпрацьованого теплого повітря: 1 – зерносушарка без рекуперації; 2 – зерносушарка з класичною рекуперацією; 3 – зерносушарка з рекуперацією очищеним повітрям.

- ⊕ джерело тепла
- ⊙ вентилятор
- ⊙ вентилятор пилоподавлення
- ▨ зона змішаного повітря

З технічної точки зору, при використанні класичної системи рекуперації (без очищення теплого відпрацьованого повітря) існують високі ризики до займання. Відпрацьоване повітря перед тим, перед рекуперацією, проходить через зернову шахту. У зв'язку з цим, це повітря може включати легко горючі елементи, такі як: зерновий пил, плева, лущиння соняшника,

зернова оболонка і т.п. Це повітря потрапляє в зону пальника, в результаті чого, не рідко відбуваються загоряння, які призводять як мінімум до капетального ремонту зерносушарки, а в найгірших випадках до повної втрати всього зерносушильного комплексу, включаючи партію зерна, яка знаходилася в сушарці.

Для уникнення ризиків спалаху інженери Akron розробили та запатентували систему очищення повітря, який підлягає рекуперації, Radiclean.

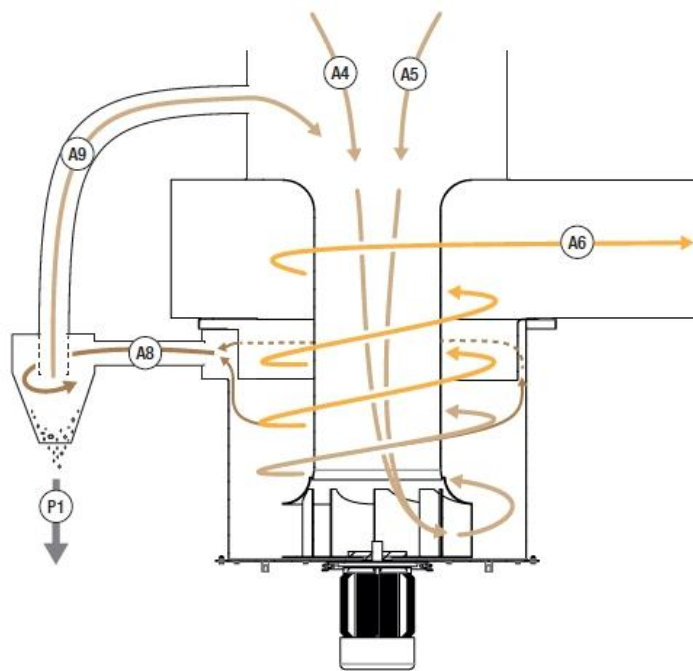


Рис. 3.7. Принцип роботи системи очищення повітря Radiclean:

P1 – потік вторинного повітря та пил; A4,A5 – забруднене повітря;  
A6 – чисте повітря; A8 – відділення пилу від основного повітряного потоку разом із невеликою кількістю вторинного повітря; A9 - потік очищеного вторинного повітря.

Теплове сушіння зерна, поруч із вилученням вологи, пов'язані з інтенсивним впливом протягом усього біологічну систему зерна як живого організму. Штучне зниження вологості зерна змінює кількісне співвідношення складових частин системи та, як наслідок, характер їхньої

взаємодії. Тепловий вплив супроводжується складними фізико-хімічними та біохімічними змінами у білковому, ліпідному, вуглеводно-амілазному та ферментному комплексах. В результаті сушіння змінюються фізичні властивості зерна, його теплофізичні та вологообмінні характеристики, відбувається розбудова мікроструктури тканин зерна.

Деякі з змін, що відбуваються, неминучі і в залежності від застосовуваної технології сушіння можуть мати або позитивні, або негативні наслідки. Важливо, щоб у процесі сушіння не було допущено незворотних наслідків у найбільш лабільних комплексах, що визначають якість зерна у сенсі цього терміну.

Особливу увагу необхідно звертати на нерідко необгрунтовано інтенсифікацію сушіння продовольчого і кормового зерна, що застосовується, зокрема шляхом перевищення температури сушильного агента вище встановлених меж. Така інтенсифікація процесу призводить до згубних наслідків якості зерна. Наприклад, надмірне підвищення температури сушильного агента викликає такі вкрай небажані явища, як запарювання та загартування зерна.

Запарювання може статися при сушінні зерна підвищеної вологості з низькою початковою температурою, внаслідок впливу на нього високотемпературного агенту сушіння. При цьому, на холодній поверхні зерна відбувається рясна конденсація раніше випареної вологи, що супроводжується виділенням теплоти. В результаті зернова маса зволожується, підвищується її температура, що, своєю чергою, викликає погіршення якості зерна. Запарювання зерна може статися і за недостатньої витрати агенту сушіння.

Процес гартування найбільш можливий для свіжоприбраного зерна, що має знижену вологопровідність оболонок, ендосперму і зародка. При застосуванні високотемпературного сушильного агента найчастіше відбувається неприпустимий перегрів та пересушування оболонок зерна, звуження вологопровідних капілярів та зниження їх вологопроникності.



Оболонки втрачають здатність пропускати вологу. Внаслідок закриття пір оболонок у прикордонному шарі ендосперму накопичуються водяні пари, вихід яким утруднений. Виникає явище гарту зерна, інколи ж і розрив оболонок і ендосперма. Крім того, при цьому в алейроновому шарі та прилеглих до нього периферійних частинах ендосперму відбуваються складні біохімічні зміни, зокрема денатурація білків та декстринізація крохмалю, які також обумовлюють суттєве погіршення якості зерна, що висушується.

Невиправдана інтенсифікація процесу сушіння найбільше позначається на безпеці білкового комплексу зерна. При цьому визначальною є не так температура сушильного агента, скільки температура зерна на виході із сушильної камери. Вона не має перевищувати встановлених граничних значень для сушіння продовольчого, кормового і насінневого зерна.

Зміни у білковому комплексі характеризуються ступенем денатурації білкових речовин, що викликають зміну їх первісних властивостей, – зменшується їх розчинність, гідрофільність, ферментна активність. Ступінь теплової денатурації білків залежить від температури нагрівання зерна, його вологості та тривалості нагрівання. Нагрівання зерна при одній і тій же температурі може по-різному впливати на його якість, якщо вологість зерна та тривалість його нагрівання будуть різними. Зміни у білковому комплексі особливо важливо враховувати при сушінні зерна пшениці.

Залежно від умов теплової денатурації спостерігаються чотири основні стадії якісного стану білкового комплексу зерна, що висушується.

Перша стадія характеризується термоактивацією зерна, вона супроводжується деяким підвищенням енергії проростання та схожості. При цьому чим нижча початкова схожість зерна, тим більше проявляється позитивний вплив нагрівання зерна.

На другій стадії денатурації властивості білків незначно змінюються, і помітні зміни технологічних показників якості зерна відсутні.

Третя стадія призводить до зміцнення клейковини за відсутності помітної денатурації спирторозчинних білків. Її використовують для покращення фізичних властивостей слабкої клейковини.

Істотне зміцнення клейковини, денатурація спирторозчинних білків та значне погіршення хлібопекарської якості борошна відбуваються на четвертій стадії теплової денатурації.

У разі денатурації, при якій зерно не втрачає свою життєздатність, може йтися про деяку оборотність процесу денатурації з часом: властивості зерна, що нагрівається, можуть змінитися, підвищується його енергія проростання і схожість, змінюється розчинність білків. Однак ренативація білкових речовин може наступити лише за неглибокої денатурації та в умовах зберігання зерна протягом 3-5 місяців.

При денатурації, що вийшла за межі стадії термоактивації, відновлення початкових властивостей білків немає, а енергія проростання і схожість зерна не досягають вихідних показників.

Перегрів зерна вище гранично допустимої температури призводить до термічного розпаду та окислення ліпідів та біологічно активних речовин ліпідної природи. Окислення ліпідів призводить до відмирання клітин зерна та глибокої зміни біохімічних процесів у його тканинах. Продукти окислення ліпідів руйнують багато вітамінів, істотно погіршують технологічні переваги зерна.

Тепловий вплив істотно впливає і на активність ферментів зерна. Перевищення гранично допустимої температури нагрівання зерна призводить до помітного зниження активності та навіть припинення дії таких ферментів, як каталаза,  $\alpha$ -амілаза, гліцерофосфатаза та протеаза.

Дослідження сушіння проведено на різних пробах зерна пшениці: прибраного на стадії воскової стиглості, що пройшов і не пройшов стадію післязбирального дозрівання; убраного в стадії повної стиглості, що пройшло післязбиральне дозрівання, а також на пробах зерна, що перестояло на

корені, прибраного після оптимальних термінів і пройшло післязбиральне дозрівання.

З метою забезпечення умов рівномірного нагріву кожного окремо взятого зерна та найбільш достовірного визначення допустимої температури нагріву досліди проведені з елементарним шаром зерна, як моделлю сушіння прикордонного шару, що контактує зі свіжим сушильним агентом, що надходить у сушарку. Як відомо, у прикордонному шарі нагрівання та сушіння зерна відбуваються з максимальною по відношенню до всього шару швидкістю.

У процесі сушіння вимірювали та контролювали вологість та температуру зерна, температуру, швидкість та витрату сушильного агента.

При комплексному аналізі якості зерна, що висушується, з використанням стандартизованих і загальноприйнятих методів визначали вологість, вміст і якість клейковини, енергію проростання і схожість, вміст бур'янів і зернової домішки, натуру, склоподібність і кількісно-якісний склад мікрофлори.

З метою найбільш повного збереження якості зерна, що висушується, температуру сушильного агента в ході досліджень підтримували в межах 80-90 °С. Температура нагрівання зерна досягала при цьому 40-60 °С.

Кінетику сушіння вивчали на основі аналізу кривих сушіння, термограм зерна, кривих швидкості сушіння та нагрівання зерна. Встановлено, що весь процес протікав з температурою зерна, що безперервно зростає, і спадною швидкістю сушіння.

Виявлені закономірності кінетики сушіння пов'язані з змінами показників якості зерна, що висушується. За допустиму температуру нагріву зерна приймали таке її значення, при якому наступали незворотні зміни в білковому комплексі зерна, що характеризуються зниженням вмісту та якості клейковини, енергії проростання та схожості.

Проби зерна просушені за температури сушильного агента 90°C з максимальним нагріванням зерна до 40-60°C. Встановлено, що при

зазначених режимних параметрах процесу в зерні пшениці, що висушується, відзначалося деяке збільшення вмісту клейковини – на 1-1,5% і невелике її зміцнення – на 5-15 од. ІДК у межах тієї ж групи якості. Деяко збільшилася і схожість просушеного зерна – на 5-10%.

Зерно пшениці, прибране на стадії повної стиглості і минуле післяприбиральне дозрівання, характеризувалося також досить високою схожістю – в діапазоні 75-85%. Вміст клейковини у вихідних пробах досягав 27,5-28,5%, якість її перебувала в межах 38-50 од. ІДК.

Таблиця 3.1

Режими сушіння зерна пшениці, прибраного в різні фази стиглості

Характеристика зерна	Гранічно допустима температура, °С	
	агента сушіння	нагріву зерна
Прибране у стадії воскової стиглості, що не пройшло післяприбирального дозрівання	90	60
Прибране у стадії воскової стиглості, що пройшло після прибиральне дозрівання	80	55
Прибране прямим комбайнуванням у стадії повної стиглості, що пройшло після прибиральне дозрівання	80	55
Прибране в оптимальний термін, що минуло після прибиральне дозрівання	80	55
Перестояв на корені, прибраний після оптимальних термінів, пройшов післяприбиральне дозрівання	80	60

Зерно пшениці, яке перестояло на корені, прибране після оптимальних термінів і минуло післязбиральне дозрівання, характеризувалося високою схожістю – в межах 80-85%. Вміст клейковини у вихідних пробах досягав 28,5%, її якість – 50 од. ІДК.

Аналіз отриманих даних підтвердив технологічну доцільність та ефективність сушіння зерна пшениці, прибраного у різні фази стиглості, та дозволив рекомендувати режими сушіння, які забезпечують найбільш повне збереження якості свіжоприбраного зерна.

Виробнича перевірка підтвердила доцільність застосування рекомендованих режимів для сушіння зерна пшениці, прибраного у різні фази стиглості. Поряд з найбільш повним збереженням якості зерна, що висушується, відзначено прискорення процесу післязбирального дозрівання, підвищення насінневих і технологічних переваг зерна.

### **3.2. Надійне збереження зерна в металевих силосах, з повною автоматизованою системою термометрії та аерації**

Силос – це проміжний пункт для зерна, який знаходиться між складанням сировини та відправкою його на переробні підприємства чи експорт. Металевий контейнер захищає зернову масу від гниття, поширення шкідників та нашествия гризунів. Силос для зерна використовують у приватних господарствах і великих виробництвах, забезпечуючи безпеку товару.

Комахи – це одна із найголовніших причин псування зернових культур, котрі зберігаються. Кількість таких шкідників ситуаційно зростає. Комах стає більше від початку зберігання зерна у сховищі до моменту зниження температурного режиму. Є декілька факторів, по яким можна визначити швидкість зростання їх кількості. Річ про їх міграцію з ділянок із зараженням у чисті та їх розмноження. Якщо не контролювати ці фактори, шкідники швидко оселяться в усіх зернових запасах.

Мігрують комахи дуже швидко. Особливо того, коли біля незараженого зерна є заражене. Якщо температура повітря складає 25 - 40 °С, комахи починають інтенсивно розмножуватись. Тому необхідно приділити особливу увагу заходам, котрі знизять температурний режим.

Аерація зерна на даний момент вважається самим ефективним інструментом, за допомогою котрого контролюються зберігання та підтримання якості зерна у сховищі. Потрібно проводити постійну санітарну обробку та контролювати всі процеси, щоб якість запасі знаходилась на високому рівні. Іноді використовуються спеціальні хімікати, за допомогою яких фумігують зерно. Але вони дуже багато коштують, а ще бувають небезпечними для запасів.

На даний момент більшість підприємств зберігає зерно у силосах різної місткості (до 10 тис. т і більше). Виготовлюють їх зі сталевих, алюмінієвих листів та сплавів. Листова сталь та циліндрична конструкція - найпопулярніші. Вони зручні та дозволяють швидко завантажувати і розвантажувати сировину. Будуються та монтуються вони швидко. А якщо

порівняти їх з залізобетоном, отримуємо різницю в 1,5–2 рази у ціні. Також їх перевагою можна назвати невеликі габарити при великій місткості.

Сховище із металу надійно захистить зерно від гризунів. Воно не боїться вогню та дуже зручні для дезінфекцій. Тут є активна вентиляція. Воно стійке до тиску маси, котра знаходиться у ньому, вітру та впливу атмосферних чинників, тому зберігає вихідні показники якості зерна.

Але є у нього і свої недоліки. Таке сховище придатне тільки для зберігання сухого зерна та продукту з середнім коефіцієнтом вологості. Конденсат активує негативну мікрофлору та інші негативні явища. Тому зерно потрібно завжди вентилювати або проводити аерацію. Остання:

- сприяє значному підвищенню властивостей якості зерна, оскільки витримуються необхідна вологість та температура протягом усього періоду його зберігання;
- швидко охолоджує тепле (гаряче) зерно до потрібної температури, у результаті чого, знижується вірогідність його псування та зараження шкідниками. Такий оптимальний волого-температурний режим гарантовано запобігає виникненню процесів гниття та появи плісняви на поверхні зерна, а також пошкодженню шкідливими комахами. Аерація зерна відбувається за участю систем активного вентилювання.

Висока температура зерна відіграє ключову роль у роботі силосів. В результаті цього можуть виділятися продукти життєдіяльності, а цього краще уникати. Є певний метод, котрий дозволяє боротись з підвищенням температури: швидке її зниження.

Оскільки, саме це зупиняє розвиток плісняви, різних видів токсичних організмів, зокрема міко- та альфатоксинів, бактеріальної флори. Крім того, завдяки цьому, попереджається поява комах-шкідників та значною мірою послаблюється перебіг метаболізму – гальмуються внутрішні фізіологічні процеси у самому зерні. Тому контролю температурного стану зерна та механізму його зміни та керування у силосах слід надавати велику увагу.

Технічні рішення для контролю за температурою зерна у зерносховищі (силосі). Нагляд за температурою зерна у силосах ведуть за допомогою термодатчиків. Відповідний сигнал від них через електричні кабелі надходить

до комп'ютерної системи. Температурні показники зерна можливо зафіксувати за графіком (навіть із годинним інтервалом) відповідно до встановлених оптимальних температурних умов та режиму його зберігання.

Використання комп'ютера дає змогу роздрукувати отримані дані (у вигляді статистичної цифрової інформації або графіків). Система контролю відстежує температуру всередині маси зерна та відхилення її від норми, і за отриманими результатами приймається рішення про потребу аерації.

Температурні датчики можливо розмістити у різних точках об'ємного простору зернової маси силоса: всередині, збоку, вгорі, внизу і т. д. Це дає змогу, точно встановити локальний осередок «температурної тривоги» та встановити ступінь та режим аераційного охолодження або нагрівання.



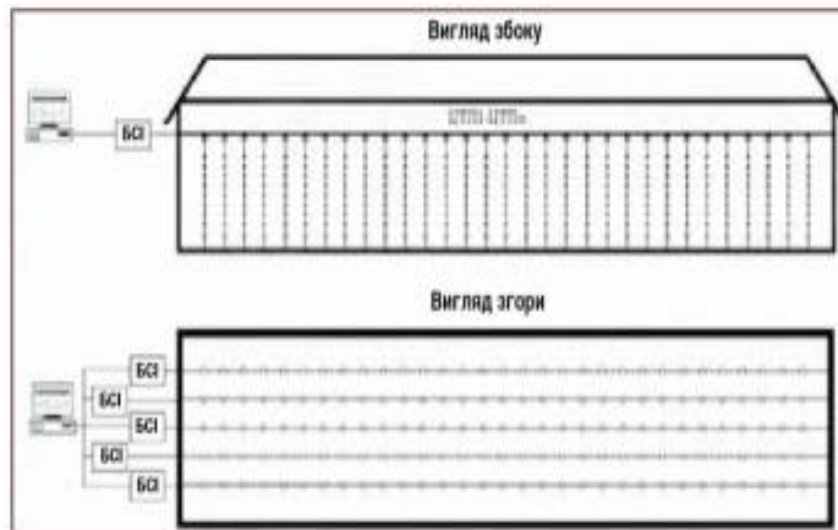


Рис. 3.8 Схеми розміщення термодатчиків (у вертикальній і горизонтальній площинах) із підлоговим зберіганням зерна

Система автоматизованого контролю температури DuoLine німецького виробництва PFEUFFER, першочергово спрямована на контроль температури та вологості зерна у процесі його зберігання. Фактично це – програмний комплекс, який надає можливість своєчасно визначити вірогідність виникнення осередку самозігрівання зерна шляхом вираховування декількома алгоритмами тенденції, щодо зростання його температури. До складу комплексу входять:

- термодатчики – кабель-троси з розміщеними на них датчиками температури фірми;
- блоки збирання інформації;
- станція обробки та візуалізації інформації.

«Програмне забезпечення надає змогу, відслідковувати у режимі реального часу стан температури, як на рівні всього елеватора, так і в кожному корпусі, силосі, кожній частині силоса або зони складу окремо. Графіки зміни температури, поліпшують ведення візуального контролю за тенденціями режимів зберігання зерна, а система тривожної інформації попереджає про виявлення критичної температури завчасно – до настання

незворотних процесів (яку достатньо складно зробити у разі проведення ручних замірів та фіксації даних у паперових журналах).

Картина температурного стану зерна за, точками розміщення термодатчиків, виведено на монітор комп'ютера, візуалізує інформацію та сприяє точній його оцінці у режимі реального часу та швидкому реагуванню за потреби корекції температури. Оригінальне виконання вузла кріплення термопідвіски, дає змогу мінімізувати навантаження та запобігає її згинанню чи скручуванню, таким чином вдається уникнути руйнування елементів конструкції у процесі експлуатації. Основні переваги системи DuoLine:

- цифрова технологія обробки сигналів;
- оригінальні алгоритми обробки і візуалізації інформації;
- точність замірів підвищена у 3–5 разів порівняно з аналоговою технологією;
- скорочення термінів впровадження;
- низькі експлуатаційні витрати;
- зменшення часу окупності обладнання;
- наочність поточного стану всередині силоса, кольорова індикація;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс надає змогу легко навчити обслуговуючий персонал та лаборантів. Достовірність отриманої інформації не залежить від особистих якостей обслуговуючого персоналу, як це має місце, у разі ручного режиму реєстрації температури»[31].

Заслуговує на увагу система вимірювання даних та контролю температури компанії NEUERO (Німеччина), основні функції якої:

– отримання інформації у вигляді протоколів різної форми, обробка комп'ютерною програмою отриманих із центрального пульта показників температури і занесення їх у пам'ять цифрової бази даних (тобто температурні показники можуть відображатися як у графічному вигляді, так і бути роздрукованими у вигляді протоколів);

– візуалізація даних на основі плану розміщення термодатчиків у тримірній панорамі, що дає змогу з першого погляду побачити критичні ділянки;

– виявити актуальні місця оперативного втручання та негайно вжити відповідні заходи щодо корекції критичних температур зерна у сховищі. Графічна оцінка процесу зміни температури допомагає у складанні прогнозу напрямків руху температури;

– інформація поточного стану щодо температури в окремих бункерах. Тобто до складу постійних даних, може бути додана додаткова інформація щодо кожного бункера. Межові дані, щодо кожного бункера, залежать від зерна (виду, сорту, фізичного стану) та можуть встановлюватися індивідуально. Застарілі дані можуть автоматично видалятися або заноситись до архіву;

– обробка даних.

Можна отримувати різноманітні друковані протоколи із класифікацією за групами бункерів. Для всіх видів обробки інтегровано попередній перегляд друку. Таким чином користувач може будь-коли отримати всі необхідні дані для перегляду своїх документів простим натисканням кнопки. З наведеного вище можна констатувати, що система контролю зміни температури є ідеальним інструментом у сучасному управлінні процесом зберігання зернових культур. Кабелі та термодатчики системи термометрії розміщені на різних рівнях зерна. Це надає змогу отримувати якомога точнішу, об'єктивну інформацію про точний температурний стан зернової маси. За бажанням замовника, термометрія та система аерації можуть бути

об'єднані для автоматичного управління процесами зберігання продукту у силосі.

Система контролю температури зерна складається з термпідвісок, які класично, розміщується усередині силоса, що фіксують інформацію у діаметрі 3 м, та є стаціонарним або портативним пристроєм контролю температури з цифровим дисплеєм. Термпідвіски з датчиками температури, всередині них є сталеві троси — таке виконання попереджує їхнє розтягування по всій довжині. Система контролю температури під'єднано до персонального комп'ютера, що дає змогу вести контроль температури безпосередньо через монітор.



Рис. 3.9. Система контролю температури

«Для успішного природного сушіння та примусового вентилявання зерна, його потрібно правильно розмістити у бункері. Зернова маса є вирівняною за своїм складом – слід забезпечити рівномірне розподілення дрібних частинок зерна та допустимої кількості незернових домішок, загальним об'ємом зерна в усьому бункері, оскільки від цього значною мірою будуть залежать: оптимальне надходження повітряного потоку та

ефективність вентилявання зерна у бункері. Однак, у багатьох силосах це не забезпечується. Характерним та разом з тим негативним, є механічне пошкодження (дроблення) зерна під час завантаження його у бункер. Отже ця дрібна фракція у значній кількості концентрується у верхній центральній частині силоса та зернового «стовпа», та у формі конуса (тобто в верхівці зернового насипу). Під час наступного завантаження силоса, така тенденція зберігається. Внаслідок цього, у силосі, в центральній його частині, фактично по всій його висоті, спостерігається значна засміченість та концентрація дрібних фракцій зерна.

Це відчутна проблема, пов'язана з технічною та технологічною недосконалістю процесу завантаження силосів, оскільки, після вивантаження такого зерна у перших кількох машинах спостерігається значне перевищення рівня засміченості, та вмісту дробленого зерна, що природно знижує його якість та сортність, а отже, й вартість. Для досягнення показників чистоти зерна, які відповідають визначеним вимогам щодо допустимого рівня засміченості, господарникам доводиться застосовувати багато виробничих винаходів: переміщувати зерно із силоса у силос, вивантажувати його в окрему силосну ємність, змішувати із зерном, яке відвантажується, пізніше, та вдаватися до низки інших заходів, які до зазначеної вище проблеми додають ще й небажані додаткові витрати ресурсів»[33].



Рис. 3.10. Гравітаційний розподілювач зерна

«Для усунення цього недоліку застосовують гравітаційний розподілювач зерна Agri Dry. Можливі дві його моделі: з електричним

приводом та кінетичний. Монтують такий розподілювач зерна всередині силоса у верхній його частині. Його призначення – рівномірне розподілення зернового потоку і всіх його складових – сміттєвих домішок і дробленого зерна – по всьому поперечному перерізу бункера впродовж усього часу завантаження силоса зерном. Таке зерно по всьому силосу має однакову щільність, що важливо для рівномірного та ефективного вентилявання.

Також це запобігає виникненню інших небажаних явищ у товщі зерна, таких як: утворення зон надмірної засміченості, злежування і самозигрівання. Тож застосування гравітаційного розподілювача зерна в рази зменшує витрати завдяки економії електроенергії на вентиляцію силосів. І що важливо: один раз установивши гравітаційний розподілювач зерна Agri Dry, можна повністю позбутись великої кількості суттєвих проблем.

Інший важливий технічний елемент силосів – контролер Agri Dry Bullseye, який слідкує за погодними умовами, підтримує потрібну температуру і вологість зерна шляхом регулювання режиму роботи вентиляторів і нагрівачів для сушіння зерна до необхідного рівня. Його технічні можливості дають змогу виконувати моніторинг та управління зерновими бункерами з персонального комп'ютера на відстані до 64 км із допомогою безпроводових радіомодемів. Крім того, контролер Agri Dry Bullseye здатен виявляти осередки перегрівання зерна у бункері та відповідно до їхньої локалізації управляє роботою верхніх витяжних вентиляторів. Його важливою особливістю є можливість поєднання із наявними у виробництві термоелектричними кабелями, аераційними вентиляторами і персональними комп'ютерами»[30].

«Силоси SiloMaster обладнані системами активного вентилявання за допомогою повітряних підлогових каналів.

Датчики температури, що забезпечують контроль температури зерна по висоті силосу (термопідвіски), необхідні для виявлення локальних вогнищ самозигрівання в зерновому насипі, допомагають вчасно вжити необхідних заходів щодо запобігання псуванню зерна, а також допомагають заощадити

електроенергію, оскільки вентилятор не працює зайвий час. Щілини, в підлогових вентиляційних ґратах, зроблені таким чином, що можливе зберігання як великих, за величиною, зерен кукурудзи, так і дрібного ріпаку.

Конструкція стінових панелей та опор повинна забезпечувати стійкість до перепадів внутрішнього та зовнішнього тиску, а також необхідний рівень герметичності споруди. Найбільш оптимальним варіантом для забезпечення зазначених параметрів металевих силосах є гофрування, яке забезпечує високий рівень жорсткості кріплення панелей. Чим ширше нахлест і що більше рядів болтів кріплення має конструкція, то вище рівень міцності і краще захист від проникнення вологи (з допомогою плоскої поверхні стиків у місцях кріплення болтів). Кількість болтових з'єднань залежить від навантажень, тому в нижній частині силосу доцільне використання більшої кількості болтових з'єднань, а у верхній частині – менше. Необхідно звертати увагу на розподіл кількості ребер жорсткості на кожну панель, якість їх кріплення та якість профілю, товщину покриття та товщину самого металу.

Силоси для зберігання зерна SiloMaster виготовлені з гофрованого оцинкованого листа, з вертикальними елементами, що при швидкому розвантаженні оберігає від деформації. Застосовуються спеціальні ущільнювачі для стиків листів: горизонтальне та подвійне вертикальне ущільнення з'єднань листів циліндричної частини.

Особливої уваги заслуговують опори. Відповідно до розрахунків навантажень, за висотою, використовують опори двох типів: Z і U подібні. Такий вид опор дозволяє утримувати конструкцію силосу навіть при неправильному вивантаженні (коли, через непрофесіоналізм обслуговуючого персоналу, вивантаження зерна може проходити з наповненого силосу, через бокові отвори з однієї сторони)»[31].

Збереження зерна значно залежить від його температури при закладці на зберігання, ніж від розташування силосу. Тому гранично допустимі терміни доцільно враховувати щодо температури та вологості зерна, яке закладається на зберігання.

Встановлено, що зерно пшениці вологістю 11-15% при температурі 10°C може зберігатися до 12 міс без зміни показників якості, а при температурі 20°C -12 міс, але з вологістю приблизно 12%. У зерні вологістю 13-14% після трьох місяців зберігання спостерігається погіршення посівних властивостей, зменшення активності дегідрогеназу, збільшення кислотного числа жиру, а до 9 місяців приблизно в 2 рази збільшується інтенсивність дихання. При температурі 30°C зберігання зерна без погіршення якості спостерігалось протягом двох місяців за його вологості трохи більше 13%. При вологості 13-14% погіршення якості зерна відбувалося вже першого місяця зберігання. Через три місяці показники якості значно погіршилися: знизилися натура, енергія проростання і схожість зерна, а також якість клейковини, збільшилися кислотне число жиру та інтенсивність дихання.

На основі викладеного пропонуються такі орієнтовні гранично допустимі терміни зберігання зерна пшениці та ячменю у металевих силосах. Для ячменю, менш стійкого до зберігання, прийнято менші терміни зберігання, порівняно з пшеницею, згідно з діючими інструкціями.

У металевому силосі найбільш несприятливі умови зберігання створюються у верхній частині зернового насипу. Інструкція рекомендує контролювати відносну вологість повітря у просторі над зерном силосу за допомогою психрометра Ассмана. У разі перевищення відносної вологості повітря в силосі порівняно з відотною вологістю зовнішнього повітря рекомендується забезпечити вентилявання простору над зерном. Цю вимогу інструкції неможливо виконати, оскільки не зазначена періодичність контролю, а люки обслуговування в дахах силосів для тривалого зберігання зерна розташовані, зазвичай, на висоті 20 і більше метрів.

Щоб визначити умови, за яких необхідне вентилявання верхньої частини силосу, були виміряні температура та відносна вологість повітря у верхньому шарі зерна та у просторі над зерном у промисловому металевому силосі. Вимірювання у верхньому шарі проводили на глибині близько 0,07 м, а над зерном – на відстані близько 0,6 м від поверхні зернової маси. Поруч із



параметрами повітря всередині силосу вимірювали температуру зовнішнього повітря.

Дослідження проводили в силосі діаметром 12,5 м, висотою вертикальної стінки 20 м за загальною висотою 26 м, місткістю 2000 т, заповненого зерном пшениці вологістю 12,5%, масою 1800 т.

Для вимірювання параметрів повітря використовували сертифіковані автономні реєстратори даних з габаритними розмірами: 100x25x23 мм. Ці реєстратори одночасно вимірюють та записують температуру та відносну вологість повітря у місці свого розташування. Періодичність запису регулюється від 2 до 24 год. У наших дослідженнях параметри повітря фіксувалися кожні 30 хв, тобто. 48 вимірів протягом доби. Похибка вимірювання температури в межах від -40 до +70°C становила 2°C, похибка вимірювання відносної вологості повітря в межах від 10 до 95% - 5%. Періоди, в яких виміряне значення відносної вологості становило 95% (і більше), відносили до небажаних для зберігання з огляду на можливість утворення конденсату.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі описуються особливості процесів транспортування, перевірки на якість та зберігання в умовах складських приміщень або в силосах елеваторів. Розписано, хто відповідає за стан охорони праці безпосередньо на місці роботи працівника, на дільниці і в цілому на підприємстві, де зберігаються зернові запаси різних зернових, насінневих і бобових культур. Також відмічені обов'язки спеціалістів підрозділів, що відповідають також за стан охорони праці.

Описуються заходи, що повинні бути по забезпеченню безпеки праці, при зберіганні зернових мас в силосах при активному вентиляванню та в охолодженому стані. Відмічені правила оформлення і проведення інструктажу на робочих місцях.

Особливу увагу приділяють вимогам, які необхідно виконувати працівнику перед початком роботи та під час її виконання. Описано вимоги та послідовність дій при виникненні аварійної ситуації. Важливу роль у цьому питанні відіграє швидкість реакції, тому необхідно максимально проінформувати про всі можливі аварійні ситуації та шляхи усунення небезпечної ситуації. Заключним моментом є вимоги, які працівник повинен виконувати по завершенню роботи.

Згідно положення за останні роки з 2019 по 2021 включно проведено на підприємстві по прийманню, обробці, взяттю проб та закладання зерна в силоси, випадки захворювання та травм, які могли статися за цей період роботи та приводяться результати.

Особливо відмічені ті заходи, які рекомендуються для поліпшенні умов праці на всіх дільницях, робочих місцях і в цілому на підприємстві. Це і створення таких заходів, що забезпечують на діючому устаткуванні виключення або зниження до регламентованих рівнів шуму, вібрацій, засміченості повітря, випромінювання та інших факторів. Також розширення

санітарно-побутових приміщень з урахуванням встановлення сучасного обладнання. Крім того улаштування куточків і кабінетів з охорони праці.

Повністю структура розділу з охороною праці з досконалим описом та розрахунками, формулами згідно методики та вказаних посилань на джерела, приведена в додатках (додаток А).

## **РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

В розділі необхідно було виконати обґрунтування ефективності тих досліджень, які були проведені згідно теми дипломної роботи, визначеної мети і завдань. Робота була направлена на обґрунтування способів підвищення якості зерна під час його приймання, обробки і зберігання.

Згідно запропонованої методики розроблено план та введені найменування тих пунктів, які висвітлюють послідовність виконання та визначають тривалість роботи в днях по кожному з них, на основі чого розроблено сітвовий графік за яким проводились дослідження по темі роботи.

Послідовно визначено всі витрати, які було затрачено для проведення запланованих метою та завданням досліджень. До них відносять матеріали, оплата праці, витрати на електроенергію, та всі витрати визначені розрахунками. Зроблено висновки по загальним витратам, визначені у відсотках найбільші та найменші з них.

Повний послідовний розрахунок наведено в додатках (додаток Б).

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі проаналізовано та обґрунтовані методи підвищення якості зерна на етапі приймання, обробки та зберігання.

Із численних методів теплового сушіння найпоширенішим є конвективний, за якого тепла енергія передається зерну від нагрітого газу (повітря або його суміші з продуктами згоряння палива). Те, що нагрітий газ водночас виступає як теплоносій та вологовбирач, зумовлює відносну простоту конструкцій конвективних сушарок. Показано, що при виборі методів попереднього оброблення та режимів сушіння зерна необхідно враховувати його термо- і вологостійкість, біологічну природу та структурно-механічні властивості, від яких залежить утворення тріщин. Встановлено, що при сушінні попередньо нагрітого зерна поверхневий градієнт вологовмісту менший, ніж при звичайному конвективному сушінні, тобто зона випаровування розташовується поблизу зовнішньої поверхні матеріалу, до якої волога рухається у вигляді рідини. Це запобігає перегріванню поверхні матеріалу та сприяє зберіганню і поліпшенню якості зерна.

Приведені вимоги охорони праці щодо проведення взяття проб та вимірювання температури у механізованих складах підприємства, а також проведення досліджень з визначення якості зерна в умовах лабораторії.

Результати досліджень по зберіганню зерна в охолодженому стані дозволяють рекомендувати елеваторам та хлібо-приймальним пунктам використовувати таку технологію для підвищення якості зберігання і зменшення витрат на одиницю продукції»[45].

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 75 днів. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням, а отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та нарахування на неї, які складають 43,7 % від загальної суми витрат, найменшими – витрати на амортизацію обладнання (2,3 %). Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 2971,94 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анисимова Л. В. Проектирование элеваторов: учеб. пособ./ Л. В. Анисимова. – Барнаул: Алт ГТУ, 2004.–167 с.
2. Арынгазин К.Ш. Технология элеваторной промышленности / К.Ш. Арынгазин, Л.М. Сарлыбаева, А.Т. Тлеубай – Павлодар, 2006. – 60 с.
3. Беликов А. С. Основы охраны труда: учебник для студентов высших учебных заведений Украины III–IV уровней аккредитации / А. С. Беликов, Н. Ю. Шлыков, Е. В. Рабич. – Днепропетровск. «Журфонд», 2007 – 494 с.
4. Богомоллов В. О. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств: Навчальний посібник / О. В. Богомоллов, П. В. Гурський, В. П. Богомоллова. – Х.: Еспада, 2005. – 432 с.
5. Бутковский В. А. Технология зерноперерабатывающих производств / В. А. Бутковский, А. И. Мерко, Е. М. Мельников. - М.: Интеграф сервис, 1999. 472 с.
6. Вобликов Е. М. Технология элеваторной промышленности / Е. М. Вобликов. – М.: Лань, 2010.
7. Вобликов Е.М., Буханцов В.А. и др. послеуборочная обработка и хранение зерна / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов, А.С. Прокопец. – Ростов-на-Дону: МарТ, 2001. – 229 с.
8. Галицкий Р. Р. Оборудование зерноперерабатывающих предприятий. 3-е изд., перераб. и доп. / Р. Р. Галицкий – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с. 9. Ганиев М.М. Вредители и болезни зерна и зернопродуктов при хранении / М.М. Ганиев. – М.: Колос, 2009. – 208 с.
9. Горелова Е.И. Основы хранения зерна / Е.И. Горелова – М.: Агропромиздат, 1986. – 136 с., ил. – ( Учебники и учеб. пособия для подготовки кадров массовых профессий).
10. Егоров Г.А. Технология муки . технология крупы. – 4-е узд., перераб. И доп. – М.: КолосС, 2005. – 296 с.

11. Жемела Г.П. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва / Г.П. Жемела, В.І. Шемавн'юв, М.М. Марени, О.М. Олексюк – Д.: ДДАУ, 2005. – 248 с.
12. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник./ В.Ц.Жидецький – Львів: Афіша, 2004 – 248 с.
13. Іванова В. В. Економіка підприємства: навч. посіб. / В. В. Іванова. – Львів: Новий світ-2000, 2012. – 439 с.
14. Кобець А.С., Чурсінов Ю.О. та ін. Машина і обладнання для зберігання та переробки зерна / А.С.Кобець, Ю.О.Чурсінов, С.А.Черних, М.П. Сабадаш, Н.В.Грекова, В.П. Канунніков – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2014. – 614 с.
15. Кравчук А. М. Методичні рекомендації до написання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах студентів інженерно-технологічного факультету, за напрямком підготовки: 0517 «Харчова промисловість та переробка сільськогосподарської», (ОКР Бакалавр). / А. М. Кравчук - Дніпропетр. держ. агр. ун-т. Дніпро, 2017 – 12 с.
16. Кузнецова Л.М., Черкасова Г.П. Количественно-качественный учет зерна и зернопродуктов / Л.М. Кузнецова, Г.П. Черкасова. – М.: ДеЛи принт, 2011 – 260 с.
17. Луковкин А. В. Охрана труда / А. В. Луковкин, П. И. Милько. - М.: Агропромиздат, 1990. – 290с.
18. Мачихина Л.И. Научные основы продовольственной безопасности зерна (хранение и переработка). М.: ДеЛи принт, 2007. – 382 с.
19. Мельник Б. Е. Производство зернового сырья на элеваторах / Б. Е. Мельник, В. Б. Лебедев, Н. И. Малин – М.: Колос, 1996. 496с.
20. Мерко И. Т. Проектирование зерноперерабатывающих предприятий с основами САПР / И. Т. Мерко, Н. Е. Погирной и др. – М.: Агропромиздат, 1989. – 367с.
21. Нелеп В.М. Планування на аграрному підприємстві. К. – КНЕУ, 2000. – 372 с.



22. Осокіна Н.М. Технологія зберігання та переробки зерна./ Н.М. Осокіна, О.П. Герасимчук, Н.П. Матвієнко – Умань: 2012. – 317 с.
23. Павлюченков А.К. Экономика промышленности по хранению и переработке зерна. – М.: Колос, 1983.
24. Подпратов Г.І. Зберігання і переробка продукції рослинництва / Г.І. Подпратов, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков. – К.: Мета, 2002. – 495 с.
25. Покропивний С.Ф. Економіка підприємства. Том 1.2. К.: Хвиля – прес, 1995. – 480 с.
26. Ткаченко В. П. – Методичні вказівки з дисципліни «Менеджмент підприємств галузі з основами підприємництва» для студентів денної форми навчання факультету механізації сільського господарства / В. П. Ткаченко – Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2015-48 с.
27. Трисвятский Л.А., Шатилов И.С. Товароведение зерна и продуктов его переработки / Л.А. Трисвятский, И.С. Шатилов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1992. – 430 с.
28. Трисвятский Л.А. Хранение зерна / Л.А. Трисвятский. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
29. Трисвятский Л.А., Лесик Б.В., Курдина В.Н. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л.А. Трисвятский, Б.В. Лесик, В.Н. Курдина – М.: Агропромиздат, 1991. – 415 с.
30. Фейденгольд В.Б. Меры борьбы с потерями зерна при заготовках, послеуборочной обработке и хранении на элеваторах и хлебоприемных предприятиях / В.Б. Фейденгольд – М.: ДеЛи принт, 2007. – 320 с.
31. Филин В.М. Оценка качества зерна крупяных культур на малых предприятиях / В.М. Филин. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 168 с.
32. Чурсінов Ю.О. Системи та засоби захисту зернових запасів: Навч. Посібник / Ю.О. Чурсінов, С.А. Черних, В.С. Кошулько – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. – 304 с.

33. Юдаев Н. В. Элеваторы, склады, зерносушилки / Н. В. Юдаев – ГИОРД, 2008. – 128 с.
34. ДСТУ 3768: 2010. Пшениця. Технічні умови
35. ДСТУ-3769-98. Ячмінь. Технічні умови.
36. ГОСТ 13586.3 – 83. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб.
37. ГОСТ 30483-97 Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержание металломагнитной примеси.
38. ГОСТ 13586.5 – 93. Метод определения влажности.
39. ГОСТ 10840 – 64. Зерно. Метод определения натурной массы.
40. ГОСТ 10987 – 76. Методы определения стекловидности
41. ГОСТ 13586.4-83. Зерно. Методы определения зараженности и поврежденности вредителями.
42. ГОСТ 13586.1 – 68. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице.
43. Захарченко Р.В. Аналіз режимів сушки на основі математичної моделі /Р.В. Захарченко // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць/Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Полтава. – 2015. – Випуск 3(35). – С. 83 – 84.
44. Захарченко Р.В. Моделювання процесу теплообміну через елементарний шар зерна /Р.В. Захарченко // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Полтава. – 2016. – Випуск 2(38). – С. 38 – 40.
45. Захарченко Р.В. Аналіз багатовимірних систем за допомогою масивувідносних коефіцієнтів підсилення /Р.В. Захарченко // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць / Полтавський

національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Полтава. – 2016. – Випуск 3(39). – С. 20 – 23.

46. Захарченко Р.В. Розв'язане керування багатовимірними системами /Р.В. Захарченко // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць/Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Полтава. – 2016. – Випуск 4(40). – С. 18 – 20.

47. Захарченко Р.В. Дослідження інтегрованого методу ідентифікації /А.М. Сільвестров, Г.І. Кривобока, Р.В. Захарченко // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Полтава. – 2017. – Випуск 2(42). – С. 55 – 56.

48. Електронний ресурс : Доступ - <https://demetra.ua/obladnannya/zernosusharky/>

49. ГОСТ 12.1.003 – 83 «Шум. Общие технические требования».

50. <http://pis.com.ua>: інтернет-ресурс

51. <http://com3s.com>: інтернет-ресурс