

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

КОРДОН ЄГОР ЕДУАРДОВИЧ

Допускається до захисту:
Завідувач кафедри механізації
виробничих процесів у АПК,
канд. техн. наук, доцент

_____ Вадим ВОЛОХ
«_____» _____ 2022 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ПІСЛЯЖНИВНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

Спеціальність 208 Агроінженерія

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Керівник:
Волох В.О., зав.кафедри
механізації виробничих процесів у АПК,
канд. техн. наук, доцент _____

Київ, 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Кафедра механізації виробничих процесів у АПК

Ступінь освіти магістр

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітня програма Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри механізації
виробничих процесів у АПК,
канд. техн. наук, доцент

Вадим ВОЛОХ
« _____ » _____ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Кордону Єгору Едуардовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження технологічного процесу післяжнивної обробки зерна»

керівник роботи Волох Вадим Олександрович, канд. техн. наук, доцент

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

затверджено наказом СНУ ім. В.Далі від «12» жовтня 2022 р. №14.08-ОД

2. Строк подання здобувачем роботи: листопад 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: завдання кафедри, наукові та нормативні джерела

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

- аналіз машин та технологій для післяжнивної обробки зерна;

- конструкторсько-технологічне обґрунтування досліджень;

- методи досліджень;

- результати досліджень;

- економічна ефективність.

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз машин та технологій для післяжнивної обробки зерна	<i>вересень</i>	
2	Конструкторсько-технологічне обґрунтування досліджень	<i>жовтень</i>	
3	Методики дослідження	<i>жовтень</i>	
4	Результати досліджень		
5	Економічна ефективність	<i>листопад</i>	
6	Остаточне оформлення роботи, узгодження з рецензентами, підготовка презентації та доповіді	<i>листопад</i>	

Здобувач

_____ Кордон Є.Є.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ Волох В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

на кваліфікаційну роботу

здобувача вищої освіти аграрного факультету

СО «Магістр» за спеціальністю 208«Агроінженерія»

(денної форми навчання)

Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля

Кордона Єгора Едуардовича

на тему: «Дослідження технологічного процесу післяжнивної обробки зерна»

Актуальність роботи

В Україні щорічно вводиться в експлуатацію ряд спеціалізованих зерноочисних споруд [9]. Проте, темпи їх будівництва в нашій країні відстають від динаміки росту виробництва зернових культур. Крім того, зведення нових елеваторів і зерноочисносушильних комплексів часто робиться без впровадження прогресивних методів ведення післяжнивної обробки і зберігання зерна. Вдосконалення технології післяжнивної обробки і зберігання зерна є важливою проблемою, що стоїть перед агропромисловим комплексом України.

При обробці зернового матеріалу необхідно використати різні засоби і методи, що підвищують посівні якості матеріалу та покращуються екологічні показники.

При цьому процес озонування виступає одним з найбільш перспективних рішень по поліпшенню показників насінної цінності зернового матеріалу. Озонова обробка - це операція, використання якої не призводить до забруднення атмосфери. При озонуванні не утворюються різні токсини і інші шкідливі речовини усередині зернівки [6].

Озонування дозволяє підвищити якість насіння, понизивши вміст шкідливих для здоров'я людини пестицидів, одночасно поліпшивши інтенсифікацію процесу сушки зерна і збільшивши терміни безпечного

зберігання матеріалу.

Мета роботи підвищення ефективності післяжнивної обробки зернового матеріалу за рахунок вдосконалення технологічного процесу підсушування із застосуванням додаткової обробки зернової купи.

Завдання роботи:

- провести аналіз машин та технологій для післяжнивної обробки зерна;
- провести конструкторсько-технологічне обґрунтування досліджень;
- розробити методики експериментальних досліджень;
- провести експериментальні дослідження впливу технологічного процесу озонування на процес сушки зернового матеріалу;
- провести економічні розрахунки запропонованого технологічного процесу.

Об'єктом дослідження є технологічний процес і устаткування комплексу післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу.

Предметом досліджень є закономірності зміни параметрів зернового матеріалу під час його післяжнивної обробки.

Методи дослідження: дослідження проводили у лабораторних умовах, результати досліджень обробляли з використанням пакету програм Microsoft Excel.

Структура і обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається із чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

Кваліфікаційна робота виконана комп'ютерним набором. Загальний обсяг становить 75 сторінок основного тексту, з використанням 29 літературних джерел, ілюстрована 3 таблицями та 26 рисунками.

АНОТАЦІЯ

Кордон Єгор Едуардович «Дослідження технологічного процесу післяжнивної обробки зерна» Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Київ, 2022.- Рукопис.

В роботі особливу увагу приділено післяжнивній обробці і зберіганню посівного матеріалу. Обробку зернового матеріалу, призначеного для насінних цілей, доцільно проводити за технологіями, які мінімізують механічний вплив на зернівку. Впровадження процесу озонування в при післяжнивній обробці дозволить значно скоротити використання, виробництво, транспортування і зберігання різних стимуляторів росту, антибіотиків, отрутохімікатів, що в свою чергу надає можливість отримати органічно чистий зерновий матеріал, який може бути використано як органічний посівний матеріал так і як органічна продовольча або фуражна сировина.

Ключові слова: післяжнивна обробка, озонування, зерновий матеріал, зернова купа.

ANNOTATION

Yegor Kordon « The research The research of the technological process of post-harvest processing of grain ». SNU, Kyiv, 2022.- Manuscript

In the work, special attention is paid to post-harvest processing and storage of seed material. Processing of grain material intended for seed purposes is expediently carried out using technologies that minimize mechanical impact on the grain. The introduction of the ozonation process during harvesting will significantly reduce the use, production, transportation, and storage of various growth stimulants, antibiotics, and pesticides, which in turn makes it possible to obtain organically clean grain material that can be used as organic seed material and as organic food. or fodder raw materials.

Key words: post-harvest, ozonation, grain material, grain heap.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІСЛЯЖНИВНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА.....	10
1.1 Аналіз машин та технологічного обладнання для після жнивної обробки зерна.....	10
1.2 Аналіз технологій для підвищення якості зернового матеріалу.....	33
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	41
2.1 Обґрунтування об'єкту досліджень.....	41
2.2 Конструкторсько-технологічна схема технічних засобів.....	42
3. МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
3.1 Методика проведення експерименту по обробці зернового матеріалу озоноповітряною сумішшю.....	51
3.2 Методика проведення експерименту за визначенням впливу попереднього озонування вологої зернової купи на ефективність його сушки.....	53
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	55
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	63
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
ДОДАТКИ.....	76

ВСТУП

У теперішній час намітилася стійка тенденція збільшення валового збору зернових культур. Через це різко зросло навантаження на зерноочисні-сушильні комплекси і елеватори. Наявні у розпорядженні аграріїв подібні споруди вже не справляються з належною якістю обробки усього вирощеного урожаю. Тому сільськогосподарські виробники вимушені збільшувати продуктивність зерноочисних ліній, погіршуючи показники ефективності роботи устаткування. Через нестачу елеваторних потужностей приблизно десята частина усього вирощеного урожаю частково або повністю псується в процесі післяжнивної обробки і зберігання. В Україні щорічно вводиться в експлуатацію ряд спеціалізованих зерноочисних споруд [7]. Проте, темпи їх будівництва в нашій країні відстають від динаміки росту виробництва зернових культур.

Крім того, зведення нових елеваторів і зерноочисносушильних комплексів часто відбувається без впровадження прогресивних методів ведення післяжнивної обробки і зберігання зерна. Слабо використовується принцип фракціонування при очищенні зернової купи [3], не інтенсифікується процес вологовіддачі при сушці зібраного урожаю [8], не застосовуються сучасні засоби знезараження і дезінфекції зерносховищ [15], не застосовуються заходи по поліпшенню посівних якостей насіння [18]. В умовах, що склалися, вдосконалення технології післяжнивної обробки і зберігання зерна є важливою проблемою, що стоїть перед агропромисловим комплексом України.

Особливу увагу слід приділяти післяжнивній обробці і зберіганню посівного матеріалу [11]. Насіння дуже чутливе до механічних дій робочих органів сільськогосподарських машин, особливо при підвищеній вологості [12].

При підготовці насіння необхідно використати різні засоби і методи, що підвищують посівні якості матеріалу. Доцільно застосовувати

екологічності технології, які дозволяють дезінфікувати, стерилізувати, санувати, дезодорувати, стимулювати насіння до росту, сприяючи згодом збільшенню врожайності зернових культур [11].

Подальше застосування морально застарілих технологій підготовки насінного матеріалу з використанням пестицидів і великої кількості зерноочисних машин знижує його посівні якості. В результаті господарства часто бувають вимушені використати некондиційне по схожості насіння, завищуючи їх норму висіву [14]. Це не лише вимагає додаткових витрат на виробництво зернових культур, але і виснажує ґрунт, оскільки рослини, що відстають в розвитку, також споживають поживні речовини, але вони не устигають дати урожай до моменту прибирання основного масиву [15]. Застосування технологій, що дозволяють підвищити якість насіння, понизивши споживання шкідливих для здоров'я людини пестицидів, одночасно поліпшивши інтенсифікацію процесу сушки зерна і збільшивши терміни безпечного зберігання матеріалу є на часі.

Аналіз досліджень свідчить про те, що для отримання високоякісного посівного матеріалу зернових культур вітчизняній агроінженерній науці необхідно обґрунтувати ощадну технологію післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу, в основу якої слід покласти застосування екологічного процесу додаткової обробки з мінімізацією механічних дій на зернівку за рахунок вдосконалення технічних засобів. Таким чином, тема кваліфікаційної роботи актуальна.

1 АНАЛІЗ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІСЛЯЖНИВНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

1.1 Аналіз машин та технологічного обладнання для після жнивної обробки зерна

Згідно з агротехнічними вимогами зернова купа, що поступає з полів від зернозбиральних комбайнів, залежно від способу прибирання повинна містити не менше 95...96% зерна основної культури [19]. Проте аналіз матеріалу перед очищенням показує, що зміст в ній домішок може досягати 15%. Чистота бункерної купи варіюється в діапазоні 85...98%. Засмічувачі, як правило, мають підвищену вологість і зараженість, тому саме вони слугують причиною для псування усього зібраного урожаю. У зв'язку з цим, післяжнивна обробка зернової купи, що поступає від зернозбиральних комбайнів, є необхідною технологічною операцією, що дозволяє довести зерно до кондиційного стану. Особливу увагу слід приділяти зерновому матеріалу, призначеному для насінних цілей, оскільки від якості насіння залежить врожайність сільськогосподарських культур. При цьому післяжнивна обробка повинна забезпечити необхідну чистоту зерна зі збереженням його життєздатності, що відповідає посівним стандартам [17].

Від технології післяжнивної обробки зерна і технічних засобів, що її, що реалізують, безпосередньо залежить якість кінцевого продукту. У сучасних умовах найбільше поширення отримало очищення зернової купи за допомогою зерноочисних агрегатів серії ЗАВ, зерноочисносушільних комплектів типу КЗС або спеціалізованих елеваторів [19]. Усі вони включають відділення післяжнивної обробки зерна, яке призначене для доведення матеріалу до кондиційного стану по чистоті. Необхідність появи подібних агрегатів і комплексів викликана неможливістю виділення усіх домішок одним мобільним сепаратором і надмірною протяжністю «підлогової» технологічної лінії.

Зерноочисним агрегатом серії ЗАВ є набір спеціалізованих машин і

устаткування, який призначений для механізованого розвантаження, очищення і сортування зерна.

Незважаючи на індивідуальність кожного зерноочисного агрегату серії ЗАВ, усі вони мають загальні характерні елементи конструкції. Можна виділити наступні основні частини [19]:

- приймальний бункер або завальна яма, які обладнані пристосуваннями для в'їзду, вивантаження і виїзду вантажного автотранспорту, що привозить зернову купу на очищення;
- норії, або вертикальні ковшові підйомні пристрої;
- самопливні транспортуючі зернопроводи;
- горизонтальні стрічкові або скребкові транспортери;
- сепаратор попереднього очищення зерна;
- сепаратор первинного очищення зерна;
- опційно при необхідності підготовки високоякісного матеріалу встановлюються сепаратор вторинного очищення зерна або спеціалізована машина підготовки насіння;
- аспіраційна система відпрацьованого запиленого повітря;
- накопичувальні бункери основного продукту і проміжних фракцій;
- капітальна крита споруда, змонтована на високих опорах, об'єднуюче усе устаткування в єдиний об'єкт і який дозволяє робити самопливне розвантаження вмісту бункерів у вантажний автотранспорт.

Усе устаткування змонтоване в технологічну лінію, що має високу міру механізації і погоджену по продуктивності. Управління зерноочисним агрегатом здійснюється дистанційно. Іноді устаткування об'єднується в дві технологічні лінії, що функціонують одночасно і незалежно один від одного.

Експлікація устаткування зерноочисного агрегату ЗАВ- 20 представлена на рисунку 1.1 [15] .

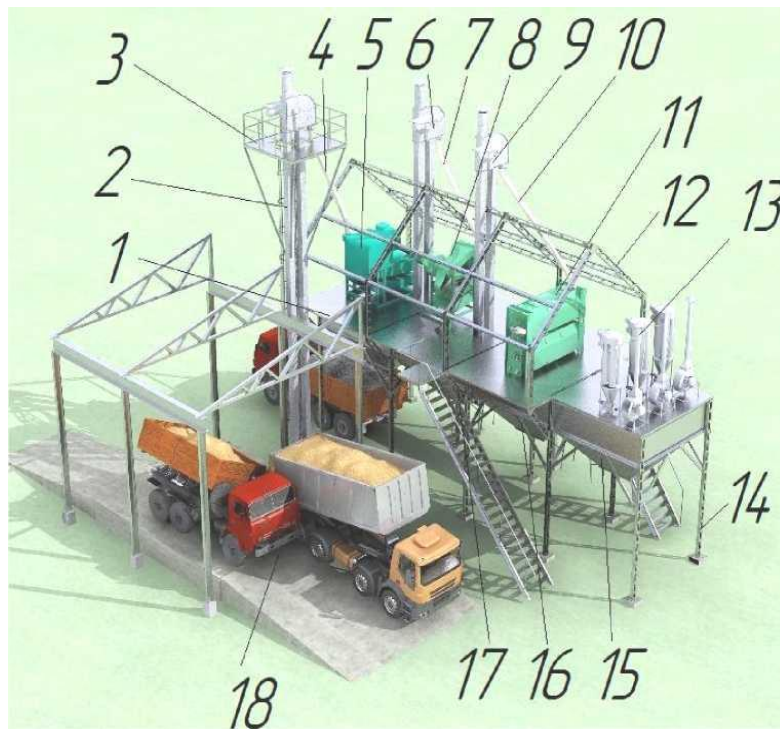


Рисунок 1.1 - Експлікація устаткування зерноочисного агрегату ЗАВ-20:

1 - бункер відходів; 2, 6 і 9 - норія вертикальна серії НВ; 3 - майданчик обслуговування; 4, 7, 10 - самопливний зернопровід; 5 - очисник купи стаціонарний ОВС-25С; 8 - машина первинного очищення зерна ЗВС-20М; 11 - сепаратор триєрний СТ- 12; 12 - металоконструкція даху; 13 - аспіраційна система; 14 - опорна металоконструкція; 15 - бункер аспіраційних домішок; 16 - бункер чистого зерна; 17 - бункер фуражу; 18 - завальна яма з пандусами для проїзду самоскида і автомобілерозвантажувачем.

Зерноочисний агрегат ЗАВ- 20 складається із завальної ями 18 (рисунок 1.1) з пандусами для проїзду самоскида, автомобілерозвантажувачем і навісом, завантажувальної норії 2 з майданчиком обслуговування 3, самопливних зернопроводів 4, 7, 10, стаціонарного очисника купи 5 марки ОВС-25С, працюючого в режимі попереднього очищення, ковшових вертикальних норій 6, 9 серій НВ, машини 8 первинного очищення зерна ЗВС-20М, сепаратора трієрного 11 моделей СТ- 12, аспіраційної системи 13,

опорній металоконструкції 14 зі сходами і дахом 12, бункер 1, 15, 16, 17, обладнаний ручний засувка, призначений для накопичення і вивантаження отриманий фракція.

Технологічний процес роботи цього зерноочисного агрегату ЗАВ- 20 представлений на рисунку 1.2.

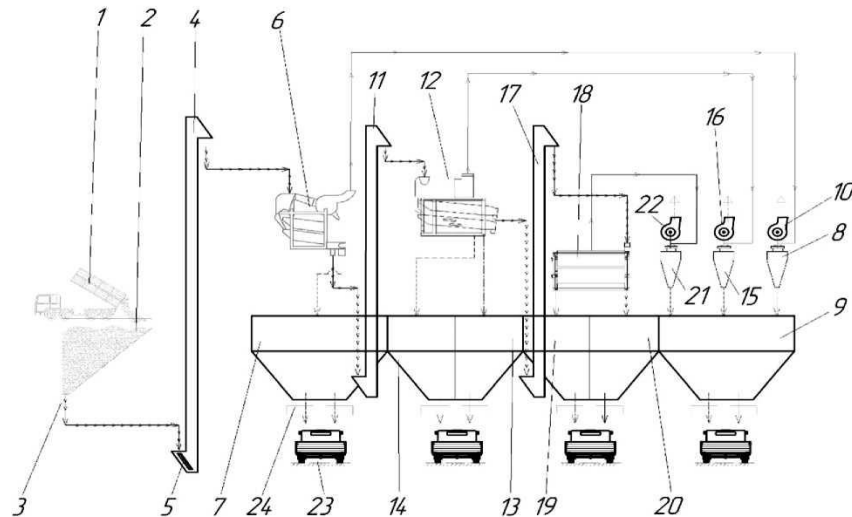


Рисунок 1.2 - Схема технологічного процесу агрегату ЗАВ- 20:

1 і 23 - вантажний автотранспорт; 2 - завальна яма; 3 і 24 - засувка з ручним управлінням; 4, 11 і 17 - ковшова вертикальна норія типу НВ; 5 - магнітна пластина; 6 - очисник купи стаціонарний ОВС-25С; 7 - бункер відходів; 8, 15 і 21 - система аспірації з циклонами; 9 - бункер аспіраційних відходів; 10, 16 і 22 - вентилятори; 12 - машина первинного очищення зерна ЗВС-20М; 13 - бункер великих домішок; 14 - бункер фуражу; 18 - трісерний сепаратор марки СТ- 12; 19 - бункер домішок, що важко відокремлюються; 20 - бункер чистого зерна

Аналіз технологічного процесу сучасного зерноочисного агрегату ЗАВ- 20 [15] показав, що він спроектований на основі попередніх конструкцій, розроблених більше півстоліть назад [15]. З цієї причини протяжність лінії очищення зерна має надмірне значення. Через це робочі органи

спеціалізованого устаткування зерноочисного агрегату багаторазово впливають на зернівку, ушкоджуючи її. При повному циклі очищення конструкцією ЗАВ- 20 передбачений триразовий вертикальний підйом зерна ковшовими норіями, що також приведе до значного його травмування. Крім того, цей зерноочисний агрегат не містить зерносушарки, через що післяжнивна обробка вологої зернової купи неможлива. Отже, сучасні зерноочисні агрегати серії ЗАВ морально застаріли, вони вимагають модернізації не лише устаткування, але і технології.

Зерноочисно-сушильний комплекс серії КЗС відрізняється від зерноочисного агрегату ЗАВ наявністю зерносушарки і буферних місткостей, пов'язаних між собою за допомогою транспортного устаткування. Цифра в маркуванні вказує на годинну продуктивність технологічної лінії. Нині широко використовується ряд подібних зерноочисно-сушильних комплексів: КЗС- 20, КЗС- 25, КЗС- 40, КЗС- 50, КЗС- 100. На сучасному етапі розвитку сільського господарства застосування агрегатів серії ЗАВ без зерносушарки нераціонально, оскільки не дозволяє обробляти зернову купу підвищеної вологості. Зерноочисно-сушильні комплекси типу КЗС можуть застосовуватися як самостійно, так і у складі елеваторів, що відрізняються наявністю зерносховищ і більшої різноманітності транспортного устаткування.

Розглянемо конструкцію зерноочисно-сушильного комплексу серії КЗС у складі елеватора (рисунок 1.3), який додатково має шість силосних зерносховищ, розрахованих на одноразове зберігання 18000 тон зерна, контрольно-перепускний пункт з автомобільними вагами, лабораторія з автоматичним пробовідбірником, відділення відвантаження кінцевої продукції і інші допоміжні споруди.



Рисунок 1.3 - Експлікація будівель і споруджень елеватора на 18000 тон одноразового зберігання зерна: 1 - лабораторія з пробовідбірником і автомобільними вагами; 2 - плоскодонні силосу зберігання; 3 - естакада надсилосних скребкових транспортерів; 4 і 12 - норійні вишки; 5 - відвантажувальний скребковий конвеєр; 6 - буферний силос сухого зерна з конічним дном; 7 - зерносушарка; 8 - зерноочисний агрегат серії ЗАВ; 9 - приймальний пристрій з автотранспорту; 10 - приймальний пристрій із залізничного транспорту; 11 - буферний силос вологого зерна з конічним дном торія з пробовідбірником і автомобільними вагами; 2 - плоскодонні силосу зберігання; 3 - естакада надсилосних скребкових транспортерів; 4 і 12 - норійні вишки; 5 - відвантажувальний скребковий конвеєр; 6 - буферний силос сухого зерна з конічним дном; 7 - зерносушарка; 8 - зерноочисний агрегат серії ЗАВ; 9 - приймальний пристрій з автотранспорту; 10 - приймальний пристрій із залізничного транспорту; 11 - буферний силос вологого зерна з конічним дном

Елеватор складається з лабораторії 1 (рисунок 1.3) з пробовідбірником і автомобільними вагами, силосів зберігання 2 з плоским днищем, транспортних естакад 3, 5 із скребковими транспортерами, норійних вишок 4, 12, буферних силосів 6, 11 з конічним дном, зерносушарки 7, зерноочисного агрегату 8, приймальних пристроїв 9, 10 відповідно з

автомобільного і залізничного транспорту.

Зерно на територію елеватора доставляється на вантажних автомобілях 1 (рисунок 1.4) або залізничному транспорті 2. Спочатку зерновий матеріал направляють на зважування і збирань проб. Після оцінки якості партії зерна видається укладення про його приймання або бракування. У разі ухвалення позитивного рішення транспорт вирушає на розвантаження.

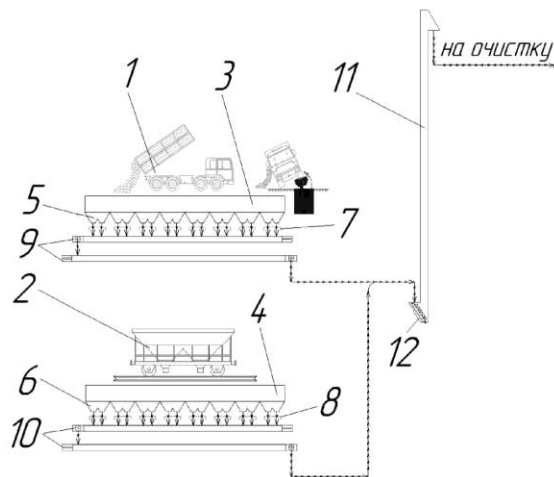


Рисунок 1.4 - Технологічна схема відділення приймання зерна:
1- вантажний автомобіль; 2 - залізничний транспорт; 3 і 4 - завальна яма;
5 і 6 - приймальні бункери; 7 і 8 - засувки; 9 і 10 - скребкові транспортери;
11- завантажувальна вертикальна норія; 12 - магнітна пластина.

Для видалення з початкової зернової купи сторонніх домішок на кожному елеваторі передбачена установка різних зерноочисних сепараторів, що відповідають спеціалізації конкретного підприємства. Завдання зерноочисно-сушильного комплексу КЗС полягає в доведенні зерна до необхідних кондицій по чистоті і вологості. На першому етапі необхідно виділити з купи великі і легкі домішки, які найбільш шкідливі для збереження зернової маси, оскільки мають підвищену зараженість шкідниками і високий вміст вологи. Схема технологічного процесу зерноочисно-сушильного комплексу КЗС на елеваторі представлена на рисунку 1.5.

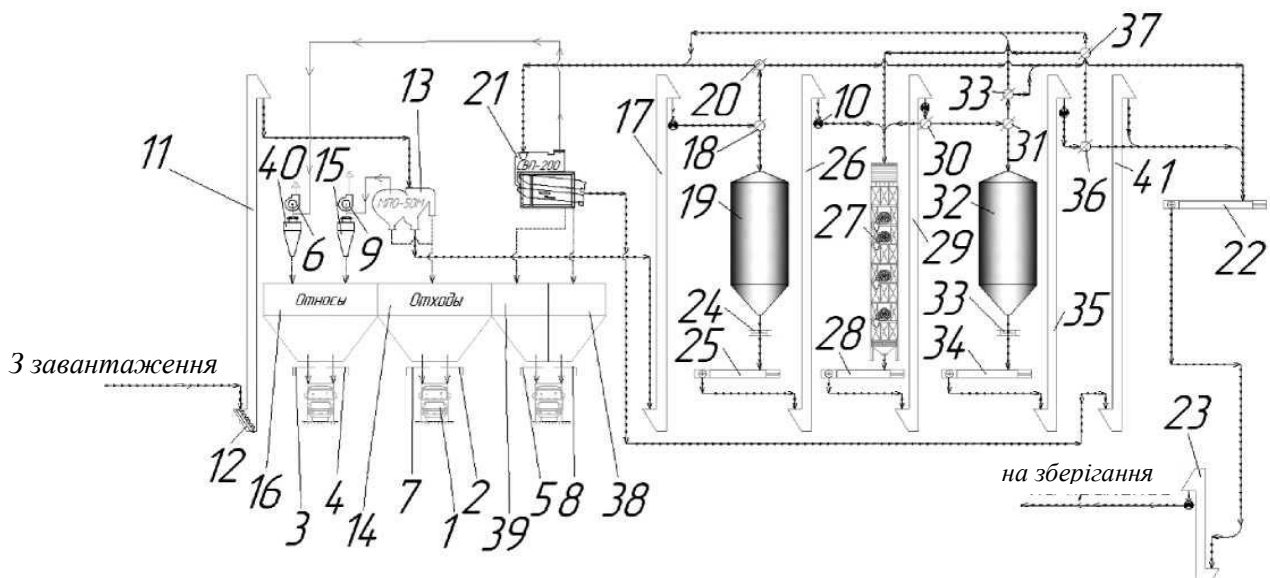


Рисунок 1.5 - Технологічна схема зерноочисно-сушильного комплексу КЗС на елеваторі: 1 - автотранспорт; 2, 3, 4, 5, 7, 8, 24 і 33 - засувка; 6 і 9 - вентилятор; 10 - вогнезапобігаючий пристрій; 11 - норія завантажувальна; 12 - магнітна пластина; 13 - машина попереднього очищення зерна МПО-50М; 14, 16, 38 і 39 - бункер; 15 і 40 - система аспірації відпрацьованого повітря; 17, 23, 26, 29, 35 і 41 - норія вертикальна серії НВ; 18, 20, 30, 31, 33, 36 і 37 - перекидний клапан; 19 - силос вологого зерна з конусним дном; 21 - сепаратор купи СВП- 200; 22, 25, 28 і 34 - скребковий конвеєр типу КСВ; 27 - зерносушарка типу СВМ; 32 - силос сухого зерна з конусним дном типу SMK.

Аналіз [15] технологічного процесу зерноочисно-сушильного комплексу КЗС показав, що йому властиві практично усі недоліки зерноочисних агрегатів серії ЗАВ. По суті, він є модернізацією, що дозволяє здійснювати післяжнивну обробку при підвищеній вологості зерна. Наявність зерносушарки дозволяє робити очищення культур, наприклад кукурудзи або соняшнику. Проте протяжність технологічної лінії від цього тільки збільшується, а дія робочих органів спеціалізованого устаткування посилюється. Отже, сучасні зерноочисно-сушильні комплекси типу КЗС

Зберігання зернового матеріалу, очищеного за допомогою застосування зерноочисних агрегатів серії ЗАВ або зерноочисно-сушильних комплексів типу КЗС, може здійснюватися в герметичних поліетиленових рукавах, спеціалізованих шатрах, різних зерноскладах, арочних ангарах, силосних металевих місткостях, полімерних силосах, залізобетонних резервуарах елеваторів і так далі [9]. Залежно від кліматичних умов, особливостей зерновиробництва, цільового призначення зерна, фінансового стану підприємства застосовується та або інша технологія.

на виробництво

з очистки

11

23

1

10

9

12

2

3

13

4

14

5

15

6

16

7

17

8

18

19

20

21

22

24

25

38

31

26

32

39

27

33

28

34

29

36

30

37

35

40

Рисунок 1.6 - Технологічна схема відділення завантаження силосів, зберігання зерна і розвантаження зерносховища силосного типу на елеваторі:

1 - перекидний клапан; 2, 3, 4, 5, 6 і 7 - плоскодонні силосу зберігання; 8, 9, 10, 11, 38, 39 і 40 - скребковий конвеєр; 12, 13, 14, 15, 16, 17, 31, 32, 33, 34, 36, 37 - засувка з електроприводом; 18, 19, 20, 21, 22, 24 - система аерації з термометрією; 23 - норія вертикальна; 25, 26, 27, 28, 29 і 30 - зачистний шнек; 35 - рейкові засувки

Аналіз [23] конструкції сучасних елеваторів показав, що силосні зерносховища можуть використовуватися як при зберіганні товарного зерна, так і насінного матеріалу. Істотним недоліком розглянутих технологічних ліній є те, що для очищення насіння використовуються ті ж машини, що і при післяжнивній обробці іншої зернової купи. Це призводить до зниження посівних якостей оброблюваного матеріалу, оскільки в зерноочисних агрегатах серії ЗАВ і зерноочисно-сушильних комплексах типу КЗС зернівка піддається багатократній дії робочих органів сепараторів, а також транспортного устаткування. Нерідко для доведення зерна до вимог посівного стандарту [23] потрібно декілька пропусків матеріалу через усю технологічну лінію. Це викликає надмірне травмування насіння і значно знижує їх якість. Для підготовки насінного матеріалу слід використати спеціалізовані міні-елеватори і вдосконалені технології зберігання.

Технологічна схема відділення післяжнивного очищення і сушки насіння представлена на рисунку 1.7. Аналіз [21] процесу роботи цієї лінії показав, що багатоярусне розташування сепараторів представляє безперечний інтерес, оскільки відпадає необхідність багатократного підйому продукту, що очищається. Це істотно понизить механічну дію робочих органів транспортного устаткування. Проте вживані зерноочисні машини не дозволяють за один прохід підготувати насіння належної якості. Тому слід модернізувати цю ділянку очищення шляхом вдосконалення схеми розміщення сепараторів.

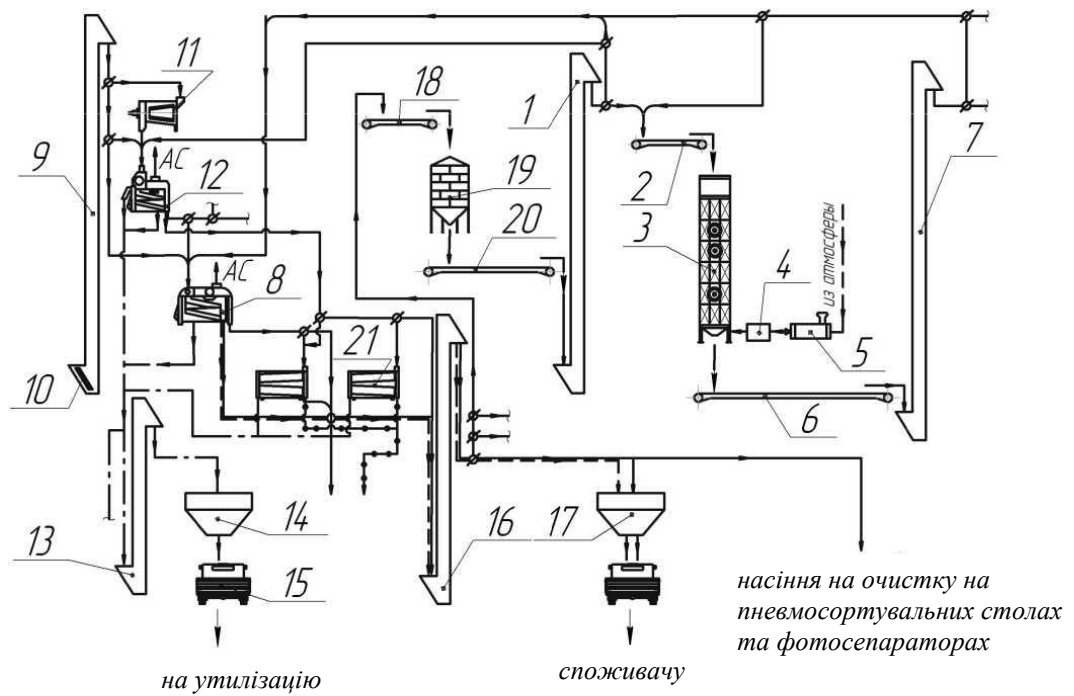


Рисунок 1.7 - Технологічна схема ділянки очищення насіння з багаторярусним розташуванням сепараторів на елеваторі: 1, 7, 9, 13 і 16 - норії вертикальні серії НВ; 2, 6, 18, 20 - конвеєр скребковий; 3 - насінна сушарка купи; 4 - вентилятор; 5 - теплогенератор; 8 - машина основного очищення насіння МОС- 0,5; 10 - шипований магнітний блок; 11 - машина витирання насіння МВС- 0,5 з коробочок; 12 - машина очищення купи МОВ- 1,0; 14 - бункер відходу; 17 - бункер відвантаження зерна; 19 - силос з конусним дном СМК; 21 - трієрні блоки

Зберігання готової продукції здійснюється в складах 5 (рисунок 1.8) насипом на вентиляваній полі. У цьому приміщенні встановлена машина 1 (рисунок 1.8) дражування насіння МДС- 0,25, яка працює в комплексі із спеціалізованою сушаркою 2 марки СДС- 0,25. Структурування посівного матеріалу дозволяє ефективно провести передпосівну обробку [21]. Крім того, в ангарі є відділення затарювання, яке включає проміжний бункер 3, ваги 4, пункт завантаження 6 мішкотари 5, конвеєри 7, аспіраційну систему 8. У складі змонтовані кран-балки, пневмотранспортери, піддони, стелажі і так далі.

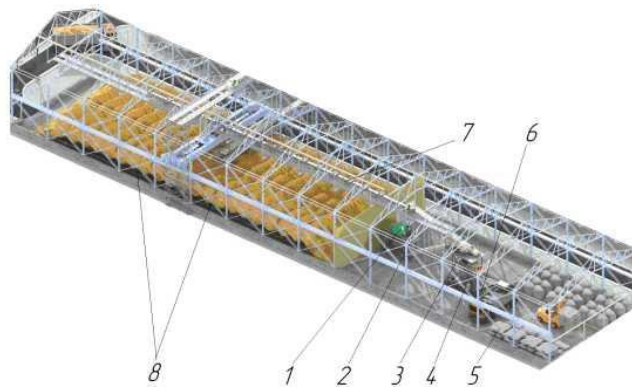


Рисунок 1.8 - Підлоговий склад готовою продукції насінневої лінії:
 1 - машина дражування зерна *МДС-0,25*; 2 - сушарка зерна *СДС-0,25*; 3 - бункер; 4 - ваги; 5 - мішкотара; 6 - пункт пакування; 7 - конвеєри; 8 - система аерації.

Аналіз представленої лінії післяжнивної обробки насіння показав, що вона має надмірну протяжність [15]. Це негативно позначиться на якості. Аналіз представленої лінії післяжнивної обробки і зберігання насіння показав, що вона має надмірну протяжність [11]. Це негативно позначиться на якості готової продукції із-за багатократної механічної дії транспортуючих робочих органів. Крім того, в технологічній лінії не передбачені заходи по санації посівного матеріалу і підвищенню ефективності вологовіддачі при його сушці, яка негативно позначається на схожості насіння. Безперечною перевагою цієї конструкції є багатоярусне розташування зерноочисних сепараторів, яке слід застосовувати при розробці сучасних насінних міні-елеваторів.

Відомі декілька зарубіжних, альтернативних технологій зберігання зерна і насіння [15]. Спочатку в кожній країні проблема збереження зробленої зернової продукції вирішувалася відособлено з урахуванням специфіки національного аграрного комплексу. Тому виділяють американську, аргентинську, канадську і інші технології зберігання зерна, які мають свої переваги і недоліки.

У кінці XX століття в Аргентині зародилася найбільш дешева технологія зберігання зерна в герметичних поліетиленових рукавах. Їх місткість досягає 250 тон. Основа технології полягає в створенні ізолюваного середовища за рахунок повної герметизації рукава. При цьому усередині зерносховища створюються несприятливі умови для розвитку комах і грибків. За рахунок дихання зерна усередині герметичного рукава знижується рівень кисню, одночасно підвищується вміст вуглекислого газу, який є консервантом. В результаті за 10...20 днів зберігання діяльність мікроорганізмів зводиться до мінімуму. При цьому зерно переходить в стадію анабіозу. З метою запобігання попаданню всередину зерносховища ультрафіолетових променів полімерні рукави мають тришарову структуру. Зовнішні шари 1 і 2 (рисунок 1.9) забарвлені у білий колір, щоб краще відбивати сонячні промені і теплові випромінювання. Для забезпечення належної функціональності і достатньої міцності в полімер плівки вносять спеціальні присадки. Внутрішній шар 3 рукави забарвлений в готової продукції із-за багатократної механічної дії транспортуючих робочих органів. Крім того, в технологічній лінії не передбачені заходи по санації посівного матеріалу і підвищенню ефективності вологовіддачі при його сушці, яка негативно позначається на схожості насіння. Безперечною гідністю цієї конструкції є багаторівне розташування зерноочисних сепараторів, яке слід застосовувати при розробці сучасних насінних міні-елеваторів.

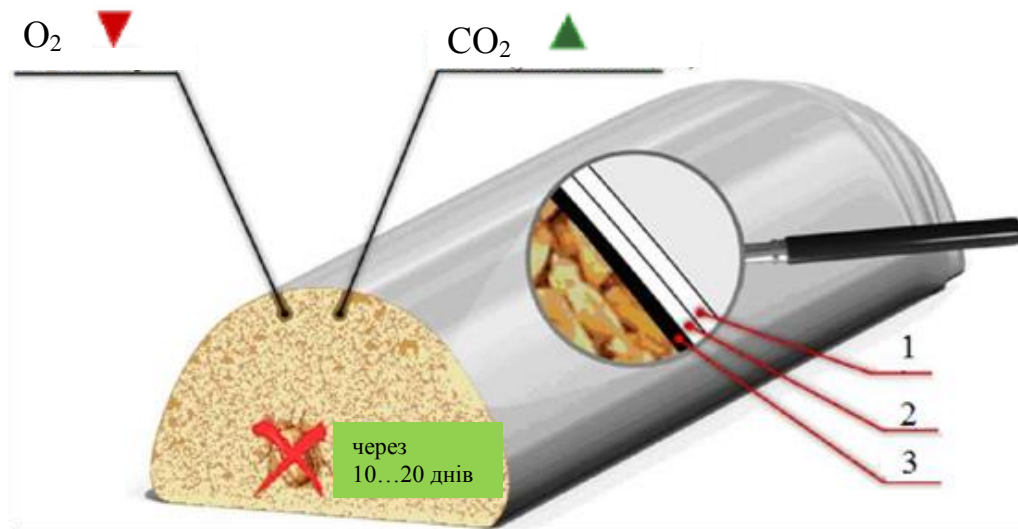


Рисунок 1.9 - Схема технологічного процесу зберігання зерна в герметичних поліетиленових рукавах: 1- перший білий шари; 2 - другий білий шари; 3 - третій чорний шари

Аналіз аргентинської технології зберігання зерна показав, що вона є найпростішою і найбільш дешевою, оскільки немає необхідності в спорудженні стаціонарного об'єкту. Порівняно з елеватором витрати понижені в 4,6 разу. Проте вона має ряд недоліків. Для завантаження і вивантаження зерна необхідно купувати спеціалізовані машини - відповідно беггер і екстрактор [19]. Тривале зберігання вологого зернового матеріалу неможливе. Підвищення температури навколишнього повітря з мінус 10 до плюс 3⁰. Зі знижує терміни безпечного утримання зерна в рукавах 1,3...2,3 разу. Навіть короткочасне зберігання зернового матеріалу вологістю більше 20% можливо тільки при морозах. Утримання зерна в анаеробних умовах, дію робочих органів беггерів і екстракторів знижують їх посівні якості. Крім того, рукав легко ушкоджується не лише сільськогосподарською технікою, але і тваринами, що істотно підвищує ризики псування продукту, що зберігається. Латки проривів за допомогою спеціального скотча ще менш надійні і не виключають попадання вологи всередину зерносховища. Автоматизація процесу моніторингу за станом зернової купи неможлива і робиться вручну, як і увесь інший відхід за ними. Рукави одноразові і

повторно по санітарних нормативах застосовувати не можуть. Подібне зерносховище слід забезпечити охороною не лише від тварин, але і від людей. Максимальна тривалість зберігання зерна при вологості 12% і температурі навколишнього повітря мінус 10°C складає 16 місяців. При потеплінні на кожні 10°C і збільшенні вмісту води в зерновій купі на 2% цей показник знижується приблизно на 30 днів. Отже, застосування аргентинської технології зберігання є недоцільним при заготівлі посівного матеріалу, оскільки не гарантує повному збереженню насіння і їх якості.

Альтернативним, відносно недорогим варіантом зберігання зерна в господарствах є канадська технологія застосування шатрових зерносховищ (рисунок 1.10). Для їх зведення не потрібно дозвільну документацію. Це дозволяє звести це зерносховище на будь-якому зручному для господарства місці.

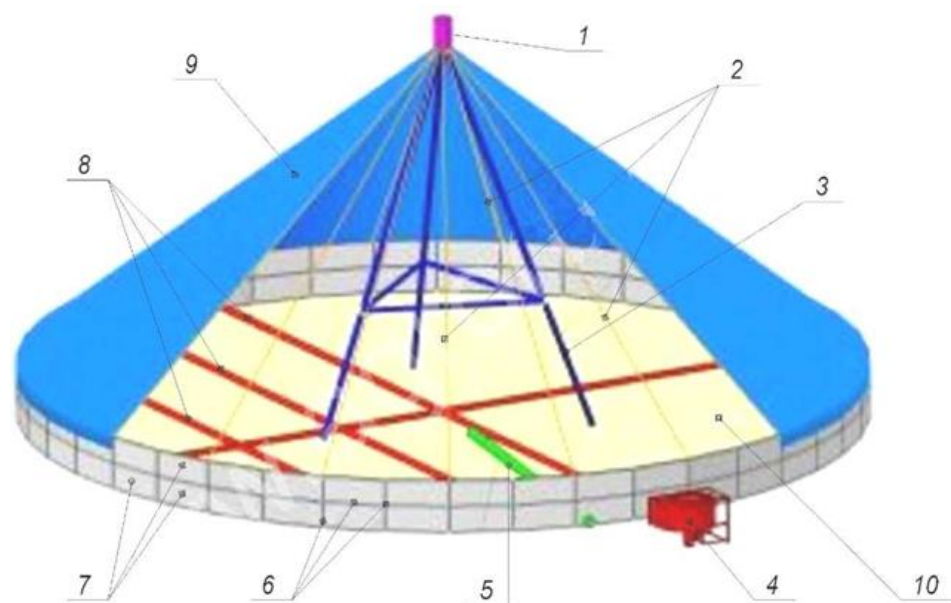


Рисунок 1.10 - Зерносховище для реалізації канадської технології:
1 - завантажувальний отвір; 2 - троси; 3 - стійка; 4 - вентилятор; 5 - вивантажний пристрій; 6 - ребра жорсткості; 7 - обшивка; 8 - вентиляційна система; 9 - тент; 10 - днище

Основа конструкції є металевим кільцевим обгороджуванням, що складається з ребер жорсткості 6 (рисунок 1.10) і оцинкованих металевих листових обшивок 7. На дні зерносховища монтується система повітряходів 8, які укріплені полімерним матеріалом і сполучені з декількома нагнітаючими вентиляторами 4. У центрі конструкції встановлюються стійки 3, сполучені тросами 2 з металевим обгороджуванням. Згори зерносховище накривається тентом 3. Завантаження зернового матеріалу здійснюється по центру через спеціальний отвір 1 за допомогою застосування стрічкових або шнекових транспортерів. Діаметр шатрових зерносховищ складає 6...33 м, що дозволяє зберігати до 3200 тон зерна [19].

Аналіз канадської технології зберігання зерна показав, що вона є досить доступною, оскільки немає необхідності в спорудженні стаціонарного об'єкту. Шатрове зерносховище можна звести за 1...2 дня. Термін його служби складає 5...7 років. Для кожної культури необхідно зводити окреме шатрове зерносховище необхідної місткості. Проте канадська технологія зберігання зерна має декілька недоліків. Збереження зернового матеріалу гарантовано забезпечується лише упродовж 10 місяців. Вологість зерна, що закладається на зберігання, не повинна перевищувати 15%. Для проведення активного вентилявання потрібно електрику, а значить побудувати це зерносховище у будь-якому місці не можна. Для запобігання розвитку шкідників необхідно регулярно застосовувати спеціалізовані димові шашки, що сприяє забрудненню продукту, що зберігається, отрутохімікатом. Моніторинг за станом зернової купи здійснюється вручну шляхом відбору проб через спеціальні клапани в полімерному тенті. Тому повністю виключити попадання вологи ззовні неможливо. Шатрове зерносховище необхідно забезпечити охороною не лише від тварин, але і від людей. Розвантаження зерносховища є праце-місткою операцією, а застосування шнекових транспортерів призводить до надмірного ушкодження зерна. Отже, застосування канадської технології зберігання зернової купи є недоцільним при заготівлі посівного матеріалу, оскільки не гарантує повному збереженню

насіння і їх посівних якостей.

Не потрібно дозвільну документацію на будівництво системи «Регас-Ізок», яка передбачає зберігання зерна в полімерних місткостях марки ЕСР-115 (рисунок 1.11) в регульованому газовому середовищі. При цьому зерносховищі має бути повністю герметичним. Місткості виготовляються з армованого гнучкого полімеру. Під днище зерносховища, обладнаного шнековим вивантажним пристроєм і дифузорами, поміщають геополотно, утворення бруду, що виключає, і ріст бур'янів. Низ полімерного силосу додатково захищають металевим кільцевим обгороджуванням. Для забезпечення працездатності системи потрібні самохідна машина завантаження і вивантаження зерна моделі МУПЗ, холодильна установка ХМ- 15, вентилятори високого тиску, комплект повітряходів. Кожна полімерна місткість ЕСР- 115 має об'єм в 160 м і масу близько 150 кг Термін експлуатації цього силосу складає 5 років. Суть системи «Регас-Ізок» схожа зі зберіганням зерна в полімерних герметичних рукавах, тільки на відміну від аргентинської технології вуглекислий газ виділяється не за рахунок фізіологічних процесів зернової маси, а примусово. Крім того, вологий матеріал на першому етапі не сушать, а охолоджують до температури 5 С. Цю зернову купу можна зберігати до 6 тижнів. Після цього за допомогою конденсаційного блоку ХТ- 2900 знижують вологість зерна до кондиційного стану прямо усередині полімерного силосу.



Рисунок 1.11 - Полімерна місткість ЕСР- 115, яка використовується при зберіганні зерна в регульованому газовому середовищі за системою «Регас-Ізок»

Завантаження полімерних місткостей моделі ЕСР- 115 робиться через верх за допомогою застосування мобільної установки перевалки зерна МУПЗ. При цьому зерно 7 (рисунок 1.12) вивантажують автотранспортом самоскидом 5 в приймальний бункер 4 машини, де встановлений шнек, який подає зерновий матеріал в норію 3. Далі дев'ятиметровий вертикальний транспортер 3 завантажує зернопровід 2 з віброприводом. Зерно 7 через центр полімерного силосу 1 заповнює зерносховище. Розвантаження місткості здійснюється за допомогою шнекового пристрою 6, яке подає матеріалу у бункер 4. При цьому зернопровід 2 встановлюють над кузовом самоскида 5.

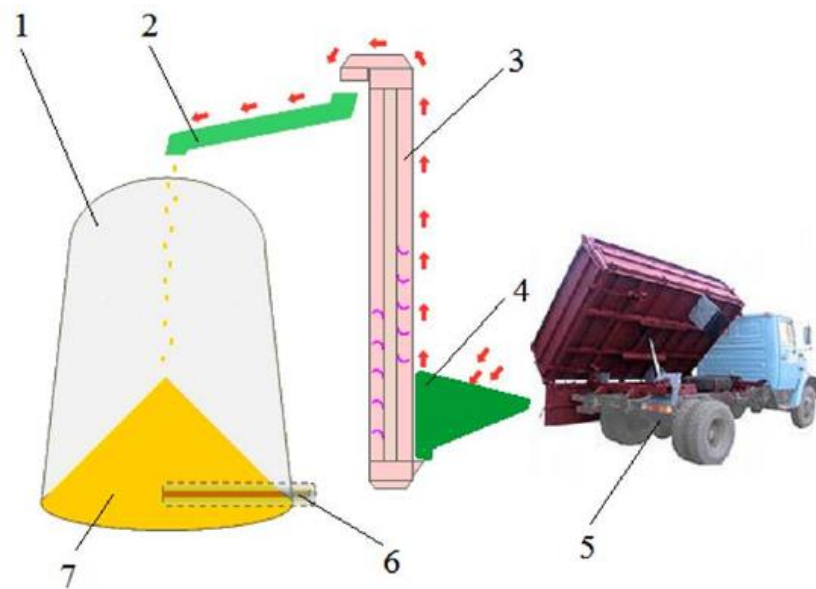


Рисунок 1.12 - Схема технологічного процесу завантаження полімерної місткості ЕСП- 115 мобільною установкою перевалки зерна МУПЗ за системою «Регас-Ізок»: 1 - полімерний силос *ЕСР- 115*; 2 - зернопровід; 3 - норія вертикальна; 4 - приймальний бункер з шнеком; 5 - транспортний засіб; 6 - шнек розвантаження; 7 - зерновий матеріал

Аналіз технологічної схеми роботи системи зберігання зерна «Регас - Ізок» показав, що ця технологія дозволяє здійснювати чи безперервний, попереджаючи псування продукту, що зберігається. Крім того, устаткування мобільне і не вимагає дозвільної документації на будівництво. Проте середня витрата енергії за цикл, що включає завантаження матеріалу, створення газового середовища, охолодження, розвантаження однієї місткості перевищує 125 кВт год. Залежно від зовнішніх умов через 4...6 тижнів необхідно провести повторну обробку. Це зажадає близько 60 кВт год енергії. Тому розмістити систему «Регас-Ізок» можна тільки поблизу лінії електропередач, що мають достатній запас потужності, і отримавши дозвіл від відповідного наглядового органу. Порушення цілісності полімерного зерносховища приведе до псування продукту, що зберігається. Витрати на впровадження цієї технології перевищують 3,5 млн. грн. Утримання зерна в

анаеробних умовах, дію робочих органів норії і шнеків знижують його посівні якості. Отже, застосування системи «Регас-Ізок» при зберіганні насіння є недоцільним, оскільки не гарантує збереження насінної цінності матеріалу.

Альтернативою дорогим складам і ангарам являються безкаркасні зерносховища (рисунок 1.13), або американська технологія зберігання зерна.

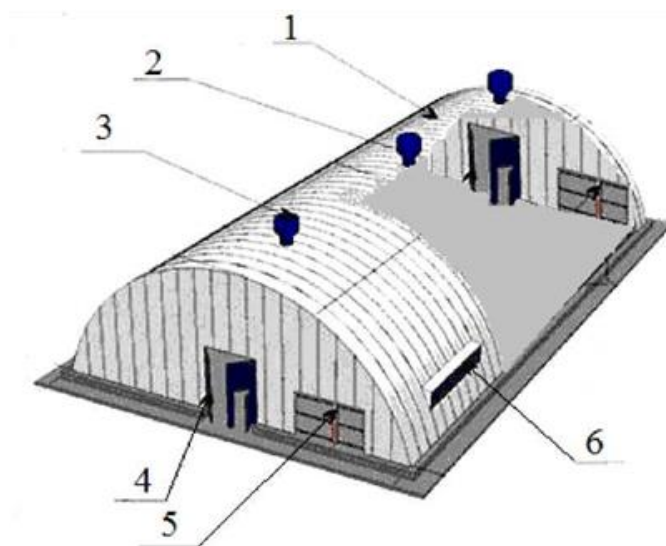


Рисунок 1.13 - Схема безкаркасного арочного зерносховища:
1 - оцинкований металевий профнастил; 2 - арки; 3 - система вентиляції; 4 - ворота з дверима; 5 - торцеві стійки; 6 - віконні отвори

Аналіз американської технології зберігання зерна у безкаркасних зерносховищах показав, що вона дозволяє забезпечити збереження продукту, що зберігається. Для цього ангари необхідно обладнати перфорованою полою і системою вентиляції. Виробництво зерносховища можна налагодити в найкоротші терміни безпосередньо на місці будівництва за умови безперебійного постачання металевих листів і наявності спеціалізованої дорогої машини. Проте американська технологія має декілька недоліків. Передусім, щонайменше відхилення якості листової сталі від нормативів або технології виробництва профілів приведе до зниження міцності конструкції і подальшого виходу з ладу усієї споруди. Можливе порушення фальцевого з'єднання із-за неякісної завальцовки або температурних перепадів повітря.

Слабкою ланкою американської технології зберігання зерна є відсутність автоматизованого завантаження і розвантаження продукту, що зберігається. Через це необхідно застосовувати мобільні транспортери, які, найчастіше, мають механічні робочі органи, що значно ушкоджують зерновий матеріал. Отже, застосування американської технології при зберіганні насіння є недоцільним, оскільки призводить до зниження їх якості.

У більшості зерносховищ, що обладнаних системою вентиляції і мають достатню герметичність, можна реалізувати технологію консервації зерна методом охолодження «Gramfrigor». Зерновий матеріал з низькою плюсовою температурою має знижену інтенсивність дихання, меншу активність мікрофлори, тривалий термін зберігання. Оскільки зерно має низьку теплопровідність, то немає необхідності в постійному проведенні операції охолодження. Технологічна схема консервації зернового матеріалу за допомогою застосування системи «Gramfrigor» в силосному зерносховищі представлена на рисунку 1.14.

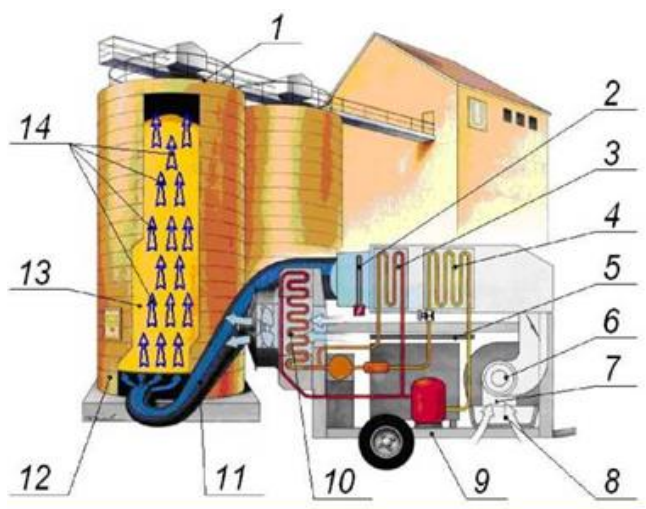


Рисунок 1.14 - Технологічна схема консервації зерна методом охолодження «Granifrigor» в силосному металевому зерносховищі: 1 - дихальний клапан; 2 - датчик температури повітря; 3 - облаштування «Нугромат»; 4 - випарник; 5 - конденсатор вологи; 6 - вентилятор високого тиску; 7 - фільтр; 8 - впускне вікно; 9 - охолоджувальна установка «Gramfrigor»; 10 - калорифер; 11 - повітропровід; 12 - металевий силос; 13 - зерно; 14 - повітряний охолоджений потік

Технологічний процес консервації зерна за допомогою застосування мобільної установки 9 (рисунок 1.14) фірм «Granifrigor» відбувається таким чином. Атмосферне повітря всмоктується вентилятором 6 високого тиску через впускне вікно 8 з елементом, що фільтрує 7. При цьому повітряний потік, очищений від механічних домішок, подається у випарник 4, в якому він охолоджується. Далі повітря поступає в пристрій 3, званому «Hugromat», де він зневоднюється за допомогою нагрівання. Волога, що виділилася, вирушає в конденсатор 5 і накопичується там. Оскільки в установці «Granifrigor» разом з охолодженням застосовується і нагрів, то кругообіг енергії не вимагає додаткових витрат. Калорифер 10 остаточно зневоднює повітряний потік, який подається у повітряхід 11, під'єднаний до системи вентиляції зерносховища 12. За температурою охолоджувального агента стежить датчик 2. Пронизуючи зернову купу 13, зневоднене охолоджене повітря 14 забирає з собою вологу і тепло. Відпрацьований повітряний потік поступає в атмосферу через дихальні клапани 1, які встановлені в даху силосного зерносховища 12.

Аналіз технології консервації зерна методом охолодження «Granifrigor» показав, що вона дозволяє продовжити термін безпечного зберігання зернового матеріалу. Для застосування цього способу необхідно, щоб зерносховище було досить герметичним, а також мало систему вентиляції. Проте в технології консервації зерна методом охолодження є декілька недоліків. Передусім, це не винищення шкідливих мікроорганізмів, а лише зниження їх активності. При високій зараженості зернової купи розвиток патогенів сприятиме підвищенню токсичності зерна. Розгерметизація зерносховища або недотримання режимів обробки приведе до активізації діяльності мікроорганізмів і, як наслідок, до псування урожаю, що зберігається. Із-за низької теплопровідності зерна для його охолодження потрібно значні енерговитрати, а підвищення температури довілля збільшить їх у декілька разів. Крім того, заходи по підвищенню насінної цінності зернового матеріалу в цій технології не реалізуються, що сприятиме

зниженню його якості при зберіганні. Причому для протравлення насіння необхідно робити ряд допоміжних операцій, що приведе до додаткового їх травмування. Отже, застосування технології консервації зернової купи методом охолодження «Granifrigor» при підготовці насінного матеріалу є недоцільним, оскільки знижує його якість. Узагальнюючи проведений в цьому розділі аналіз, можна дійти висновку, що на даний момент усі технології післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу мають ті або інші недоліки. Зерноочисні агрегати серії ЗАВ або комплекси *типу КЗС* морально застаріли і вимагають глибокої модернізації. Багаторівнева схема розміщення сепараторів в насінній лінії є перспективною, але вимагає вдосконалення в підборі сепараторів з метою мінімізації механічних дій робочих органів на зернівку. При цьому протяжність сучасних технологічних ліній післяжнивної обробки зернової купи є надмірною, її слід скорочувати. Також необхідно відмітити, що в зерноочисних лініях не передбачені заходи по зниженню зараженості зерна, за винятком низькоефективного механічного способу. Крім того, вживані на даний момент технології очищення зернової купи, як правило, не реалізують принцип фракціонування [19]. Серед технологій зберігання зерна і насіння можна виділити силосні зерносховища як найбільш перспективні споруди для подальшого вдосконалення технології. Силосу забезпечують автоматизований моніторинг за станом зернового матеріалу, гарантують його збереження, досить конкурентоздатні з фінансових міркувань при допустимих термінах будови. Модернізація силосних зерносховищ дозволить удосконалити технологію післяжнивної обробки і зберігання насіння, а також підвищити їх якість. Консервація зерна за допомогою застосування методу охолодження, використання герметичних рукавів або силосів, спеціалізованих шатрів, складів, ангарів, залізобетонних споруд мають масу недоліків, що не дозволяє їх використати з різних причин при підготовці насінного матеріалу. Таким чином, на цьому етапі розвитку сільського господарства вдосконалення технології післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу за рахунок розробки технічних засобів для її

реалізації є актуальним, життєво необхідним завданням агроінженерної науки. Для цього треба замінити існуюче устаткування перспективнішими конструктивними і технологічними рішеннями усунувши деякі недоліки.

1.2 Аналіз технологій для підвищення якості зернового матеріалу

Агропромисловий комплекс постійно удосконалюється. Технології, вживані 10...15 років тому, застарівають і масово виводяться з виробництва. Відставання українських аграріїв від сучасних світових методів ведення сільського господарства може привести до сповільнення розвитку галузі. Аналіз стану післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу, показав, що ці технологічні лінії, ґрунтуються на технологіях 70-80 років минулого століття. Серед сучасних способів дезінфекції, стерилізації, дезодорації, санації, знезараження, дезінсекції зернового матеріалу можна виділити процес озонування, який в українському сільськогосподарському виробництві практично не застосовується. Тоді як у ряді західних країн озонні технології твердо закріпилися у ряді галузей. Наприклад, міністерство охорони здоров'я і соціальних служб США «United States Department of Health and Human Services» сертифікувала озон як дезинфікуючий засіб, який дозволено застосовувати без обмежень [9].

Озон є аллотропну модифікацією кисню, що складається з трьох атомів і означає в хімії молекулярною формулою O_3 . За звичайних умов цей хімічний елемент є газоподібною речовиною з різким специфічним запахом, завдяки якому він і дістав свою назву. Грецьке слово «ὄζον» перекладається як пахнути, що і дозволило німецькому ученому Шейнбейну в 1785 році наректи цей хімічний елемент [7]. Основні переваги озону полягають в хорошій розчинності газу у воді, в його потужних окислювальних властивостях, у відновленні чистоти повітря, у відсутності токсинів в оброблюваному матеріалі, в дезинфікуючих, фунгіцидних, бактерицидних діях цієї речовини, які знищують більшість бактерій, вірусів, грибів.

Проте, попри те, що перше устаткування, що виробляє озон, було

розроблене в далекому 1857 року німецьким винахідником Ернстом Вернером фон Сименсом [5] і навіть запатентовано в 1896 році всесвітньо відомим вченим Ніколою Теслою [6], до початку XXI століття широкого практичного впровадження в сільське господарство ці установки не отримали. Основним стримуючим чинником була собівартість виробництва газу, яка останнім часом скоротилася у багато разів. Технічний прогрес сприяв створенню відносно недорогих, компактних озонаторів, що дозволило переглянути відношення до озонних технологій [5].

Безперечною перевагою озону перед іншими речовинами є можливість отримання газу безпосередньо з повітря. Тому немає необхідності в його зберіганні або затарюванні. Озон отримують на місці споживання за допомогою застосування спеціалізованого устаткування, що називається озонатором, різноманітність яких на даний момент досить широка. Впровадження процесу озонування в агропромисловий комплекс дозволить значно скоротити виробництво, транспортування і зберігання різних стимуляторів росту, антибіотиків, отрутохімікатів, які згубно впливають на здоров'я людей. Крім того, застосування озонової обробки понизить потрапляння хімічних препаратів в ґрунт і рослинну сировину, що позитивно вплине на екологію, забруднення довкілля, чистоту продуктів харчування [7].

Огляд літературних джерел безлічі авторів [5, 6, 7] показав, що діапазон вивчення процесу озонування в сільському господарстві досить широкий. Озонову технологію досліджували при сушці зерна, зберіганні сільськогосподарської продукції, поліпшенні якості борошна, дезінфекції агропромислових приміщень або устаткування, зниженні токсинів в оброблюваному продукті, підвищенні ефективності спалювання різних вуглеводнів в котельних або зерносушарках, передпосівній обробці насіння, дезінсекції посівного матеріалу, стимулюванні ростових процесів рослин, переробки гною, терапії тварин, створенні сприятливого середовища в тваринництві і так далі

Передпосівній обробці насіння за допомогою озонування присвячена

велика кількість наукових праць [4, 17, 18, 20]. При цьому досліджували вплив обробки посівного матеріалу озоном на енергію проростання, схожість, силу росту, врожайність рослин, знищення шкідників, пригнічення грибних інфекцій, розвиток хвороб, зміст клейковини в зерні і так далі

Озонова передпосівна обробка насіння пшениці ефективна при концентрації озону $0,5 \text{ г/м}^3$ в озоноповітряна суміші і часі експозиції 10...60 хв. Виявлено, що на другу добу енергія проростання проозонованого матеріалу варіювалася в діапазоні 43,5...45,2%. На третій день цей показник виріс до 63,3...71,7%. Ці значення перевищували аналогічні значення в контролі [29]. Озонова передпосівна обробка насіння вівса найкращу ефективність продемонструвала при невеликій концентрації озону $0,05 \text{ г/м}^3$ в озоноповітряної суміші на максимальній експозиції 60 хв. [29]. На третю добу енергія проростання проозонованого матеріалу склала 42%, що на 12% вище, ніж в контрольному варіанті. На четвертий день, цей показник виріс до 82%. Це на 66% перевищувало аналогічні значення в контрольному зразку [29].

Озонова передпосівна обробка насіння кукурудзи підвищує їх енергію проростання. Найбільша енергія проростання насіння кукурудзи спостерігається при передпосівній обробці озоновоповітряною сумішшю з концентрацією озону 24...36 міліграм/м³ впродовж 7 хвилин і після 20-денного відлежування проозонованого посівного матеріалу [29].

В деяких випадках, в основному при озонуванні високоякісного насіння, вченими не зареєстровано підвищення їх енергії проростання. Проте відзначається, що ростові процеси у оброблених озоном зерен простежувалися раніше на 40... 90%. Схожість пшениці прискорюється на добу при передпосівній обробці посівного матеріалу озоном [29].

При передпосівній обробці насіння з практично однаковою ефективністю можна використати високу концентрацію озону (у районі 1 г/м^3) в озоновоповітряній суміші при невеликих експозиціях (близько 1 хвилини) або, навпаки, застосовувати низьку концентрацію газу (приблизно

20...40 міліграм/м³) при великій тривалості озонування (приблизно 30...60 хвилин) [29].

Виявлена оптимальна доза озону 12,6...18,9 гс/м³, при якій відбувається стимулювання ростових процесів насіння озимої пшениці [16].

Відомі випадки, коли підвищення енергії проростання насіння не призводило до збільшення їх схожості [28]. Проте у більшості випадків передпосівна обробка насіння озоном сприяла збільшенню їх посівних якостей.

Традиційна передпосівна хімічна обробка згубно позначається на лабораторній схожості насіння ярової пшениці сортів «Людмила», «Нік», на відміну від їх озонування. Наприклад, фунгіцид «Колфуго» знижував цей показник до мінус 5%, препарат «Дивіденд» змінював його від мінус 17 до плюс 2%, а «Витарос» - від мінус 17 до плюс 6% залежно від сорту в порівнянні з контрольними ділянками. Отже, хімічна обробка частіше гнітюче діє на посівний матеріал. Так, фунгіцид «Дивіденд» знижував лабораторну схожість насіння в середньому на 7,5%, «Витарос» - на 5,5%, «Колфуго» - на 2,5%. Тоді як озонування посівного матеріалу підвищувало цей параметр в середньому на 3,5%.

Озонування зернової купи знижує його токсичність [9]. Годинна обробка зерна озоном знижувала зміст в нім токсинів на 9%. Подальша дезінфекція зменшувала цей показник щогодини на 3...7% [11].

Озонова передпосівна обробка насіння пригноблює ряд захворювань зернових культур [28]. Наприклад, при озонуванні зерен ярової пшениці «Людмила», «Нік» з концентрацією озону 0,5 г/м³ в озоноповітряній суміші хвороба запорошену головешку вдалося повністю нейтралізувати при 5...10 хвилинній експозиції. За тих же умов від бурої іржі і борошнистої роси позбавитися повною мірою не вийшло. Захворюваність залежно від сорту варіювала в діапазоні від мінус 22 до плюс 3%. Необхідно помітити, що фунгіциди «Колфуго», «Дивіденд», «Витарос» ще гірше впоралися з бурю іржею і борошнистою росою. В результаті захворюваність коливалася в

діапазоні від мінус 25 до плюс 8% [28].

Озонова обробка зернової купи сприятливо позначається на пригнобленні діяльності мікроорганізмів. Півгодинне озонування з концентрацією озону в озоноповітряній суміші 2 міліграми/м³ стерилізує більшість зернових культур від зараженості [27]. Озонова 9 годинна обробка зерна сприяє пригніченню 95% мезофільних, анаеробних і інших мікроорганізмів при змісті газу в повітрі 0,8 г/м³. Також відзначається, що озон руйнує плазму мікробів, що до нуля знижує вірогідність повернення шкідників до життя. На відміну від застосування отрутохімікатів, діючих в основному на оболонку мікроорганізмів, озонування гарантує порушення їх репродуктивної функції і відсутність потомства. Отже, озонова обробка ефективно знезаражує зернову купу.

Озонова обробка пригнічує більшість грибних інфекцій, що розвиваються в зерні [28].

Отже, озонова обробка не гарантує повного знищення грибків і бактерій, але істотно скорочує їх наявність в зерновій купі. При цьому озонування не поступається по ефективності альтернативним способам дезінфекції.

Озонова обробка знищує більшість шкідників зерна [28]. Довгоносик комори і рисового, сурінамський борошноїд, зерновий точильник, малий борошняний хрущак при дії озону паралізуються, а потім гинуть. Відмічено, що озонування дозволяє знищити більшість шкідників в стадіях розвитку, таких як личинка, яйце або лялечка. Найкращу ефективність показують високі концентрації озону, але відмічено, що і менший зміст газу (близько 20 міліграма/м) здатний продезінфікувати зерно, але за набагато більший час (14...46 діб) [28]. Краще знищуються шкідники населені не в зернівці, а в міжзерновому просторі. Навіть не тривале озонування (30 хв.) зернової купи з концентрацією озону в озоновоповітряній суміші 0,07 г/м знижувало кількість нащадків довгоносика комори і рисового на 19 і 46% відповідно [28]. Паралізовані жуки потомства не давали, а у особин, що залишилися,

відзначалася знижена здатність до репродукції. Підвищена вологість зерна негативно позначається на дії озону на шкідників. При кондиційному стані годинна озонна обробка з концентрацією газу 0,07 г/м сприяла повному знищенню рисового довгоносика. Підвищення вологості зерна до 18% понизило смертність цього шкідника до 78% [28]. З підвищенням температури вражаюча дія озону збільшується. Отже, шкідники найбільш стійкі до озонної обробки у вологій купі в осінньо-весняний період.

Озонна обробка підвищує ефективність процесу сушки зернової купи [12]. Це пояснюється тим, що озон сприяє слабшанню хімічних зв'язків молекул води із зернівкою. При цьому зменшується час сушки, скорочується витрата енергетичних ресурсів на 15...20% і зростає відсоток зняття вологості за один пропуск зернової купи через зерносушарку [12]. Використання озонізованої суміші з концентрацією озону 2,4 міліграми/м³ і 8,2 міліграм/м³ при сушці зерна ярового ячменю сорту «Скорохід» сприяло зменшенню часу операції на 1,0...1,5 години в порівнянні з використанням атмосферного повітря [5]. Відсоток зняття вологи в озонній технології був вищий за аналогічний показник в традиційному способі упродовж п'яти годин спостережень. Причому збільшення концентрації озону не робило істотного впливу на процес. Використання озонізованої суміші у бункерах активного вентилявання БВ- 40 в 1,2 рази прискорювало час доведення зерна до кондиційного стану по вологості. Отже, озонування підвищує ефективність вологовіддачі зерновою купою, але застосування озону в пожежонебезпечній операції сушки, велика нерівномірність розподілу озону усередині потоку зерна, відсутність рекомендацій по режимах роботи сушарних установок сильно ускладнюють практичне впровадження озонної технології в зерноочисно-сушильні комплекси.

Озонування сприяє збільшенню термінів безпечного зберігання зернового матеріалу в 1,2...2,0 рази [5]. Схема зерносховища, обладнаного системою озонної обробки американської фірми «Oxidation Technologies», представлена на рисунку 1.15. Система озонування функціонує таким чином.

Атмосферне повітря з довкілля через фільтр 8 всмоктується в компресор 7, звідки під тиском подається в осушувач 6. При цьому з повітряного потоку видаляються механічні домішки і волога. Далі зневоднене «стисле» повітря поступає в концентратор 5, який відділяє азот і інші гази. В результаті в повітряному потоці концентрація чистого кисню складає 93%, що забезпечує велику продуктивність генератора 4 озон. В процесі роботи озонаторної установки відбувається її нагрів, тому оптимальний температурний режим підтримується за допомогою водяного охолоджувача 3. Озон, що виробляється в озонаторі 5, під тиском подається в зерно сховище 1, обладнане системою вентиляції. Вентилятори 2, розташовані по периметру, створюють повітряний потік, який за рахунок турбулентності змішується з окисником, утворюючи озоноповітряну суміш. Газ рівномірно розподіляється в зерновій купі, дезінфікуючи його.

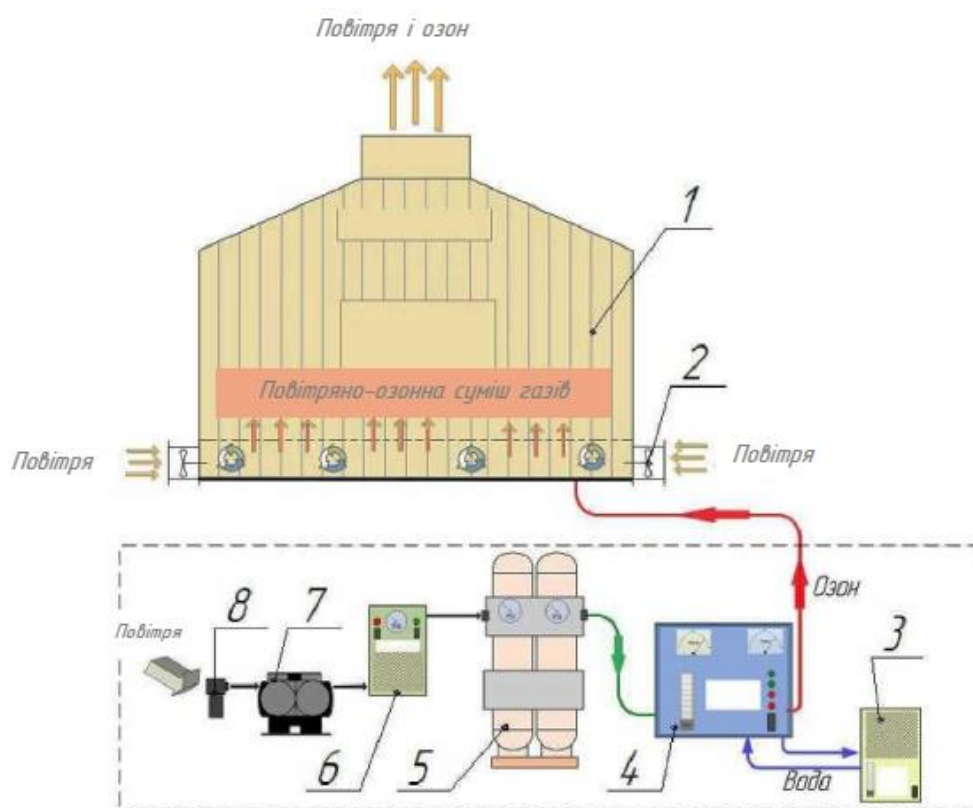


Рисунок 1.15 - Схема зерносховища, обладнаного системою озонної обробки американської фірми «Oxidation Technologies»: 1 - зерносховище; 2 - вентилятор; 3 - охолоджувач води; 4 - генератор озону; 5 - концентратор кисню; 6 - осушувач повітря; 7 - повітряний компресор; 8 - фільтр

Озоноповітряна суміш проходить крізь зерно і виводиться із зерносховища 1 в довкілля через дах. Оскільки молекула озону у край нестійка, то вона швидко розпадається до кисню, збагачуючи повітря [6].

Озонова обробка зерносховища дозволяє не лише збільшити термін безпечного зберігання зернового матеріалу, але і надійно запобігає зараженню купи шкідниками, усуває неприємні запахи, відлякує птахів, гризунів і так далі.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Обґрунтування об'єкту досліджень

Зберігання зернового матеріалу пов'язане з неминучими втратами і ушкодженням зерна. Аналіз сучасних зерноскладищ [15] показав, що на даний момент найраціональнішим варіантом є збірно-металеві силосу (рисунок 2.1), які бувають плоскодонними (рисунок 2.1а), конічними (рисунок 2.1б) і експедиторськими (рисунок 2.1в).

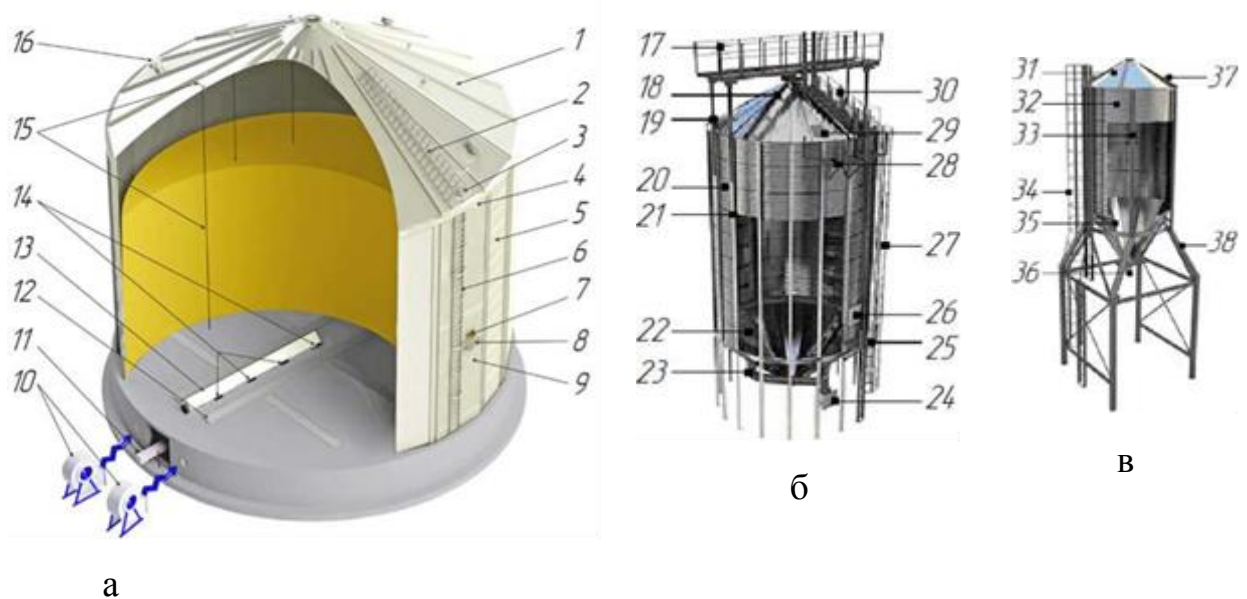


Рисунок 2.1 - Варіанти зерноскладищ силосного типу:

а - плоскодонний силос; б - силос з конічним дном; у - експедиторський силос; 1, 18 і 31 - конічний дах; 2, 6, 27, 30 і 34 - сходи; 3 і 29 - покрівельний оглядовий люк; 4 і 9 - датчики верхнього і нижнього рівня зернового насипу; 5, 20 і 32 - металеві перфоровані листи корпусу зерноскладища; 7 і 26 - інспекційні двері; 8, 25 і 28 - сервісний майданчик; 10 і 24 - вентилятор; 11 - вивантажне устаткування; 12 і 23 - система повітряходи; 13 - вивантажний шнек; 14 - вивантажні отвори; 15 - термopідвіска; 16, 19 і 37 - дихальний клапан; 17 - надсилосна галерея; 21 і 33 - ребра жорсткості; 22 і 35 - конусне дно; 36 - засувка; 38 - опорна конструкція

Зберігання насіння в металевих силосних зерносховищах має свої особливості. В сонячні дні температура покрівлі і стінок силосу підвищується на 10...25°C. Це впливає на нагрів периферійних зернових шарів. Добові коливання температури зерна простежуються на відстані до 25 см від стінок силосу, а річні - до 1 м. При цьому периферійний зерновий матеріал в літній період нагрівається до 40... 50°C. Річні коливання температури зерна досягають 30... 40°C в шарі 50 см від стінок силосу, що орієнтовно складає близько 10% від усього об'єму продукту, що зберігається. Цей зерновий матеріал знижує свою якість із-за активізації патогенів. Місячний період зберігання при вологості зерна від 15,1 до 16,1% і добових перепадах температури в 20...30°C привів до зниження енергії проростання насіння на 11...17%, а лабораторній схожості - на 8...12%. Також відзначався розвиток плісняви і підвищення кислотності жиру. Зберігання насіння в силосних зерносховищах вологістю до 14% не чинило шкідливої дії на їх якість впродовж 6...12 місяців. Вентильовання зернового матеріалу дозволяло ефективно регулювати температуру зерна в периферійних шарах і запобігало утворенню конденсату на стінках силосу [22].

2.2 Конструкторсько-технологічна схема технічних засобів

Метою післяжнивної обробки і зберігання зернової купи є виділення найбільш повноцінних зерен, а також збереження їх якості. Для того, щоб отримати високоякісний матеріал слід якомога раніше виділити біологічно неповноцінне зерно, засмічувачі, травмовані зернівки, а потім понизити їх вологість до кондиційного стану, запобігти розвитку патогенів, забезпечити оптимальні умови консервації продукції. Застосування процесу озонування дозволить підвищити ефективність вологовіддачі, знезаразити купу, збільшити терміни безпечного зберігання, зберігши якісні показники. Вдосконалення технології післяжнивної обробки зернового матеріалу спричинить необхідність в розробці технічних засобів для її реалізації.

Модернізація технологічних ліній зерноочисних комплексів ведеться

упродовж декількох десятиліть [22]. Проте основи цієї технології закладені більше за півстоліття назад і практично не змінилися за цей період. Потрібне впровадження в технологічні лінії сучасних, екологічно чистих методів, сприяючих підвищенню ефективності післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу. Останнім часом найбільш перспективною технологією в сільському господарстві вважається озонування аграрної продукції [27, 28, 29]. Тому вдосконалення необхідно вести саме в цьому напрямі.

Досвід промислових підприємств, що намагалися впровадити процес озонування у виробництво, показав, що в закритих приміщеннях, без належної вентиляції і аерації, знаходження робітників у безпосередній близькості від озонувальної установки призводить до погіршення їх самопочуття [13]. Тому, комплекси по озонувальній обробці зернового матеріалу повинні мати замкнутий контур, оснащуватися датчиками-сигналізаторами граничного рівня ГДК, працювати в автономному режимі, мати деструкцію залишкового озону і бути досить віддаленими від знаходження людей, що дозволить забезпечити санітарну зону. У заданих умовах реалізувати ці вимоги найпростіше в збірнометалевих силосних зерносховищах [9]. Силоси складаються з профільних листів, які з'єднуються між собою болтовими з'єднаннями з гумовими прокладками. При цьому стики додатково обробляються герметиком. Для озонування насіння слід використати конічні силоси, встановлювані на опорах, оскільки озон важче за повітря і після припинення обробки газ рухатиметься вниз, що може привести до його накопичення в підсилосних галереях плоскодонних варіантів. Крім того, висота насипу насінного матеріалу в силосному зерносховищі не повинна перевищувати 5 м [13].

Отже, розмір силосу для зберігання насіння обмежуватиметься саме цим параметром. Аналіз сучасних конічних силосних зерносховищ свідчить про те, що за заданих умов максимальна місткість не може перевищувати 47 тон [13]. Для того, щоб заповнити увесь об'єм силосу озоном, його необхідно подавати знизу. Тим самим важчий газ витіснить усе повітря через дихальні

клапани в даху, запобігаючи утворенню «пробок». У можливих місцях витоків озону, передусім у механізмі вивантаження, слід встановити каталізатори, які його розкладатимуть [29]. У нижній частині силос має бути максимально герметичним.

Для озонової обробки зернового матеріалу потрібна озонова установка 6 (рисунок 2.2), яка повинна забезпечувати задану продуктивність і безпеку процесу. Подання озоноповітряної суміші здійснюється по повітряходам 5. Для зниження собівартості обробки і одночасного прийому декількох культур необхідно використати один озонатор на декілька силосів. Для цього їх слід об'єднувати в єдину систему за допомогою повітряходів 5. Для створення повітряного потоку необхідно використати безмаслевий компресор 9 з невеликим натиском, але високою витратою. Повітря слід очищати, зневоднювати і відводити конденсат за допомогою рефрижераторного осушувача 7. Для запобігання перевищенню тиску повітряного потоку, що допускається, необхідно встановлювати спеціалізоване реле 8.

З метою зниження викиду озону в атмосферу залишковий газ слід повертати в технологічний процес за допомогою дахових витяжних вентиляторів 11 і зворотного клапана 10, заздалегідь необхідно очистити його фільтром 1. У даху конічного силосу 4 мають бути встановлені дихальні клапани 2, усередині яких необхідно змонтувати каталізатори. Режимом роботи озонатора 6 управляють датчики озону 3, змонтовані у верхній частині зерносховища. Схема технологічного процесу комплексу по озоновій обробці зернового матеріалу представлена на рисунку 2.17.

В процесі обробки зернового матеріалу озоноповітряною сумішшю компресор 9 (рисунок 2.17) створює натиск повітря, реле 8 обмежує його тиск. Далі повітряний потік очищається, зневоднюється за допомогою осушувача 7 і поступає в озонатор 6, виробляючий озон. Озоноповітряна суміш по повітряходу 5 подається в нижню частину силосного зерносховища з конусним дном 4. Озон пронизує зерновий матеріал, частково

абсорбуючись в нім, витісняє вгору легше повітря. При цьому частина озонОВОПОВІТРЯНОЇ суміші, що піднялася до даху, повертається назад в технологічний процес, засмоктується через фільтр 1 витяжним вентилятором 11. Для забезпечення рециркуляції газу, що відпрацював, передбачений зворотний клапан 10. Залишковий озон, що досяг дихальних клапанів 2, розпадається до кисню за рахунок встановлених в них каталізаторів, що запобігає перевищенню рівня ГДК небезпечної речовини в атмосфері, що знаходиться усередині силосного зерноскла озонОВОПОВІТРЯНА суміш здійснює обробку зернового матеріалу, що зберігається.

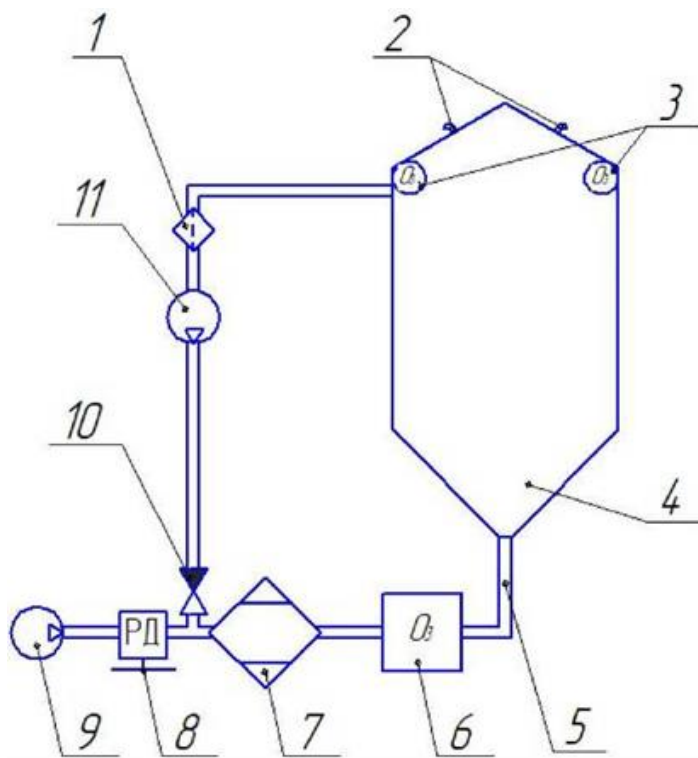


Рисунок 2.2 - Схема технологічного процесу комплексу по озонуванню зерна: 1 - фільтр; 2 - дихальні клапани; 3 - датчики концентрації озону; 4 - силос конічний; 5 - повітряхід; 6 - озонатор; 7 - осушувач повітря; 8 - реле тиску; 9 - безмаслений компресор; 10 - зворотний клапан; 11 – дахний витяжний вентилятор

Обладнання силосного зерносховища конусного типу, яке обладнане системою озонування

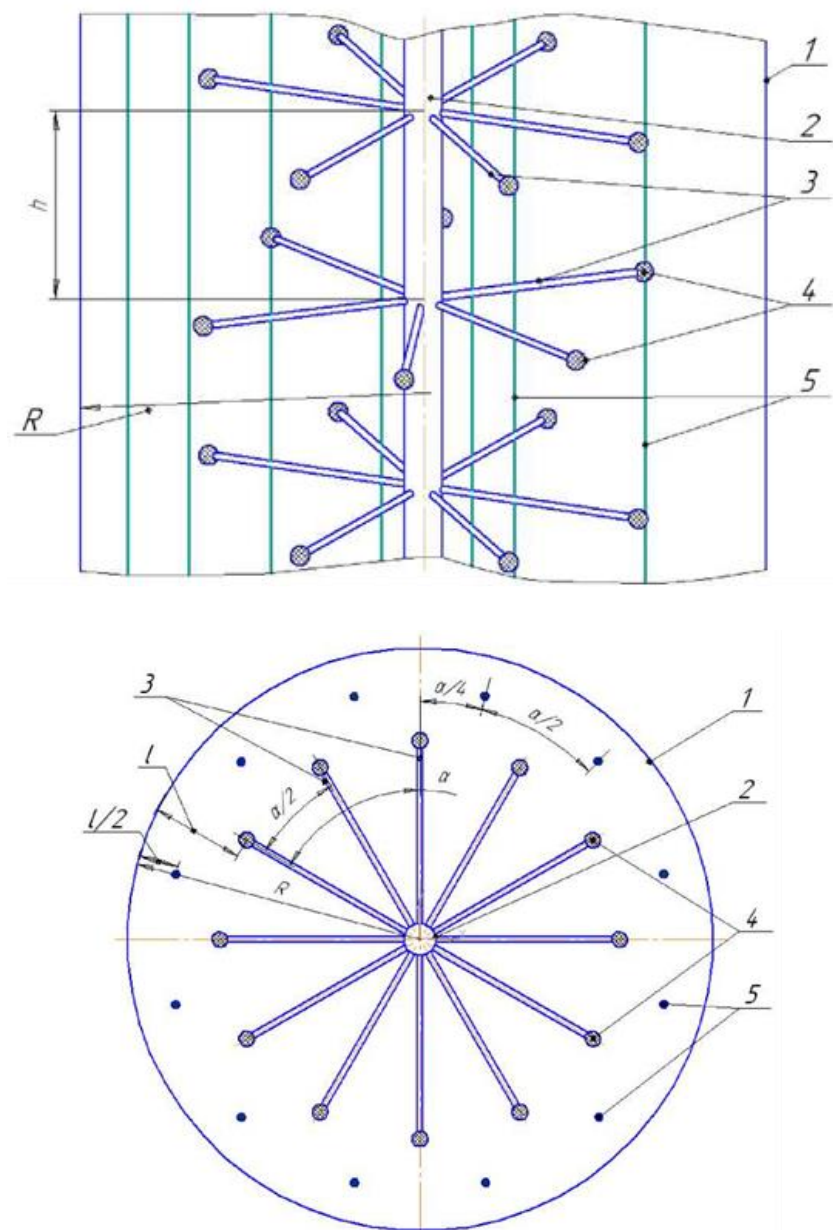


Рисунок 2.3 - Схема силосного зерносховища, оснащеного системою озонування: 1 - силос з конусним дном; 2 - центральний повітряхід; 3 - повітряходи, що відводять; 4 - електромагнітні клапани з форсунками; 5 - датчики температури і вологості зерна; a - кут зміщення повітряходів, що відводять; h - крок між ярусами повітряходів, що відводять; R - радіус силосу; l - відстань між форсунками і стінками силосу

Конічний силос є конструкцією, що серійно випускається, в якій модернізована система аерації. Уздовж вертикальної осі силосного зерносховища 1 (рисунк 2.3) змонтований центральний повітряхід 2, що має відведення 3, на кінцях яких встановлені нормально-закриті електромагнітні клапани з форсунками 4. Для контролю стану зернової купи передбачені датчики 5 температур і вологості зерна. Відведення 3 встановлені на центральному повітряході 2 ярусами з певним зміщенням і кроком. Значення цих параметрів повинне забезпечувати рівномірну обробку усього зернового матеріалу. Відомо, що основні коливання параметрів зерна спостерігаються у стінок силосу [27], тому форсунки 4, розташовані ближче до периферії зерносховища. Датчики 5 температур і вологості зернової купи зміщені на рівновіддаленій відстані повітряходів, що відносно відводять, 3 двох сусідніх ярусів. Вони знаходяться посередині між форсунками 4 і стінками силосу 1.

У кожному ярусі встановлене декілька відвідних повітряходів 3, що знаходяться на рівному видаленні один від одного і встановлених зі зміщенням по куту α , орієнтовне значення якого можна визначити по формулі:

$$\alpha = 2 \arcsin \frac{s}{R}, \quad (2.1)$$

де α - орієнтовне значення кутового зміщення між повітряходів, що відводять, кориговане для отримання цілої кількості відведень, рад;

s - емпіричний коефіцієнт, залежний від шпаруватості зернового матеріалу, $s = 1,8 \dots 2,2$.

Менше значення відповідає дрібним зернокультурам, а більше - крупнозерновим, наприклад кукурудзі. При обробці пшениці слід вибирати середнє значення $s=2$; R - радіус силосного зерносховища, м.

Аналіз залежності 2.1 показує, що цей розрахунок застосовний для силосних зерносховищ, що мають радіус більше двох метрів, тобто $R > 2$ м.

При менших значеннях в кожному ярусі досить встановити два повітряходи, що відводять, зміщуючи їх в наступних рядах на 90° .

Верхній ряд повітряходів, що відводять, 3 (рисунок 2.3) зміщений в порівнянні з нижнім ярусом на величину $a/2$, що забезпечує кращу рівномірність озонування. Датчики 5 визначень параметрів зерна зрушені відносно відведень 3 на кут $a/4$ і віддалені від стінок силосу l на відстань $l/2$. При цьому електромагнітні нормально-закриті клапани, оснащені форсунками 4, знаходяться ближче до периферії зерносховища. Цю відстань l можна визначити по формулі:

$$l = R \cdot (1 - \cos \frac{\alpha'}{2}) < l', \quad (2.2)$$

де l - відстань від стінок силосу до клапанів з форсунками, м;

α' - скоректований кут між повітряходами, що відводять, рад;

l' - скоректована відстань від стінок силосу до форсунок $l'=R/2$, м.

Аналіз залежності 2.2 показує, що робити цей розрахунок слід тільки за умови, що розрахункове значення менше половини радіусу силосного зерносховища. У разі набуття великих значень форсунки необхідно розміщувати посередині. При цьому скоректована відстань від стінок силосу до клапанів складе $l'=R/2$.

Крок розставляння ярусів повітряходів, що відводять, 3 (рисунок 2.3) визначається параметрами силосу 1, але не може бути більше 2 м [154]. Висота насипу насіння в силосному зерносховищі не може перевищувати 5 м, та кількість рядів відведень 3 складе 2...4 шт. Слід враховувати, що найбільш несприятливі умови зберігання в силосі формуються у верхній частині насипу [16], тому останній ряд повітряходів, що відводять, 3 має бути не нижчий 1 м від початку даху.

Технологічний процес озонування усередині силосного зерносховища протікає таким чином. Датчики 5 (рисунок 2.3) реєструють фактичну вологість і температуру зерна. У разі перевищення встановлених значень, що свідчать про початок процесу самозігрівання або дії несприятливих

зовнішніх чинників, сигнал, що управляє, дає команду на включення комплексу озонування в дію. При цьому генерується озоноповітряної суміш, що подається в центральний повітряхід 2, звідки далі по відведеннях 3 поступає до нормально-закритих електромагнітних клапанів з форсунками 4. Датчик 5, від якого поступив сигнал перевищення допустимого значення вологості або температури зерна, дає команду на подання газу саме в цю ділянку зернового насипу. При цьому відкриваються електромагнітні клапани, які розташовані лівіше, правіше, нижче і вище від сенсора, що спрацював. Тим самим локалізується вогнище самозаймання або перезволоження зернової купи. Відпрацьовану озоноповітряну суміш, що досягла верху силосного зерносховища, очищають, зневоднюють і повертають назад в технологічний цикл. Озоноване повітря подається до тих пір, поки показники датчиків 5 не зафіксують заданих значень температури і вологості зернового матеріалу. У разі потреби можлива примусова обробка озоноповітряною сумішшю усього зерносховища або його частини за допомогою подання відповідного сигналу від оператора комплексу.

Зробимо розрахунок запропонованої системи аерації до конічного силосу типу СМК, що серійно випускається, корпусу, що має діаметр, 4580 мм і висота з опорами 7780 мм. Циліндрична частина цього зерносховища складає близько 3,5 м. Використовуючи залежність 2.1, визначимо орієнтовне значення кута α між повітряходами, що відводять, 3 (рисунок 2.3) усередині насипу зерна пшениці $\alpha = 2 \arcsin(2/2,290) = 2,12 \text{ рад} \approx 114^\circ$. Знайдемо кількість відведень по формулі $2\pi/\alpha = 23,14/114 = 2,96$ шт. Округлюємо отримане значення до більшого цілого числа, тобто до 3. Тепер визначимо скоректований кут α' між повітряходами, що відводять, по формулі $\alpha' = 2\pi/3 = 2 \cdot 180/3 = 120 \approx 2,235$ рад. Тоді зміщення відведень складе $\alpha/2 = 120/2 = 60^\circ$. По залежності 2.2 знайдемо відстань від стінок силосу до форсунок $l = 2,290 \cdot (1 - \cos 2,235/2) = 1,288$ м. Оскільки розрахункове значення більше, ніж $R/2$, то приймаємо $l' = 2,292/2 = 1,146$ м. Зміщення датчиків температури і вологості зерна складе $\alpha/4 = 120/4 = 30^\circ$. Їх слід

розміщувати посередині між стінками силосу і форсунками, тобто $l'/2=1,146/2 = 0,573$ м. Верхній ряд повітряходів, що відводять, розміщуємо на відстані 1 м від початку даху. Нижній рівень відведень встановимо у безпосередній близькості від місця приєднання конусного днища. Враховуючи, що циліндрична частина цього силосу складає 3,5 м, то усередині поміститься ще один ярус повітряходів, що відводять, який буде розміщений посередині, тобто на видаленні 1,25 м.

Таким чином, не дозволять узяти більший силос, оскільки висота насипу насіння перевищуватиме 5 м, що неприпустимо. Отже, усередині насінного силосного зерносховища мають бути не більше 3 ярусів повітряходів, що відводять, в кожному з яких встановлено не більше 3 електромагнітних клапанів з форсунками. При радіусі силосу до 2 м необхідно встановлювати два відведення в одному рівні, зміщуючи їх на 90° в наступних рядах. Віддаленість форсунок від стінок силосу складе половину радіусу, а датчиків - чверті. Сенсори треба змістити на 45° , відносно відведень.

3 МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На підставі проведеного аналізу літературних джерел можна зазначити, що основними режимними параметрами при озонуванні є концентрація озону в озоноповітряній суміші і час обробки. Обидва параметри взаємозв'язані між собою. Вплив вологості зернової купи на процес озонування також є актуальним питанням, таким чином сформульовані наступні завдання лабораторних досліджень:

- визначити ефективність попереднього озонування вологої зернової купи у буферній місткості на інтенсивність подальшого процесу сушки зерна і насіння;
- обґрунтувати час озонування і концентрацію озону при обробці зернової купи.

3.1 Методика проведення експерименту по обробці зернового матеріалу озоноповітряною сумішшю

При проведенні досліджень зерновий матеріал поміщали в скляну ємність об'ємом 5л, яка закривається металевою кришкою з вхідними і вихідними штуцерами до яких під'єднувались шланги за допомогою яких підводилась і відводилась озоноповітряна суміш (рисунок 3.1). До ємності поміщали зерновий матеріал партіями з різною вологістю. Вологість відібраних зразків визначалась за допомогою портативного мікропроцесорного вологоміра «Wile-65» (рисунок 3.2.).

Вологомір дозволяє вимірювати вологість зерна і насіння зернових культур в діапазоні 8...35%, зернобобових, - 8...40%, олійних - 5...25%. Похибка приладу при визначенні вологості складає від 0,5 до 1,5%, але не більше 5% від вимірюваної величини. Прилад дозволяє автоматично вираховувати середнє значення декількох дослідів, що значно скорочує похибку.

Для генерування озоноповітряної суміші використовується мобільний

пристрій, який працює від мережі 12 вольт (рисунок 3.3).



Рисунок 3.1 – Ємність для проведення дослідів.



Рисунок 3.2 - Портативний вологомір зерна та насіння сільськогосподарських культур

Обробку зернового матеріалу озонופовітряною сумішшю проводили на лабораторній установці. При цьому витрата повітря, яка визначалась по



Рисунок 3.3 - Озонатор, який працює від електричної мережі 12V.

ротаметру, підтримували в діапазоні $0,6...1,0 \text{ м}^3/\text{год}$ за допомогою зміни прохідного перерізу газоходів кульовими кранами. Концентрацію озону в озоноповітряній суміші варіювали за рахунок зміни режимів роботи озонованої установки і збільшення подання повітряного потоку в ежектор. Залишковий газ виводили за межі робочої зони людини.

Систему озонування максимально герметизували, а за перевищенням рівня гранично-допустимої концентрації озону в повітрі стежили за допомогою газоаналізатора «Сигма-03» з відповідними датчиками. У разі сигналізації приладу експериментальну установку відключали і усували причину витоку газу. Озонування проводили впродовж встановленого проміжку часу. Завантаження місткості зерновим матеріалом робили на 50...70%, рівними партіями.

3.2 Методика проведення експерименту за визначенням впливу попереднього озонування вологої зернової купи на ефективність його сушки

Дослідження за визначенням впливу попереднього озонування вологої зернової купи у буферній місткості на ефективність подальшої сушки зерна

або насіння проводили з використанням електричного сухоповітряного термостату ТС- 1/20 СПУ.

Для проведення експерименту потрібно 50...60 кг матеріалу. Увесь об'єм слід в рівних частках розділити на дві частини. Обробку експериментальної партії озоном проводять за методикою, описаною в попередньому пункті.

Безпосередньо після закінченням озонової обробки експериментальної партії зернового матеріалу роблять завантаження контрольного зразка до сухоповітряного термостату. Запускають процес сушки, включаючи нагрівальний елемент і витяжний вентилятор. У завантажувальній ємності створюють резерв відповідної купи для компенсації зернового матеріалу, що розвантажується для відбору проб при подальших дослідженнях. Виміри усіх показників роблять кожні 30 хвилин.

В процесі сушки посівного матеріалу мають бути забезпечені режими, що гарантують збереження якості насіння. Найбільш важливим показником є температура сушарного агенту. Насіння кукурудзи неприпустимо нагрівати більше 35 °С. При цьому максимальна температура сушарного агента не повинна перевищувати 60 °С. У разі перевищення вологості початкового посівного матеріалу значення в 19% сушку необхідно проводити за декілька циклів. Причому при першому пропуску максимальна температура сушарного агента має бути понижена на 10 °С, а температура нагріву насінного матеріалу - на 5%. За один технологічний цикл сушки знижувати вологість зерна більш ніж на 4...6% забороняється.

Після проведення дослідів термостат повністю розвантажують. Отримані партії зернового матеріалу далі не змішують. У разі перевищення кондиційної вологості зерна або насіння проводять ще один експеримент, включаючи процес озонування.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При обробці зернового матеріалу озонوپовітряною сумішшю залишається маловивченим питання поведінки озону усередині купи. При цьому маса вологої зернової купи, яку поміщали в ємність для вентилявання озонوپовітряною сумішшю, складала 1,4...2,6 кг. Повітряний потік, збагачений озоном, подавали знизу, щоб газ повністю пронизував зерновий матеріал. Витрата агента вентилявання складала 0,7 м³/год. Після обробки озонатор вимикали і контролювали зміну концентрації озону газоаналізатором «Сигма-03» через рівні проміжки часу.

Озонування порожньої місткості і заповненою зерном при однакових режимах роботи устаткування відбувається з різними параметрами. Це свідчить про те, що зернова купа впливає на процес озонної обробки. Дослідження проводили на зерні кукурудзи, оскільки воно має щільну оболонку, що перешкоджає проникненню озону всередину зернівки.

На першому етапі дослідження проводили на зерні кукурудзи з середньою вологістю 35%. При цьому температура навколишнього повітря складала 23°C. Обробку зернового матеріалу проводили періодами тривалістю 10 хв. Потім озонатор відключали і засікали час зниження концентрації озону в озонوپовітряній суміші до значення близького до ГДК. Причому компресор продовжував працювати, створюючи усередині місткості потік повітря. При зниженні концентрації озону до рівня ГДК подачу газу поновлювали. Обробку продовжували впродовж наступних 10 хв і потім процес повторювали. Устаткування, яке використовуються в дослідженнях дозволяло вимірювати концентрацію озону в озонوپовітряній суміші в діапазоні 0...5 міліграм/м³, тому для визначення великих значень застосовували метод апроксимації, згідно з отриманим за допомогою програми «Excel» рівнянню регресії. В ході проведення досліджень були отримані результати, представлені на рисунку 4.1.

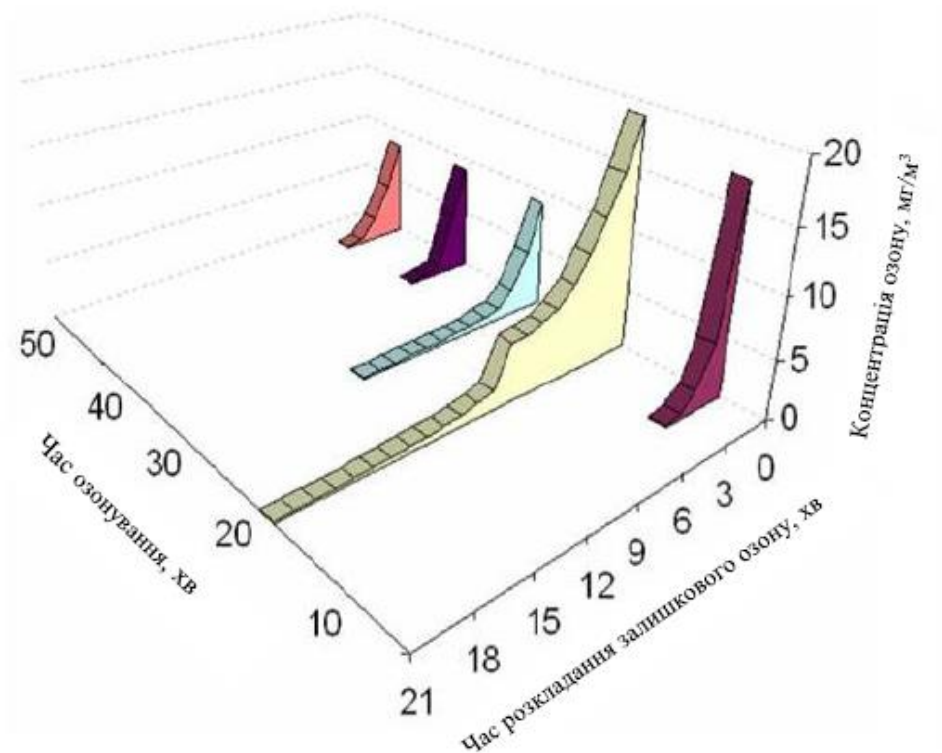


Рисунок 4.1 - Зниження концентрації озону в озоновоповітряній суміші в зерновій купі кукурудзи вологістю 35% при температурі навколишнього повітря 23 °С

Аналіз рисунку 4.1 показує, що озонування зернової купи кукурудзи з середньою вологістю 35% впродовж 10 хв не призводить до насичення зернівки газом. Через це залишковий озон вивітрюється повітряним потоком досить швидко, всього за 5 хвилин. Проте цього проміжку часу вистачає для розкриття міжклітинних мембран. Подальше десятихвилинне озонування призводить до насичення зернівки газом. В результаті після припинення обробки концентрація озону усередині місткості перевищує рівень ГДК упродовж 21 хв. Чергове десятихвилинне озонування сприяло подальшому накопиченню газу усередині зернівки. При цьому час виходу газу з місткості склав 12 хв. Четвертий і п'ятий періоди озонування були схожі між собою. Озон вивітрився з місткості за 4 хв. Це може бути пояснено тим, що усе зерно наситилося газом. Тому в місткості знаходився тільки залишковий озон, який швидко вивітрився повітряним потоком.

На підставі представлених даних було зроблено припущення, що в заданих умовах озонувати зернову купу кукурудзи зверху півгодини недоцільно, оскільки зерно насичується газом після трьох десятихвилинних циклів обробки.

В ході подальших досліджень необхідно було виявити, чи зберігається тенденція зміни концентрації озону в зерновій купі кукурудзи за інших умов експерименту. Для цього матеріал, використовуваний на першому етапі досліджень, просушили до вологості 27%. При цьому методика проведення експерименту повністю співпадала з попереднім досвідом, а температура повітря складала 22 °С. Для отримання більшої кількості точок і більш високої достовірності отриманих рівнянь регресії відрізки часів фіксації концентрації озону були зменшені до 30 с. Ці результати досліджень представлені на рисунку 4.2.

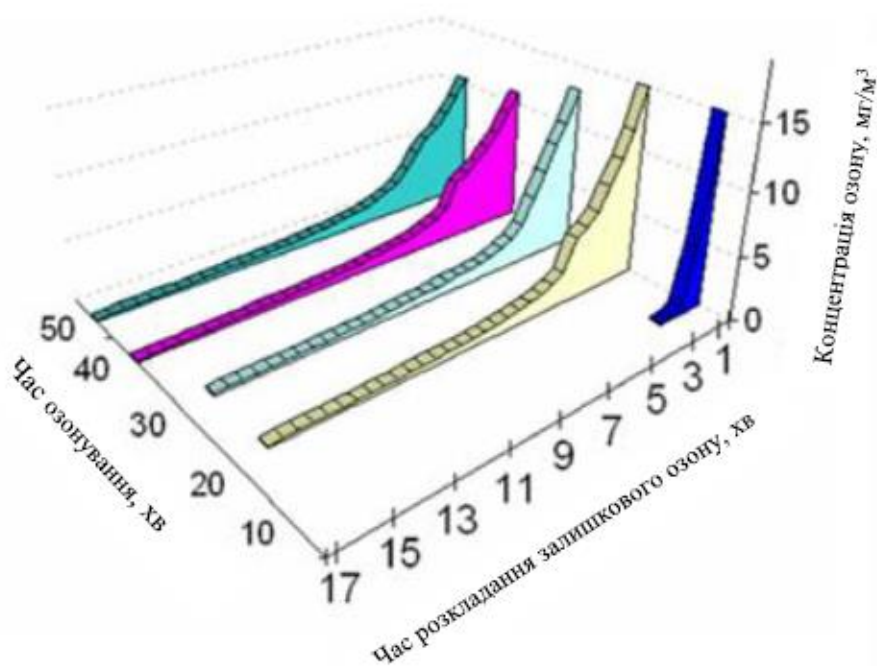


Рисунок 4.2 - Зниження концентрації озону в озоновоповітряній суміші в зерновій купі кукурудзи вологістю 27% при температурі навколишнього повітря 22 °С.

Аналіз рисунку 4.2 показує, що озонування зернової купи кукурудзи з середньою вологістю 27% на перших двох етапах узгоджуються з даними попереднього експерименту з вологішим матеріалом. Проте в третій, четвертий і п'ятий періоди озонОВОЇ обробки тенденція попереднього досвіду була порушена. Зернова купа продовжувала насичуватися озоном ідентично другому етапу озонування. В результаті цього після припинення озонОВОЇ обробки концентрація газу усередині місткості перевищувала рівень ГДК упродовж 16...18 хв. Отже, параметри зернової купи роблять вплив на процес озонування.

Далі зерновий матеріал, використовуваний на перших двох етапах досліджень, просушили до вологості 20%. При цьому періоди озонування збільшили до 15 хв. Ці результати досліджень представлені на рисунку 4.3.

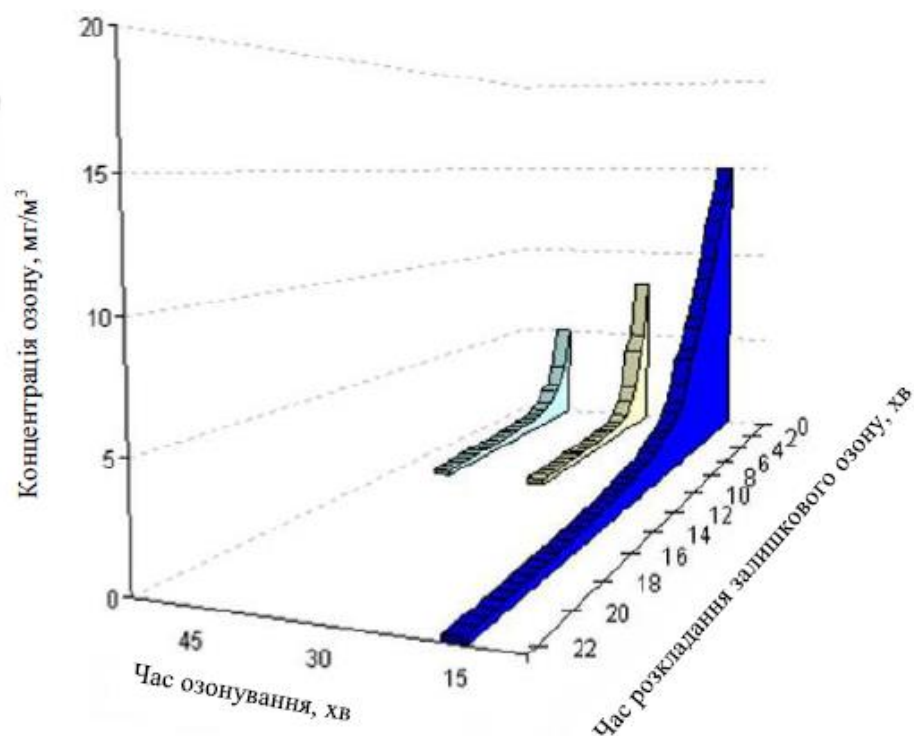


Рисунок 4.3 - Зниження концентрації озону в озоновоповітряній суміші в зерновій купі кукурудзи вологістю 20% при температурі навколишнього повітря 21 °С.

Аналіз рисунку 4.3 показує, що збільшення часу озонування зернової купи кукурудзи з середньою вологістю 20% до 15 хв сприяє насиченню зернівки озоном вже на першому етапі обробки. Двадцятихвилинне вентилювання місткості повітрям не понизило концентрацію газу до рівня ГДК. Другий і третій етапи озонування протікали з схожими параметрами. При цьому, попри те, що процес безпосередньої обробки зерна озоном тривав на 5 хвилин менше, ніж в попередніх експериментах, загальна протяжність операції була на півгодини більше. Отже, періоди озонування по 15 хв доцільніші, оскільки ресурс озонатора збільшується без зниження часу дезінфекції.

Далі зерновий матеріал, який використовувався на перших трьох етапах досліджень, просушили до вологості 12%. При цьому періоди озонування залишили по 15 хв. Ці результати досліджень представлені на рисунку 4.4.

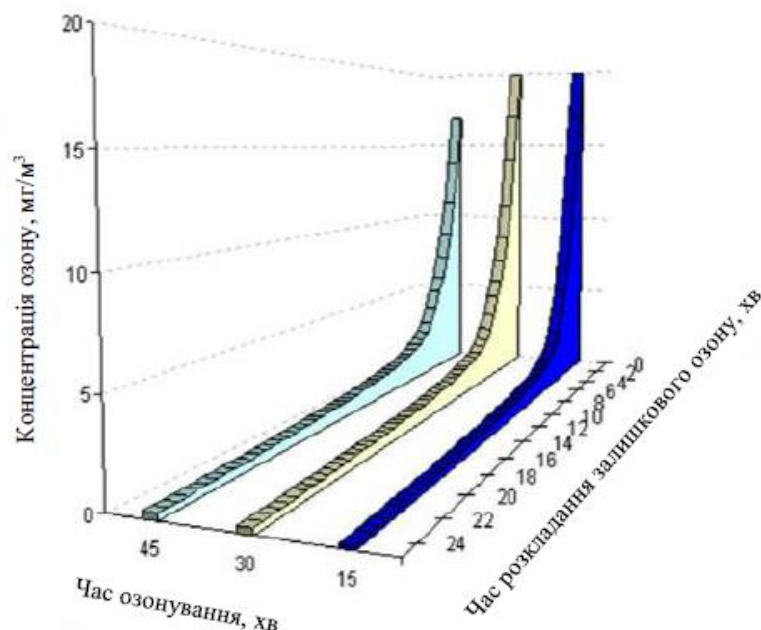


Рисунок 4.4 - Зниження концентрації озону в озоновоповітряній суміші в зерновій купі кукурудзи вологістю 12% при температурі навколишнього повітря 21 °С.

Аналіз рисунку 4.4, показує, що зернова купа кукурудзи з середньою вологістю 12% насичує озон приблизно рівноцінно на усіх етапах обробки. У заданих умовах для зниження концентрації газу до рівня ГДК необхідно вентилювати місткість повітрям не менше 25 хв. Для обробки сухого зерна досить п'ятнадцятихвилинного озонування.

Отже, вологість зернової купи впливає на процес озонування. В основному, це відбивається на часі насичення зерна озоном і розпаду його залишкових концентрацій. Чим сухіше зерновий матеріал, тим менше його необхідно озонувати і тим більше стабільно протікає процес. В цілому для гарантованого насичення зерна озоном необхідно не менше півгодини обробляти купу озоновоповітряною сумішшю. У разі озонування вологого матеріалу обробку слід проводити в два етапи по 15 хв з інтервалом між операціями близько 10 хв. Це забезпечить безперервну обробку зерна озоном і підвищить ресурс озонатора.

Аналіз рівнянь регресії, отриманих при статистичній обробці результатів досліджень, показує, що зниження концентрації залишкового озону в зерновій купі без урахування його вологості від часу після обробки підкоряється експоненціальній залежності:

$$C_{\text{озон}} = k_0 \cdot e^{k_1 \cdot t_{\text{вим}}}, \quad (4.1)$$

де $C_{\text{озон}}$ - концентрація озону в озоновоповітряній суміш, міліграм/м³;
 k_0, k_1 - коефіцієнти;

$t_{\text{вим}}$ - час після припинення озонової обробки, хв.

Залежно від умов озонування коефіцієнт k_0 варіював в діапазоні 2...20. Середнє значення складало 9,87. У більшості залежностей цей множник був наближений до максимальної концентрації озону в озоновоповітряній суміші на момент відключення озонатора. Коефіцієнт k_1 змінювався від мінус 1,41

до мінус 0,13. Середнє значення складало мінус 0,49. При цьому величина достовірності апроксимації R варіювала в діапазоні 0,84...0,99, в середньому цей параметр складав 0,93.

Якщо при розрахунку концентрації озону в озоновоповітряній суміші усередині зернової купи після припинення процесу озонування в якості коефіцієнта k_0 використати концентрацію озону на момент відключення озонатора, то коефіцієнт k_1 матиме логарифмічну залежність від часу розкладання

$$k_1 = 0,0114 \cdot \ln(t_{\text{вим}}) - 0,2652. \quad (4.2)$$

Таблиця 4.1 - Значення коефіцієнта k_1 залежно від часу після відключення озонатора

Час після вимикання озонатора $t_{\text{вим}}$, хв.	Розрахункове значення коефіцієнта k_1
1	- 0,2652
2	- 0,2573
3	- 0,2527
4	- 0,2494
5	- 0,2469
6	- 0,2448
7	- 0,2430
8	- 0,2415
9	- 0,2402
10	- 0,2390
11	- 0,2379
12	- 0,2369
13	- 0,2360
14	- 0,2351
15	- 0,2343
16	- 0,2336
17	- 0,2329
18	- 0,2323
19	- 0,2316
20	- 0,2311
21	- 0,2305
22	- 0,2300
23	- 0,2294

Ця залежність актуальна при озонуванні зернової купи з концентрацією озону в озоновоповітряній суміші в діапазоні 1...25 міліграм/м³. Величина

достовірності апроксимації R^2 складає 0,999. Розрахункові значення коефіцієнта k_1 залежно від часу після відключення озонатора представлені в таблиці 4.1.

Підставивши формули 4.2 в залежність 4.1 отримаємо:

$$C_{\text{озон}} = k_0 \cdot e^{0,114 \cdot t_{\text{вим}} \cdot \ln(t_{\text{вим}}) - 0,2652 \cdot t_{\text{вим}}},$$

Отже, для того, щоб визначити концентрацію озону в зерновій купі без урахування його вологості після відключення озонатора, необхідно знати час, що пройшов після припинення обробки і початкове значення концентрації газу в діапазоні 0...25 міліграм/м³.

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Для визначення ефективності конструкторсько-технологічних рішень приймемо орієнтовний елеваторний комплекс з одноразовим зберіганням 50000 т зернового матеріалу (рис 5.1).

Буферні силоси 4, 23, 28, дооснастити централізованою системою озонування. Насінну лінію необхідно дообладнувати фотосепаратором і транспортним устаткуванням у вигляді стрічкових и-подібних конвеєрів. Крім того, плоскодонні силосні зерносклади не призначені для утримання насіння, тому для зберігання посівного матеріалу треба встановити конічні силосу. Склад устаткування, його кількість, орієнтовна вартість на базовому і проєктованому комплексах післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу представлені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 - Склад устаткування, його кількість, вартість на базовому і проєктованому комплексах післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу

№ поз. на рис.	Найменування устаткування	Вартість, тис. грн.	Кількість, шт		Ціна, тис. грн	
			базовий	проект	базовий	проект
5.1	марка					
1	2	3	4	5	6	7
1	Завальна яма з ланцюговим або стрічковим конвеєром	177,1	2	2	354,2	354,2
2	Конвеєр ланцюговий або стрічковий	236,6	2	2	473,2	473,2
3	Норія, <i>НВ- 250/30</i>	1008	1	1	1008	1008
4	Силос с конусним дном, типу <i>СМК</i>	845,25	4	4	3381	3381
5	Конвеєр ланцюговий <i>КСВ-250 (У9-УКЦ 450/21)</i>	906,85	2	2	1813,7	1813,7
6 і 15	Конвеєр ланцюговий <i>КСВ- 175/15</i>	310,8	4	4	1243,2	1243,2
7	Зерноочисна машина: <i>ТАС204А - 4</i>	1281	1	1	1281	1281
8	Зерноочисна машина: <i>ТАС204А - 4</i>	1281	1	1	1281	1281
9	Норія, <i>НВ- 175/22</i>	515,55	1	1	515,55	515,55
10	Експедиторський силос типу <i>СМК</i>	246,75	3	3	740,25	740,25
11	Конвеєр ланцюгової <i>КСВ- 175/31</i>	560,35	1	1	560,35	560,35

1	2	3	4	5	6	7
12	Конвеєр ланцюговий <i>KCB- 175/29</i>	436,1	1	1	436,1	436,1
13	Зерносушарка: <i>CBM- 7-24</i>	9595,6	1	1	9595,6	9595,6
	Насінна <i>CCV- 1</i>	1848	0	1	0	1848
14	Норія, <i>HB- 175/30</i>	618,8	4	4	2475,2	2475,2
	Стрічковий u-подібний конвеєр	750,75	0	1	0	750,75
16 і 27	Конвеєр ланцюговий <i>KCB- 175/17</i>	327,25	6	6	1963,5	1963,5
17	Норія, <i>HB- 175/34</i>	802,9	2	2	1605,8	1605,8
18	Зерносушарка, <i>CBM- 7-24</i>	9595,6	1	1	9595,6	9595,6
19	Конвеєр ланцюговий, <i>KCB- 175/11</i>	211,75	2	2	423,5	423,5
20	Норія, <i>HB- 175/36</i>	819,7	4	4	3278,8	3278,8
	Стрічковий u-подібний конвеєр	750,75	0	2	0	1501,5
21 і 32	Конвеєр ланцюговий <i>KCB- 50/12</i>	158,55	2	2	317,1	317,1
22	Конвеєр ланцюговий <i>KCB- 175/44</i>	679,35	1	1	679,35	679,35
23	Силос з конусним дном типу <i>СМК</i>	845,25	4	4	3381	3381
24	Силосне зерносквище: - з плоским дном <i>TW60 - 11S</i>	3040,1	18	18	54721,8	54721,8
	- з конусним дном типу <i>СМК.46.В. 02</i>	455,7	0	6	0	2734,2
25	Конвеєр ланцюговий <i>KCB- 175/17</i>	327,25	12	12	3927	3927
26	Конвеєр ланцюговий <i>KCB- 175/7</i>	179,55	2	2	359,1	359,1
27	Конвеєр ланцюговий <i>KCB- 175/29</i>	436,1	2	2	872,2	872,2
28	Силос з конусним дном, типу <i>СМК</i>	845,25	2	2	1690,5	1690,5
29	Норія, <i>HB- 250/30</i>	1008	1	1	1008	1008
30	Зачисний шнек	82,25	9	9	740,25	740,25
31	Зачисний шнек	82,25	9	9	740,25	740,25
33 і 34	Введення подвійне кругле, <i>CB08</i>	0,7	20	20	14	14
35 і 36	Електрозасувка, <i>У12-ТЕА-15М</i>	8,05	44	44	354,2	354,2
37	Магнітний сепаратор, <i>МСН- 175</i>	30,1	2	2	60,2	60,2
38 і 39	Фільтр локальний, <i>ФЛ700</i>	152,25	13	13	1979,25	1979,25
40 і 51	Конвеєр гвинтовий, <i>KB/14</i>	85,05	2	2	170,1	170,1
41	Циклон, <i>VR68/560 - S1 - 290D</i>	16,1	2	2	32,2	32,2
42	Датчик обриву ланцюга конвеєра, <i>РДД-03А</i>	2,1	2	2	4,2	4,2

1	2	3	4	5	6	7
43 і 44	Аерозольний затвор на норію, ЗАГ х п- 1,0	8,75	13	13	113,75	113,75
45 і 46	Перекидний клапан на два напрями, SLK2x45x300	13,65	6	6	81,9	81,9
47 і 48	Перекидний клапан на три напрями, К3х45х300	15,75	4	4	63	63
49	Датчик контролю обертання і підпору гвинтового конвеєра, РДД-02	2,45	2	2	4,9	4,9
50	Конвеєр ланцюговий КСВ- 175/24	399,35	1	1	399,35	399,35
без поз.	Прилади лабораторії : - автоматичний пробовідбірник зерна, УПЗ- 401; - комп'ютер з устаткуванням; - лабораторний млин, ЛЗМ- 1; - прилад БИС- 1; - сушильна шафа, ШСО- 2000; - електронні ваги, DV215CD;	208,95 30,8 2,8 1,75 12,6 1,4 6,65 17,85 3,5	1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1	208,95 30,8 2,8 1,75 12,6 1,4 6,65 17,85 3,5	208,95 30,8 2,8 1,75 12,6 1,4 6,65 17,85 3,5
без поз.	Озонаторна установка	1200,5	0	1	0	1200,5
без поз.	Фотосепаратор	780,5	0	1	0	780,5
Разом	Витрати на устаткування				114025,45	120278,9
	Витрати на монтаж устаткування, 50% від вартості устаткування				57012,725	60139,45
	Загальнобудівельні витрати, 40% від вартості устаткування				45610,18	48111,56
	Витрати на пуско-налагоджувальні роботи, 7% від вартості				7981,7815	8419,523
	Інші витрати, 3% від вартості устаткування				3420,7635	3608,367
Всього	Капітальні вкладення, К				228050,9	240557,8

Окрім спеціалізованих машин у вартість елеватора входять багато інших статей витрат [25]. З достатньою погрішністю їх можна прорахувати виходячи з ціни встановленого устаткування. В середньому витрати на монтаж спеціалізованих машин з урахуванням необхідних металоконструкцій складають 50% [25]. Загальнобудівельні витрати при виробництві елеваторів досягають 40%. Витрати на пуско-налагоджувальні

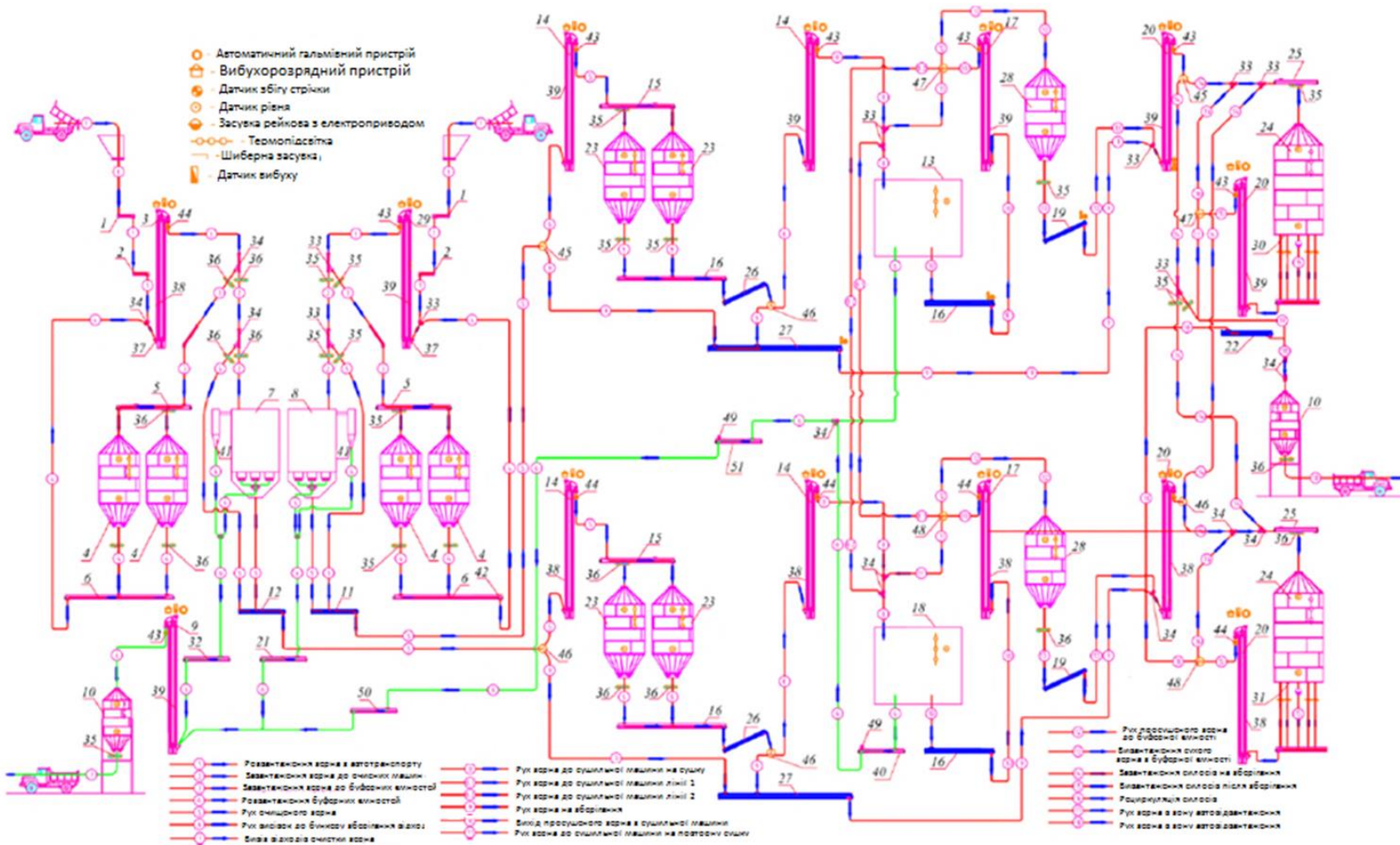


Рисунок 5.1 - Технологічна схема елеваторного комплексу: 1 - завальна яма з ланцюговим конвеєром; 2, 5, 6, 11, 12, 15, 16, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 32 і 50 - конвеєр ланцюговий; 3, 9, 14, 17, 20 і 29 - норія; 4, 10, 23 і 28 - силос з конусним дном; 7 і 8 - зерноочисний сепаратор; 13 і 18 - зерносушарка; 24 - силос з плоским дном; 30 і 31 – зачисний шнек; 33 і 34 - ввід подвійний; 35 і 36 - електрозасувка; 37 - магнітний сепаратор; 38 і 39 - фільтр; 40 і 51 - конвеєр гвинтовий; 41 - циклон; 42 - датчик обриву ланцюга; 43 і 44 - затвор; 45 і 46 - клапан перекидний на два напрями; 47 і 48 - клапан перекидний на три напрями; 49 - датчик контролю обертання і підбору гвинтового конвеєра

роботи складають 5... 10%. Інші витрати досягають 3% від вартості устаткування [25].

Аналіз таблиці 5.1 показав, що для спорудження елеватора з одноразовим зберіганням 50000 т зернового матеріалу потрібні понад 228млн. грн або 30 млн \$. Для модернізації комплексу потрібні 12506,9 тис. грн. або 232956,103\$ додаткових капітальних вкладень.

Для зіставлення отриманих результатів із загальносвітовими тенденціями порівнюємо розрахункову вартість елеватора з аналогічними об'єктами. Оскільки кожен комплекс має свої особливості, то еталонної ціни на подібні споруди немає. Найбільш раціональним є порівняння вартості елеваторів за собівартістю будівництва на тонну зберігання. Враховуючи сумарну місткість силосів в 50000 т у базовому варіанті цей показник складе 4561 грн або 152 \$, а в проектованому – 4811,16 грн. або 160,37 \$. Подібні цифри цілком узгоджуються із загальносвітовими цінами. Так, в компанії «Кернел» заявляють, що вартість елеватора не може бути нижча 200\$ за тонну зберігання [25].

У зв'язку з додатково встановленим устаткуванням на проектованому комплексі експлуатаційні витрати будуть вищі, ніж у базовому варіанті.

Амортизаційні відрахування визначимо по формулі

$$Am = K \cdot N\alpha / 100, \quad (5.1)$$

де Am - витрати на амортизацію, грн;

K - капітальні вкладення (таблиця 5.1), грн;

$N\alpha$ - річна норма амортизації, при терміні служби елеватора 20 років

$N\alpha = 5,0\%$.

У базовому варіанті амортизаційні відрахування $A_m^{баз}$ складуть

$$A_m^{баз} = K_{баз} \cdot Na / 100 = 228050900 \cdot 5 / 100 = 11402545 \text{ грн.}$$

У проектованому варіанті амортизаційні відрахування A_m^{np} складуть

$$A_m^{np} = K_{np} \cdot Na / 100 = 240557800 \cdot 5 / 100 = 12027890 \text{ грн.}$$

Тоді додаткові амортизаційні відрахування, викликані установкою устаткування при модернізації, будуть рівні

$$A_m^{\partial\partial\partial} = A_m^{np} - A_m^{баз} = 12027890 - 11402545 = 625345 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

Витрати на ремонт і технічне обслуговування визначимо по формулі

$$Pm = K \cdot Nr / 100 \quad (5.3)$$

де Pm . - витрати на ремонт і технічне обслуговування, руб;

Nr - щорічна норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування устаткування. Для машин післяжнивної обробки урожаю, $Nr = 6 \%$.

У базовому варіанті витрати на ремонт і технічне обслуговування $Pm^{баз}$ устаткування складуть

$$P_m^{баз} = K_{баз} \cdot Nr / 100 = 228050900 \cdot 6 / 100 = 13683054 \text{ грн.}$$

У проектованому варіанті витрати на ремонт і технічне обслуговування устаткування Pm^{np} складуть

$$P_m^{np} = K_{np} \cdot Nr / 100 = 240557800 \cdot 6 / 100 = 14433468 \text{ грн.}$$

Тоді додаткові витрати на ремонт і технічне обслуговування, викликані установкою устаткування при модернізації, будуть рівні

$$P_m^{\partial\partial\partial} = P_m^{np} - P_m^{баз} = 14433468 - 13683054 = 750414. \quad (5.4)$$

Витрати на електроенергію визначимо по формулі

$$C_{ел} = Q_{ел} \cdot Ц_{ел} \quad (5.5)$$

де $C_{ел}$ - витрати на електроенергію, грн;

$Q_{ел}$ - річна витрата електроенергії, кВт ч;

$Ц_{ел}$ - середня ціна 1 кВт для сільгоспвиробників, $Ц_{ел} = 2,8$ крб.

За даними виробників, сумарна потрібна потужність базового варіанту елеватора складає близько 1024 кВт. При цьому річна витрата електроенергії $Q_{ел}^{баз}$ досягає 5120000 кВт·ч. У проектованому варіанті сумарна потрібна потужність базового варіанту елеватора складає близько 1075 кВт. При цьому річна витрата електроенергії $Q_{ел}^{np}$ дорівнює 5375000 кВт·ч. Незначне збільшення потрібної потужності пояснюється установкою в проектовану технологічну лінію фотосепараторів підвищенням енергоефективності операції сушки за рахунок дії озонотворювальної суміші.

У базовому варіанті витрати на електроенергію $C_{ел}^{баз}$ складуть

$$C_{ел}^{баз} = Q_{ел}^{баз} \cdot Ц_{ел} = 5\,120\,000 \cdot 2,8 = 14\,336\,000 \text{ грн.}$$

У проектованому варіанті витрати на електроенергію $C_{ел}^{np}$ складуть

$$C_{ел}^{np} = Q_{ел}^{np} \cdot Ц_{ел} = 5\,375\,000 \cdot 2,8 = 15\,050\,000 \text{ грн.}$$

Тоді додаткові витрати на електроенергію $C_{ел}^{доп}$, викликані установкою устаткування при модернізації будуть рівні

$$C_{ел}^{доп} = C_{ел}^{np} - C_{ел}^{баз} = 15\,050\,000 - 14\,336\,000 = 714\,000 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Загальні експлуатаційні витрати базового варіанту в рік складуть

$$B_p^{баз} = A_m^{баз} + P_m^{баз} + C_{ел}^{баз} = 11\,402\,545 + 13\,683\,054 + 14\,336\,000 = 39\,421\,599 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Загальні експлуатаційні витрати проектованого варіанту в рік складуть

$$B_p^{np} = A_m^{np} + P_m^{np} + C_{ел}^{np} = 12\,027\,890 + 14\,433\,468 + 15\,050\,000 = 41\,511\,358 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

Тоді річні додаткові експлуатаційні витрати складуть

$$B_p^{доп} = B_p^{np} - B_p^{баз} = 41\,511\,358 - 39\,421\,599 = 2\,089\,759 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

де $B_p^{доп}$ - додаткові експлуатаційні витрати, грн.

Аналіз представлених розрахунків показав, що модернізація позначається на підвищенні експлуатаційних витрат на 2089759 гривень на рік в порівнянні з базовим варіантом за рахунок установки додаткової технологічної лінії. Проте на проектованому комплексі можна отримувати не лише товарне і фуражне зерно, але і посівний матеріал. Це розширює спектр виконуваних

робіт і забезпечує отримання додаткової продукції. Крім того, якість товарного зерна буде вища. Це пояснюється більшою ефективністю фракційних сепараторів за рахунок кращого виділення основної фракції і меншим її ушкодженням.

Розрахунок річного економічного ефекту від модернізації комплексу післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу за рахунок реалізації додатково отриманої продукції виконаємо в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Річний економічний ефект від модернізації комплексу післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу за рахунок реалізації додатково отриманої продукції

Показники	Базовий варіант	Проектований варіант
Річний об'єм оброблюваного зернового матеріалу, <i>т</i> :	50 000	50 282
- зерно п'ятого класу (фуражне);	13 890	11 110
- зерно товарне четвертого класу;	19 445	19 445
- зерно товарне третього класу;	16 655	19 445
- насінний матеріал	-	282
Ціна тонни зернового матеріалу <i>грн/т</i> :		
- зерно п'ятого класу (фуражне);	3500	3500
- зерно товарне четвертого класу;	4000	4000
- зерно товарне третього класу;	4800	4800
- насінний матеріал	7500	7500
Вартість продукції в рік, <i>тис. грн</i> :		
- зерно п'ятого класу (фуражне);	48615	38885
- зерно товарне четвертого класу;	77780	77780
- зерно товарне третього класу;	79944	93336
- насінний матеріал	-	2115
Вартість усієї продукції, <i>тис. грн</i>	206339	212116
Коефіцієнт оборотності	2,0	2,0
Вартість продукції з урахуванням оборотності, <i>тис. грн</i>	412678	424232
Вартість додаткової продукції в рік, <i>грн</i>	-	11554000
Експлуатаційні витрати в рік, <i>грн</i>		2089759
Річний економічний ефект, <i>грн</i>		9464241
Термін окупності додаткових капіталовкладень, рік		1,32

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих технологій та машин для післяжнивної обробки зернового матеріалу та його зберігання.

2. З'ясовано, що найбільш доцільною додатковою обробкою зернового матеріалу є його озонування.

3. Запропоновано конструктивно-технологічне рішення вдосконалення силосу типу СКМ.

4. При підготовці вологої зернової купи до сушки озонування доцільно проводити у буферному силосі при концентрації озону 5...20 міліграм/м³ впродовж години, після чого насінне зерно доводять до кондиційного стану по вологості ($W_{\text{конд}}=13\%$) на серійних зерносушарках при температурі сушильного агенту не більше 60... 70 °С, але у разі перевищення вмісту води в початковій зерновій купі ($W_{\text{поч}}$) значення 19% операції озонування і сушки необхідно повторювати.

5. Для вдосконалення існуючого комплексу післяжнивної обробки і зберігання зернового матеріалу з місткістю зерносховищ 50000 тон потрібно 12506,9 тис. грн. додаткових капітальних вкладень. При цьому річний економічний ефект від реалізації проекту складе 9464241 грн., а термін окупності додаткових капіталовкладень - 1,32 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тищенко Л. Н., Ольшанський С. В., Ольшанський В. П. Определение закономерностей скорости потока зерновой смеси на виборешете при неравномерной подаче // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХНТУСГ. 2009. Вип. 88. С. 5–11.
2. Тищенко Л. Н. Гидродинамические характеристики псевдоожиженных сыпучих сред при виброцентробежном сепарировании на зерноперерабатывающих предприятиях // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв. Вісник ХДТУСГ. 2001. Вип.5. С.13–33.
3. Тищенко Л. Н., Ольшанский В. П., Ольшанский С. В. Виброрешетная сепарация зерновых смесей: монография/ответ. ред. С. И. Кучеренко. Харьков: «Міськдрук», 2011. 280 с.
4. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування зерна: монографія/відп. ред. Д. І. Мазоренко. Харків: Око, 2006. 408 с.
5. Цуркан О.В., Присяжнюк Д.В., Герасимов А.А. Особенности процесса и оборудования для сушки зернового сырья с использованием озона. Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin-Rzeszov, 2016. Vol. 18. № 4. С. 37-45.
6. Паламарчук І.П., Цуркан О.В., Присяжнюк Д.В. та ін. Обґрунтування схеми віброозонуючої сушарки для післязбиральної обробки зерна. Наукові праці НУХТ. Київ, 2016. № 6. Т. 22. С. 151-156.
7. Цуркан О.В., Присяжнюк Д.В., Герасимов О.О. та ін. Перспективи використання озону у післязбиральній обробці зерна. Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця, 2016. № 3 (95). С. 80-84.
8. Цуркан О.В., Полевода Ю.А., Присяжнюк Д.В. та ін. Вібромеханічна інтенсифікація тепломасообмінних процесів при

зневоложенні зерна. Удосконалення процесів і обладнання – запорука інноваційного розвитку харчової промисловості: Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. (Київ, 8-10 лист. 2016). Київ, 2016. С. 112-114.

9. Цуркан О.В., Присяжнюк Д.В., Скрипник М.В. та ін. Віброозонуючий комплекс для післязбиральної обробки зернової сировини. Енерго- і ресурсозберігаючі технології та машини в аграрному виробництві: Матеріали всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Полтава, 15-17 груд. 2016). Полтава, 2016. С. 87-89.

10. Цуркан О.В., Величко Л.Д., Присяжнюк Д.В. Математична модель вібраційної сушарки з маятниковими механізмами вільного ходу. Вібрації в техніці та технологіях. Вінниця, 2017. № 2 (85). С. 103-113.

11. Цуркан О.В., Пришляк В.М., Присяжнюк Д.В. Інтенсифікація сушіння зерна у процесі його післязбиральної обробки. Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця, 2017. № 2 (97). С. 99-103.

12. Присяжнюк Д.В., Яворський А.Я., Цуркан О.В. Збереження якості гарбузового насіння з використанням віброозонуючої технології обробки. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: Праці VII міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 27-28 квіт. 2017). Київ, 2017. С. 319-320.

13. Цуркан О.В., Янович В.П., Полевода Ю.А. та ін. Розробка конструктивно-технологічної схеми віброозонуючого комплексу для енергозберігаючого сушіння насіння гарбуза. Сучасний стан та перспективи розвитку овочівництва: Тези міжнар. наук.-практ. конф. (Селекційне, 26 лип. 2017). Селекційне, 2017. С. 219-222.

14. Цуркан О.В., Янович В.П., Присяжнюк Д.В. Дослідження кінетики сушіння насіння соняшника у вібраційній сушарці. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Кропивницький, 1-3 лист. 2017). Кропивницький, 2017. С. 301-303.

15. Присяжнюк Д.В. Аналіз обладнання для сушіння зернової сировини при післязбиральній обробці. Вібрації в техніці та технологіях. Вінниця, 2017. № 3 (86). С. 136-144.

16. Цуркан О.В., Присяжнюк Д.В. Планування багатофакторного експерименту у дослідженні процесу сушіння зерна пшениці. Вібрації в техніці та технологіях: Тези XVII міжнар. наук.-техн. конф. (Львів, 11-12 жов. 2018). Львів, 2018. С. 113-114.

17. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна. Одеса, 2001. 348 с.

18. Маньківський А.Я., Скалецька Л.Ф., Подпретов Г.І. та ін. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. Ніжин, 1999. 384 с.

19. Чурсінов Ю. Порівняльний огляд технічних засобів сушіння зерна. Пропозиція. Київ, 2006. С. 122-124.

20. Данильчук П.В. Довідник по зберіганню зерна. Київ, 1989. 96 с.

21. Шмат К.І., Диневич Г.Ю., Карманов В.В. та ін. Технологія і обладнання для зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. Херсон, 2001. 160 с.

22. Цуркан О.В., Пришляк В.М., Присяжнюк Д.В. Інтенсифікація сушіння зерна у процесі його післязбиральної обробки. Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця, 2017. № 2 (97). С. 99-104.

23. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ, 2003. 173 с.

24. Бойко Н.Г., Устименко Т.А. Теория и методы инженерного эксперимента. Донецк, 2009. 158 с.

25. Калетнік Г.М., Войтюк В.Д., Бондар С.М. та ін. Управління інженерною діяльністю виробничих і сервісних підприємств АПК. Київ, 2010. 448 с.

26. ДСТУ-НБА 3.2-1:2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів. Київ, 2007. 22 с.

27. Берека О. М. Ефективність озонування зернових у сильних електричних полях / О. М. Берека, С. М. Усенко // Наук. вісн. НУБіП України. – 2010. – Вип. 148. – С. 92–97.

28. Кирик М. М. Вплив озону на мікобіоту насіння озимої пшениці /М. М.Кирик, О. М. Берека, А. Б. Ковалишин, С. М. Усенко // Наук. вісн. НУБіП України. – 2009. – Вип. 140. – С. 121–127.

29. Петренкова В. П. Озонова технологія передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур / В. П. Петренкова, О. М. Єгоров, В. І. Голота, Г. В. Таран // Посібник українського хлібороба. – К., 2009. – С. 128 – 131.