

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

**Кафедра механічної та електричної інженерії**

## **Пояснювальна записка**

*до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти*

*бакалавр*

на тему: «Обґрунтування параметрів, режимів та проектування конструктивних елементів обладнання для висушування зерна.»

КРБ.133ГМбд\_41.12.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_41  
ПАНОВ Артем

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
ЛЕВЧЕНКО Юлія

**Полтава – 2025 року**

## ВСТУП

Агропромисловий комплекс України займає друге місце після промислового виробництва в структурі економіки країни. Крім того, сільськогосподарська продукція є однією з найбільших складових сучасного українського експорту.

Україна має сприятливі природно-кліматичні умови для розвитку аграрного сектору, і сьогодні входить до переліку найсильніших виробників сільськогосподарської продукції, займаючи лідируючі позиції серед світових експортерів.

Одним із ключових напрямів розвитку агропромислового комплексу є впровадження сучасних технологій, таких як зерносушарки, що мають важливе значення для забезпечення якісного зберігання та переробки зернових культур. Зерносушарки є невід'ємною частиною матеріально-технічної бази підприємств агропромислового комплексу, що дозволяє ефективно зберігати зерно, мінімізуючи втрати якості та ваги.

Ефективне впровадження досягнень науково-технічного прогресу, таких як інноваційні зерносушарки, сприяє покращенню економіки підприємств, збереженню їх конкурентоспроможності та зміцненню позицій на ринку. Завдяки зерносушкам створюються умови для забезпечення високій якості зберігання зерна, зменшення витрат праці та фінансів, а також збільшення продуктивності підприємств.

Сучасні зерносушарки, які використовуються для підготовки зернових культур до зберігання, можуть бути різного типу залежно від потреб підприємств — шахтні, барабанні, модульні тощо. Їх впровадження є особливо актуальним у контексті розвитку галузей з переробки зерна, таких як виробництво борошна, комбікормів, пива, олії та інших продуктів.

Таким чином, удосконалення матеріально-технічної бази через впровадження зерносушарок є одним із ключових завдань для забезпечення стабільного розвитку агропромислового комплексу України, збереження якості

зерна та підвищення його доданої вартості на внутрішньому та зовнішньому ринках.

**Мета роботи** – провести розрахунок параметрів зерносушарки, обґрунтувати режими її роботи та розробити проєкт на основі виконаних розрахунків.

**Предмет дослідження** – зерносушарка продуктивністю 250 т/год з удосконаленою системою терморегуляції та сушіння зерна.

**Об'єкт дослідження** – конструктивні та режимні параметри обладнання для сушіння зерна.

**У кваліфікаційній роботі поставлені наступні завдання:**

1. Провести аналіз літературних джерел та інших джерел щодо сучасних конструкцій зерносушарок.

2. Вивчити особливості проєктування та вимоги, які висувються до зерносушарок, а також особливості їх конструкцій.

3. Виконати розрахунки параметрів зерносушарки, включаючи теплотехнічні характеристики, ефективність сушіння та споживання енергії.

4. Провести аналіз існуючих небезпек та розробити заходи з охорони праці для забезпечення безпечної експлуатації зерносушарок на елеваторах та зерноприймальних пунктах.

5. Провести економічні розрахунки щодо введення в експлуатацію розробленої зерносушарки.

Ця робота спрямована на вдосконалення технологічного процесу сушіння зерна, підвищення його енергоефективності, зниження витрат і забезпечення безпечних умов праці для персоналу.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНИЙ

Після збору зерна необхідно виконати комплекс технологічних операцій, які забезпечують підготовку сировини до тривалого зберігання та подальшої переробки. Основними з них є очищення, сортування, калібрування та сушіння. Ці етапи спрямовані на забезпечення високої якості зерна для продовольчих, кормових або посівних цілей.

Свіжозібране зерно містить певну кількість домішок та має підвищену вологість, що ускладнює його зберігання. Домішки, такі як бур'яни, пісок, грудки землі чи каміння, можуть збільшувати вологість зернової маси на 25–35%, що призводить до ризиків самозігрівання, гниття та втрати якості. Очищення є першим етапом підготовки зерна, під час якого видаляють небажані домішки, пошкоджене або нерівномірно розвинене зерно. Цей процес забезпечує підвищення технологічних властивостей сировини та її збереження.

Після очищення зерно піддається калібруванню та сортуванню, що дозволяє відокремити зерна за розмірами, вагою та іншими характеристиками. Це особливо важливо для насінневого матеріалу, який має відповісти суворим стандартам якості.

Одним ключовим етапом підготовки є сушіння зерна, яке забезпечує зниження його вологості до рівня, що відповідає вимогам для тривалого зберігання та запобігає розвитку процесів псування. Сушіння зерна має велике значення, оскільки саме цей етап визначає якість зберігання, стабільність фізіологічних властивостей зернової маси та економічну доцільність її переробки.

Сушіння проводиться за допомогою спеціалізованих зерносушарок, які забезпечують рівномірне видалення вологи з усієї маси зерна. На цьому етапі важливо враховувати особливості сировини, рівень її початкової вологості, температурні режими та тип сушарки.

Наступним кроком після попередньої обробки є сам процес сушіння зерна, який включає декілька важливих стадій: прогрівання, видалення основної частини вологи та охолодження зернової маси для запобігання конденсації вологи. Кожен із цих етапів має свої технологічні особливості, які забезпечують високу якість кінцевого продукту.

Сушіння зерна є одним із найважливіших технологічних процесів післязбиральної обробки, що забезпечує його збереження та підготовку до тривалого зберігання до переробки. Існує багато способів сушіння зерна, які можна поділити на дві основні групи: природні методи сушіння та штучне сушіння зі допомогою спеціалізованого обладнання.

Природне сушіння - цей метод використовується переважно у господарствах із невеликим обсягом зернової маси. Природне сушіння здійснюється шляхом розміщення зерна на відкритих майданчиках або у добре вентильованих приміщеннях.

Переваги: мінімальні енергетичні витрати, простота організації процесу.

Недоліки: залежність від погодних умов, значні втрати через можливе зволоження під час дощу, нерівномірність сушіння.

Штучне сушіння передбачає використання спеціалізованого обладнання, яке дозволяє знизити вологість зернової маси до оптимальних параметрів незалежно від зовнішніх умов. Методи штучного сушіння включають:

Конвективне сушіння – це найбільш поширений метод, під час якого зерно обробляється гарячим повітрям або газовими потоками. Залежно від конструкції сушарки, цей метод поділяється на:

Шахтні сушарки: зерно пересувається через вертикальні шахти, а гаряче повітря проходить через зерновий шар.

Барабанні сушарки: зерно обертається в барабані, де контактує з нагрітим повітрям.

Рециркуляційні сушарки: забезпечують повторне використання частини гарячого повітря, що зменшує витрати енергії.

Контактне сушіння: у цьому методі зерно нагрівається через безпосередній контакт із гарячою поверхнею. Перевагою є висока ефективність теплопередачі, але цей метод використовується рідко через ризик перегріву зерна.

Інфрачервоне сушіння. Зерно піддається дії інфрачервоного випромінювання, яке швидко нагріває зернову масу. Переваги методу включають швидкість сушіння та рівномірність нагрівання, але вартість обладнання є значною.

Комбіноване сушіння – це поєднання різних методів, наприклад, інфрачервоного та конвективного сушіння, дозволяє оптимізувати процес і знизити енергетичні витрати.

Вибір конкретного способу залежить від обсягів зернової маси, виду культури, початкової вологості, економічних можливостей господарства та кліматичних умов.

На основі аналізу літератури можна зробити висновок, що найбільш універсальним і поширеним є конвективне сушіння у шахтних або барабанних сушарках. Проте перспективними залишаються інноваційні методи, такі як інфрачервоне або комбіноване сушіння, які дозволяють значно підвищити ефективність і якість обробки зернової маси.

#### Етапи висушування зерна

Технологічний процес сушіння зерна складається з трьох основних етапів: попереднього прогрівання, основного сушіння та охолодження зернової маси.

#### Попереднє прогрівання зерна

На цьому етапі зерно поступово нагрівають до температури, необхідної для ефективного видалення вологи. Попереднє прогрівання забезпечує рівномірний розподіл тепла по всій масі зерна, що дозволяє уникнути різких перепадів температур і зменшує ризик пошкодження зернин. У процесі прогрівання видалається частина поверхневої вологи, яка найшвидше випаровується, а зернова маса готується до інтенсивного сушіння.

#### Основне сушіння зерна

Цей етап є ключовим у технологічному процесі, оскільки саме тут видалається основна частина внутрішньої вологи з зерна. Під час сушіння зерно обробляють гарячим повітрям, температура якого регулюється залежно від виду культури та початкового рівня вологості. Зерно поділяють на шари, що забезпечує ефективне проникнення тепла й рівномірне видалення вологи. Для збереження якості продукту важливо дотримуватися оптимальних режимів сушіння, щоб уникнути перегріву чи пересушування зерна.

#### Охолодження зерна

Після завершення сушіння зернову масу охолоджують до температури, близької до навколишнього середовища. Цей етап важливий для запобігання конденсації вологи під час зберігання. Охолодження також стабілізує фізіологічні процеси в зерновій масі, запобігаючи їй самозігріванню. Процес охолодження проводять у спеціальних секціях сушарки або окремих установках, що забезпечують циркуляцію холодного повітря через висушене зерно.

#### Зерносушарки для етапів сушіння зерна

Для виконання цих етапів використовуються різні типи зерносушарок, зокрема шахтні, барабанні, пневматичні та мобільні установки. Наприклад, український виробник ТОВ «Аеромех НВФ» пропонує модельний ряд зерносушарок САД (рис. 1.2) продуктивністю від 4 до 150 т/год, які підходять для різних етапів сушіння зерна. Ці установки забезпечують рівномірне висушування зернової маси завдяки точному налаштуванню температурних і повітряних режимів, що дозволяє отримати якісний кінцевий продукт із мінімальними енерговитратами.

Зерносушарки є ключовим обладнанням для обробки зерна після збору врожаю. Їх конструктивні особливості та технічні характеристики значною мірою впливають на ефективність сушіння, витрати енергії, якість кінцевого продукту та економічну доцільність застосування.

Зерносушарки класифікуються за кількома ознаками:

- **За принципом роботи:**
  - Конвективні (гаряче повітря).

- Контактні (нагрівання через поверхню).
- Радіаційні (інфрачервоні та мікрохвильові).
- Комбіновані (поєднання декількох принципів).

**За конструктивними особливостями:**

- Шахтні.
- Барабанні.
- Модульні.
- Рециркуляційні.
- Мобільні.

Шахтні зерносушарки складаються з вертикальної шахти, через яку рівномірно рухається зерно, що контактує з потоком гарячого повітря. Повітря подається через спеціальні канали, які проходять вздовж шахти. Рівномірність сушіння досягається завдяки постійному перемішуванню зернової маси. Використовуються для великих обсягів зерна (пшениці, кукурудзи, ячменю). Ідеальні для роботи в умовах стаціонарних елеваторів.

Найчастіше застосовуються на великих підприємствах. Переваги

Висока продуктивність (до 150 - 200 т/год). Енергоефективність завдяки можливості регулювання подачі повітря. Довговічність і надійність у роботі.

Недоліки: великі капітальні витрати на встановлення; значні розміри, які потребують багато місця; тривалий час для монтажу.

Зерносушарка шахтного типу NDT (рис. 3.1) - це якісна сушарка від NEUERO Farm-und Fördertechnik GmbH (Німеччина). Конструкція сушарки дозволяє використовувати її не тільки для зернових, але і олійних культур, при цьому сушарку не потрібно переобладнати.

Шахтна зерносушарка NDT має дуже низьке енергоспоживання до 0,89 кВт на кг/л випареної води і має високу енергоефективність.

Важливою якісною відмінністю такої сушарки зерна від мобільних зерносушарок є те, що просушене зерно виходить із сушарки вже охолодженим, тому відпадає потреба будувати охолоджувачі.



Рисунок 1.1 – Зерносушарка шахтного типу Neuge

Барабанні сушарки складаються з обертового циліндра, у якому зерно перемішується під дією сили обертання. Гаряче повітря подається паралельно або перпендикулярно до руху зернової маси.

Особливості застосування: підходять для обробки зернових культур з високою вологістю; використовуються на великих аграрних підприємствах.

Переваги: висока продуктивність (до 300 т/год); швидке сушіння; можливість обробки значно вологого зерна.

Недоліки: високі енергетичні витрати; збільшений ризик механічного пошкодження зерна через тертя; необхідність у частому обслуговуванні.

Рециркуляційні сушарки проходять кілька циклів обробки зерна. Частина гарячого повітря повторно використовується для зниження витрат енергії. Зерно рухається у замкнутій системі, що забезпечує рівномірне сушіння.

Особливості застосування: використовується у середніх та великих господарствах; підходять для зернових з середньою вологістю.

Переваги: зменшення витрат енергії на 20–30% завдяки повторному використанню гарячого повітря; екологічна ефективність; рівномірність обробки.

Недоліки: висока вартість обладнання, необхідність у ретельному технічному обслуговуванні.

Рисунок 1.3 Рециркуляційна сушарка серії GTR (1500, 2500) від компанії Riela

У порційній рециркуляційній сушарці серії GTR (1500, 2500) від компанії Riela (рис. 1.3) забезпечується постійний рух зерна в колоні, що дозволяє досягти необхідного рівня вологості. Робочий процес складається з кількох етапів: завантаження порції вологого зерна, процес сушіння, охолодження та подальше вивантаження.

Використання чутливих термостатів забезпечує автоматичне регулювання температури, що дозволяє уникнути перегріву зерна та гарантує стабільність процесу сушіння. Сушильна колона виготовлена з термостійкого сплаву, що забезпечує її надійність, а несучі конструкції мають оцинковане покриття, що запобігає корозії.

Гаряче повітря подається за допомогою вентилятора, який також виконує функцію видалення дрібних частинок через перфоровані отвори. Завдяки поворотному жолобу розвантаження зерна може здійснюватися в обидва боки, що підвищує зручність експлуатації. Сушарка повністю автоматизована, обладнана системами пожежозахисту та відповідає всім сучасним стандартам безпеки.

Модульні сушарки складаються з окремих модулів, які можна додавати чи замінювати залежно від потреб виробництва. Особливості застосування: підходять для невеликих і середніх господарств; використовуються в умовах обмеженого простору.

Переваги: гнучкість у використанні та можливість масштабування; легкість транспортування та встановлення; економічність на початкових етапах експлуатації.

Недоліки: обмежена продуктивність у базовій конфігурації; менша енергоефективність порівняно з рециркуляційними моделями.

Мобільні сушарки зазвичай мають компактні розміри та встановлені на шасі для транспортування. Вони працюють на основі гарячого повітря, що подається через спеціальну камеру. Особливості застосування: використовуються для обробки зерна у польових умовах або в невеликих господарствах.

Переваги: мобільність і простота у використанні; низька вартість установки; можливість оперативного сушіння в різних місцях.

Недоліки: низька продуктивність (до 15–30 т/год); залежність від зовнішніх джерел енергії; висока чутливість до погодних умов.

Мобільна зерносушарка Agrex (рис. 1.5) може працювати як від електродвигуна, так і від валу відбору потужності трактора, що робить її зручною у використанні та не потребує значних зусиль для встановлення й введення в експлуатацію. Завдяки продуманій конструкції, сушарка Agrex забезпечує стабільну роботу за будь-яких погодних умов, включаючи сушіння зерна з високим рівнем вологості.

Ретельно оптимізовані параметри вентилятора та теплогенератора забезпечують повний контроль процесу сушіння, що дозволяє досягати високої продуктивності при мінімальному споживанні енергії. Такий підхід дає аграріям змогу ефективно працювати, зменшуючи витрати та забезпечуючи якісну обробку зерна.

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

Хлібоприймальні підприємства приймають зерно з різним рівнем вологості, включаючи сире. Для довготривалого зберігання підходить лише сухе зерно з вологістю, що не перевищує 14,5–15,0%, оскільки тільки так можна уникнути його псування.

Основним заходом, який дозволяє зберігати свіжозібране сире та вологе зерно, є його сушіння. Це здійснюється на зерносушарках, де зерно доводиться до стійкого для зберігання стану. Цей стан визначається критичним рівнем вологості, який становить 14,5% для пшениці, жита та ячменю; 13,5% для вівса, рису, проса та кукурудзи; 15% для гороху та гречки.

Під час сушіння зерна його якісні характеристики (насінневі та продовольчі) залежать від кількох ключових факторів: температури нагрівання зерна, температури й швидкості руху сушильного агента, а також тривалості перебування зерна в нагрітому стані. Ці параметри необхідно підбирати таким чином, щоб забезпечити швидке сушіння з мінімальними витратами теплової енергії та повітря, водночас зберігаючи або навіть покращуючи якість зерна.

Більшість зерносушарок, що використовуються в господарствах, мають шахтну конструкцію, яка працює на принципі теплої вологообміну в щільному, нерухомому шарі зерна.

Однак останніми роками хлібоприймальні підприємства активно впроваджують сучасні методи сушіння. Зокрема, пневматичні та газоріциркуляційні зерносушарки стали популярними завдяки тому, що зерно в них нагрівається та висушується в висхідному потоці сушильного агента, що забезпечує ефективніший процес соробки.

### **2.1 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правила експлуатації**

У шахтних зерносушарках зерно можна сушити за одноступінчастим або двоступінчастим (диференційованим) режимом.

- Одноступінчастий режим передбачає подачу сушильного агента (суміші паливних газів з повітрям) в камеру нагріву одним потоком із постійною температурою.

- Двоступінчастий режим поділяє камеру нагріву на дві зони за висотою. У першу зону подається агент із дещо нижньою температурою, ніж у другій. Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність сушарки та створити більш сприятливі умови для процесу сушіння.

- Сучасні методи сушіння зерна сприяли створенню рециркуляційних зерносушарок, які забезпечують більш ефективний процес. Особливо популярними є пневмогазові та газові сушарки, що дозволяють одночасно обробляти зерно з різною початковою вологістю. На відміну від шахтних сушарок, рециркуляційні моделі характеризуються інтенсивним нагріванням зерна, збереженням його якості та меншою трудомісткістю процесу.

- Одним із прикладів таких зерносушарок є газова модель “Целинна-50” (рис. 1), яка має продуктивність до 50 тонн на годину.

Досвід використання газОВО-рециркуляційних зерносушарок виявив низку переваг:

1. Обробка різної вологості: Зерно з початковою вологістю в діапазоні 17–30% можна сушити одночасно до заданих умов без попереднього очищення.
2. Збільшення об’ємної маси. У процесі сушіння об’ємна маса зерна зростає.
3. Покращення якості: Збільшується вміст сирової клейковини приблизно на 1%.
4. Зменшення засміченості: Завдяки видаленню легких домішок у камері нагріву зерно стає чистішим.
5. Збереження насінневих властивостей: Сушіння не погіршує якісні показники насіння.

Рециркуляційні зерносушарки стають дедалі популярнішими завдяки своїй ефективності, гнучкості у роботі та зниженим витратам.

Пневмогазова рециркуляційна зерносушарка – цей тип зерносушарки функціонує за подібною схемою, але зерно транспортується знизу вгору через пневмогазову трубу, де воно нагрівається й частково висушується під впливом сушильного агента.

#### Зерносушарка типу РД

Зерносушарка РД-2 розроблена для обробки зерна з високою вологістю та значною засміченістю, наприклад, пшениці, вівса чи ячменю. Вона складається з двох незалежних секцій, що дозволяє одночасно сушити дві партії зерна. Конструкція сушарки модульна: окремі сталеві секції складають її основні вузли, такі як: камера нагріву; вентилятор камери нагріву; бункер для завантаження; система тепло-вологообміну; шахти для охолодження; осадочна камера з циклонами; топка та тепло-вентиляційна система.

#### Принцип роботи сушарки

Сушильний агент, суміш гарячого повітря й паливних газів, подається в камеру нагрівання через дифузор, розташований над теплообмінником. Температура агента на вході досягає 250–350°C, а на виході не перевищує 80°C. Відпрацьований агент видаляється через осадочну камеру, яка одночасно очищає його від легких домішок.

Осадочна камера має прямокутну конструкцію, що переходить у пірамідальну форму. У верхній частині встановлено відбивний щит, отвір для відведення агента, а також люк і драбину для обслуговування.

Тепло-вологообмінник вирівнює температуру зерна, нерозподіляє вологу між сирим і рециркулюючим зерном, забезпечуючи рівномірність обробки. Сухе, нагріте зерно передає тепло сирому зерну, тоді як сире – видає вологу.

#### Робочий процес

Сире зерно завантажується з бункера, а рециркулююче зерно – з охолоджувальної шахти до норії.

Обидва потоки змішуються та транспортуються до бункера над камерою нагріву. Зерно у вигляді "дощу" потрапляє до камери нагрівання, де обробляється зустрічним потоком агента сушіння. Після нагрівання зерно переміщається до тепло-вологообмінника, де завершується вирівнювання температури та вологості.

Для охолодження зерна вентилятор нагнітає повітря в розподільчу камеру, а відпрацьований агент виводиться через циклони. Завдяки такій технології зерносушарка забезпечує ефективне сушіння, рівномірний розподіл температури та вологості в зерновій масі, а також зберігає якість оброблюваного матеріалу.

У зерносушарці РД-2 автоматизовано такі операції:

- 1) Запуск сушарки: автоматична подача палива та запалювання факела.
- 2) Контроль наявності факела: за допомогою фотореле визначається його стан. У разі затухання факела автоматично зупиняється подача палива, і подається звуковий аварійний сигнал.
- 3) Моніторинг температури: контроль температури відпрацьованого агента сушіння (не більше  $+80^{\circ}\text{C}$ ).
- 4) Відключення подачі палива: автоматичне припинення подачі палива у випадках: відсутності подачі зерна; зниження тиску повітря у форсунці.
- 5) Контроль вологості: перевірка вологості зерна на виході. Якщо показники перевищують задані значення, зерно направляється на повторну сушку із супровідним звуковим та світловим сигналом.

Додаткові функції

Дистанційне керування: запуск і зупинка електродвигунів, а також світлова індикація стану вентиляторів, механізмів і датчиків рівня зерна в бункерах.

Система управління: інтеграція блокувань, сигналізацій і управління транспортними машинами відповідно до технологічної схеми сушіння.

Механізми безпеки: автоматичне припинення подачі палива в разі:

- зникнення факела;
- зниження рівня зерна в бункерах над камерою нагріву;
- падіння тиску повітря у форсунці.

Ці функції забезпечують ефективну роботу сушарки, збереження якості зерна та безпеку під час використання рідкого палива.

Зерносушарка А1-ДСП-50 призначена для сушіння насіння соняшника, кукурудзи, пшениці та інших зернових культур. Вона ефективно видаляє вологу та забезпечує очищення відпрацьованого агента сушіння і повітря від легких домішок.

#### Технічна характеристика

Показник	Значення
Продуктивність, (зниження вологи з 20% до 14%) при сушці пшениці об'ємною масою $760 \text{ кг/м}^3$ , при нормальних умовах (температура сточуючого середовища $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ , відносна вологість атмосферного повітря 60% при тиску 99,1 кПа), т/год, не більше	50
Встановлена потужність електродвигунів, кВт, не більше	25
Потреба в електроенергії за 1 годину, не більше	120
Доля витрат електроенергії, кВт. год/т.	2,4
Доля витрат умовного палива (при температурі нагоришнього середовища $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ ), кг/план. т, ( $\text{м}^3/\text{план. т}$ ) не більше	11,9
Напруга силової сітки, В	380
Маса, кг не більше (без транспортного обладнання)	37000
Основні параметри роботи:	
- витрата агента сушки, $\text{м}^3/\text{ч}$ , не менше	160
- температура агента сушки, $^\circ\text{C}$ , не більше	160
- повний строк служби, років	12

Зерносушарка складається з двох вертикальних сушильних шахт, теплообмінника та охолоджувальної камери, які об'єднані в єдину конструкцію з металевих секцій. До складу також входять випускні механізми та надсушильний бункер. Крім того, у комплекті з зерносушаркою А1-ДСП-50

входять: топка, шафа керування, вентилятори моделі В-Ц4-76-10Ж-02, вентилятор високого тиску АВД (для роботи на дизельному паливі), пальник Р92АМ-PR.S.UA.A.8.30 (для газового палива), заслінки ЗРЭ-300, перекидний клапан 5937.00.00.00, датчики рівня ДУСМ-03 та термоперетворювач опору ТСМ. За бажанням замовника зерносушарка може бути оснащена норіями моделей У2-УН-100 або У2-УН-175.

Обладнання та принцип роботи

Зерносушарка А1-ДСП-50 має рециркуляційний тип роботи з двома контурами рециркуляції. Вона відзначається високою уніфікацією з існуючою моделлю ДСП-32-ОТ-2 (78), тому основні деталі та вузли — такі як секції, випускні затвори, надсушильний бункер і опалювальне обладнання — є взаємозамінними та мають ідентичні габаритні та монтажні розміри.

Агентом сушіння є суміш топкових газів з атмосферним повітрям. Сушильні шахти працюють за принципом нагрівання агента, а охолоджувальні камери — на всмоктування.

Процес сушіння відбувається таким чином: сире зерно з оперативного бункера разом із сухим, нагрітим зерном із другої сушильної шахти подається до норії №1, а звідти потрапляє до надсушильного бункера першої шахти, який одночасно виконує функції теплообмінника. З бункера зерно подається у першу сушильну шахту. Потім зерно переходить у тепло-масообмінник і через випускний механізм за допомогою норії №2 подається у надсушильний бункер другої шахти, після чого надходить до сушильної зони другої шахти.

Якщо бункер заповнений, надлишок зерна через перекидний клапан повертається в першу шахту для рециркуляції. Коли друга шахта звільняється від порції зерна, така сама кількість зерна направляє на досушування. Після проходження другої шахти зерно проходить через нагрівальні та охолоджувальні камери і потрапляє у випускний механізм, а потім — у норію сухого зерна.

Обсяг зерна, що виходить із сушарки має дорівнювати обсягу зерна, яке надходить до неї (через норію №1). Цього досягають шляхом налаштування заслінки бункера. Якщо вологість зерна на виході перевищує встановлену норму

(контроль здійснюється вологоміром), недосушене зерно автоматично повертається на додаткове сушіння. Режим роботи випускного механізму другої шахти регулюється залежно від показників вологості зерна на виході.

Агент сушіння, який надходить з топки та паралельно з охолоджувальної шахти, забивається вентиляторами, змішується і через дифузор подається в напірну камеру сушильних шахт. Далі агент проходить крізь щільний шар зерна і викидається в атмосферу. Для регулювання обсягу повітря, що спрямовується на охолодження агента сушіння, використовуються дросельні заслінки.

Зерносушильні шахти є основним елементом зерносушарки і складаються з металевих секцій. Внутрішні розміри кожної секції становлять 3200 x 985 мм, висота – 1650 мм. У бічних стінках шахт розташовані гнізда для коробів: один із них служить для подачі агента сушіння до зернової маси – це підвідний короб, інший – для відведення агента сушіння – відвідний короб. Короба виготовляються з листової сталі товщиною 1,5 мм.

Процес сушіння відбувається так: суміш теплових газів і повітря, що відсмоктується вентиляторами з охолоджувальних зон, змішується і направляється в сушильні зони. Ці зони обслуговуються вентиляторами В-Ц4-76 №10-Ж-02.

Охолоджувальна шахта призначена для охолодження зерна та часткового видалення вологи і складається з трьох секцій. Її конструкція, обладнання та габарити схожі на сушильні секції. Зерно охолоджується атмосферним повітрям, яке подається вентиляторами. Перед змішуванням із тепловими газами відпрацьоване повітря проходить часткову очистку в жалюзійній осадочній камері.

Сушильні та охолоджувальні шахти встановлюються на спеціальні основи, що спираються на фундаменти. Під шахтами розміщені випускні механізми, які відповідають за вивантаження зерна.

Для ремонту та обслуговування персоналом у торцевих стінках розподільчих камер передбачені люки розміром 700 x 1000 мм. Також для обслуговування сушильних і охолоджувальних шахт та завантажувальних

пристроїв встановлена вертикальна металева драбина з огороженнями та платформами для доступу до розподільчих і осадочних камер зерносушарки.

Опалювальне обладнання розташоване поруч із зерносушаркою в спеціальному цегляному або металевому приміщенні.

Обладнання для роботи на газі включає блоковий пальник СІВ-UNIGAZ Р93А М-PR.S.ІА.А.8.80, систему управління, датчики, індикаторні прилади, трансформатор підпалювання, фотодатчик, форкамеру та іскрогасник.

Обладнання для роботи на дизельному паливі містить форсунку Ф-1, форкамеру, вентилятор АВД, паливопровід, а також прилади для регулювання і контролю процесу горіння і іскрогасник.

В опалювальному приміщенні додатково встановлені спеціальні канали для забору атмосферного повітря. Повітря, змішуючись із продуктами горіння, утворює газоповітряну суміш з температурою 250-300 °С, яка далі змішується з відпрацьованим повітрям охолоджувальної шахти, формуючи агент сушіння.

Подачу агента сушіння забезпечують відцентрові вентилятори В-Ц4-76 №10-Ж-02 з потужністю 45 кВт та продуктивністю 70 000 м<sup>3</sup>/год. Ці ж вентилятори відсмоктують повітря з охолоджувальної зони, яке потім змішується з топковими газами і надходить у напірно-розподільчу камеру сушильних зон.

Для подачі повітря до форсунки Ф-1 використовується вентилятор високого тиску АВД.

Дифузори мають заводське теплоізоляційне покриття, яке виконує функцію теплоізоляції.

Випускне обладнання призначене для вивантаження зерна зі сушильних шахт. Випускний механізм періодичної дії має 16 отворів і складається з двох рам, розміщених одна над одною з регульованим зазором 3-5 мм. Верхня рама фіксована, а нижня рухома в горизонтальному напрямку вперед і назад.

У нижній рамі розташовані шибери, які перекривають отвори верхньої рами. При відкритті затвора щілини між шиберами збігаються зі щілинами верхньої рами, дозволяючи зерну проходити.

Конструкція затвора забезпечує рівномірний відбір зерна по всьому перерізу шахти. Відкриття і закриття затвора здійснюється електроприводом, який працює періодично за допомогою реле часу.

При кожному відкритті затвор випускає від 100 до 300 кг зерна. Продуктивність механізму регулюється реле часу ВЛ-68.

Конструкція сушарки GS1 призначена для середніх і великих сільськогосподарських підприємств і має продуктивність понад 250 тонн зерна на годину.

Принцип роботи:

Зерно подається зверху через приймальний отвір у кришці сушарки. Під дією сили тяжіння воно рухається вниз по зернових колодах шириною 300 мм. У верхній частині зерно нагрівається гарячим повітрям, яке утворюється в результаті згоряння палива у пальнику та нагнітається одним або кількома вентиляторами під тиском через зернові колоди.

Під час проходження через гарячу зону зерно нагрівається та втрачає вологу. У зоні перемішування зерно зовнішніх шарів обмінюється місцями з зерном внутрішніх шарів, що забезпечує рівномірне нагрівання всієї маси. Таким чином відбувається процес сушіння.

Після гарячої зони зерно потрапляє в охолоджувальну зону, відокремлену спеціальними розподільчими мембранами. Холодне повітря, яке надходить у сушарку, проходить через шар теплої зерна і охолоджує його, при цьому повітря нагрівається, що підвищує економічність споживання палива порівняно з традиційними сушарками.

Вивантаження зерна здійснюється через дозуючо-розвантажувальний пристрій барабанного типу.

Процес сушіння контролюється електронним блоком управління, який регулює швидкість руху зерна та температуру внутрішнього повітря. Блок постійно отримує інформацію від датчиків вологості на вході та виході, температури повітря всередині та зовні, рівня зерна в колодах а також температури холодного і гарячого зерна.

На основі цих даних система видає команди для керування завантажувальними та розвантажувальними пристроями, газовою автоматикою та датчиком.

#### Технічна характеристика сушарки GSY

Показник	Значення
Потужність, т/год.	50 – 254
Діаметр, м	3,66 - 9,14
Встановлена потужність, кВт	45 – 375
Об'єм гарячої зони, м <sup>3</sup>	21,5 - 212,5
Об'єм холодної зони, м <sup>3</sup>	7,7 - 85,1
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	135 – 972
Максимальна теплова потужність, МВт	11,7 - 101,7
Зниження вологості, %	35 - 15
Відносна вологість, %	75
Максимальне споживання газу, м <sup>3</sup> /год.	326 - 2822

Зерносушарка Cimbria – ця шахтна зерносушарка прямоточна безперервної дії, призначена для обробки зернових культур із вологістю до 35%. Використання для продуктів із більшою вологістю не рекомендоване через ризик технічних несправностей, таких як засмічення повітропроводів або конденсація вологи в каналах. Температурний режим підбирається з урахуванням типу зерна, щоб ефективно видалити вологу та зберегти його якість.

Конструкція: Сушарка виготовлена з оцинкованого металу, розрахованого на важкі експлуатаційні умови. Її основа – профільований металевий каркас, на якому закріплені шахти. Сушарка складається із зон сушіння та охолодження.

- Секції сушіння: У зоні сушіння розташовано 34 секції, об'єднані болтовими з'єднаннями з ущільненнями. Над секціями встановлено надсушильний бункер із розподільчим механізмом.

- Секції охолодження: У зоні охолодження знаходяться 6 секцій, які підключені до окремого вентилятора та повітропроводу. Охолодження здійснюється атмосферним повітрям, що надходить через жалюзі.

- Розвантаження: Під охолоджувальною зоною розташовано бункер для сухого зерна та розвантажувальний пристрій.

Принцип роботи: У топці, розташованій поруч із сушаркою, спалюється газоподібне паливо. Отримані топкові гази вентилятором спрямовуються через калорифер, де віддають тепло внутрішнім трубкам із повітрям, яке вже використовувалось у сушарці.

Нагріте повітря подається по окремих повітропроводах до кожного набору сушильних секцій. Вологе зерно надходить зверху через розподільчі секції, рухається вниз по колоні, проходячи між коробами-пластинами, які змінюють його напрямок для рівномірного нагріву.

Вентилятори створюють розрідження, що змушує гаряче повітря проходити через шар зерна. У процесі контакту з зерном повітря забирає виділену вологу.

Охолодження: Після проходження гарячої зони зерно потрапляє в охолоджувальну зону, де атмосферне повітря, проходячи через шар зерна, охолоджує його. Ця конструкція забезпечує ефективну роботу сушарки та мінімізує втрати енергії.

Відпрацьоване повітря (сушільний агент) після вентилятора під тиском через повітропрвід повертається до калорифера для повторного нагрівання. Завдяки цьому в зерносушарці забезпечується рециркуляція повітря, що значно знижує витрати палива.

Час перебування зерна в сушильній та охолоджувальній зонах контролюється за допомогою впускного пристрою. Його конструкція передбачає наявність 3, 5 або 8 бункерів, залежно від продуктивності сушарки. Бункери розділені на дві групи, які завантажуються та розвантажуються по чергово, що сприяє перемішуванню зерна.

Кожен бункер обладнаний секторним клапаном, який відкривається для випуску зерна до 25 кг за один цикл. Частота відкривання клапанів регулюється панелью управління та має три позиції налаштування, що дозволяють здійснювати до 24 циклів на хвилину.

Секторний клапан приводиться в дію натяжним механізмом, який працює від електродвигуна потужністю 0,75 кВт. Випущене зерно потрапляє на відповідний гвинтовий конвеєр.

Кожна секція цих зон обладнана двома рядами коробів із похилими пластинами, по вісім у кожному рядові. Обсяг сушильного агента, що проходить через зернозій шар, регулюється жалюзійними заслінками, вмонтованими у вентилятор.

Для зручності обслуговування сушарка оснащена драбинами та майданчиками. Її каркас встановлено на чотирьох опорах, що забезпечує стабільність і надійність конструкції.

#### Технічна характеристика

Показник	Значення
Продуктивність, т/год	50-250
Зниження вологості, %	18-14
Температура сушіння, °С	62
Температура охолодження, °С	20
Відносна вологість, %	75
Кількість секцій, шт	
зона сушіння	34
зона охолодження	6
Установлена потужність, кВт	107
Потужність електродвигунів вентиляторів, кВт	75
Швидкість руху зерна в шахті, м/с	0,03
Питомі витрати тепла, кДж/кг	1,72
Питомі витрати сушильного агента, кг/кг	28,9
Питомі витрати повітря, кг/кг	200
Загальні витрати тепла, кДж/год	1124488
Загальні витрати повітря, м <sup>3</sup> /год	40200
Загальні витрати сушильного агента, м <sup>3</sup> /год	55740

Запроектована зерносушарка

Представлена зерносушарка розрахована на сушіння насіння пшениці, соняшника, кукурудзи та інших зернових культур. Вона забезпечує ефективне видалення вологи та очищення відпрацьованого сушильного агента і повітря від легких домішок.

Продуктивність сушарки при зменшенні вологості пшениці з 20% до 14% (за об'ємної маси 750–760 кг/м<sup>3</sup>, температури навколишнього середовища +20°C і атмосферного тиску 99,1 кПа) становить щонайменше 75 т/год.

Детальні показники продуктивності сушарки при сушінні зерна кукурудзи та соняшника наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Зернова культура	Вологість до сушіння, %	Вологість після сушіння, %	Продуктивність, т/год не менше
зерно	20	14	25
	25	14	16
	30	14	12
кукурудза	20	14	16
	25	14	10
	30	14	8
соняшник	12	7	12
	15	7	11
	20	7	8

Зерносушарка складається з двох вертикальних шахт: теплообмінника, та охолоджувальної камери, об'єднаних у єдину конструкцію з металевих секцій. Також до складу входять випускні механізми, надсушильний бункер, вентиляційне обладнання, теплогенератор, шафа керування та система очищення відпрацьованого сушильного агента.

Принцип роботи зерносушарки. Ця зерносушарка належить до рециркуляційних типів і використовує суміш топкових газів із атмосферним повітрям як сушильний агент. У сушильних секціях агент нагнітається до зерна, а в охолоджувальних зонах повітря всмоктується.

Вологе зерно з оперативного бункера та сухе зерно з другої шахти знаходять до завантажувальної норії, яка спрямовує його до надсушильного бункера шахти №1. Там зерно рівномірно розподіляється розподільчим шнеком і далі переміщується гвинтовим конвеєром на рециркуляційну норію, що подає його до надсушильного бункера шахти №2. У другій шахті зерно проходить сушильну зону та потрапляє в охолоджувальну секцію. Звідти через випускний механізм воно вивантажується гвинтовим конвеєром.

Сушильний агент, створений у теплогенераторі, подається вентилятором через дифузор до сушильної зони. Режим роботи випускного механізму другої шахти регулюється залежно від вологості зерна на виході.

Шахти зерносушарки. Шахти є основними компонентами сушарки та складаються з металевих секцій розміром 3600 × 946 × 1000 мм (довжина × ширина × висота). У бокових стінках секцій є гнізда для коробів: підвідних (подача агента сушки) та відвідних (відведення відпрацьованого агента). Короба виготовляються з листової сталі товщиною 2 мм.

Процес сушіння. Перший вентилятор забирає повітря з атмосфери, другий – із зони охолодження. Це повітря надходить у теплогенератор, де змішується з тепловими газами. Нагрітий агент під тиском подається до сушильних секцій, забезпечуючи ефективне висушування зерна.

Охолоджувальні секції та їх конструкція. Охолоджувальні секції забезпечують охолодження зерна та часткове зменшення його вологості. Вони складаються з чотирьох секцій, конструкція та розміри яких аналогічні сушильним, за винятком іншого розташування коробів.

Шахти закріплюються на стійках, що опираються на фундамент. Для відбору зерна на рециркуляцію з другої зони сушіння гвинтовий конвеєр оснащений шиберною заслінкою. Ступінь її відкриття регулює кількість зерна, що повертається в рециркуляційний цикл.

Сервісні можливості. Для зручності ремонтних і монтажних робіт передбачено оглядові секції, люки у каркасі надсушильного бункера, а також сервісні отвори на бокових стінках осадочних камер. Додатково встановлено

вертикальну металеву дробину з огороженими платформами для обслуговування.

Теплогенератор та його безпека. Теплогенератор працює на газовому паливі, оснащений блочним пальником, змішувальною камерою згорання, та блоком управління пальником.

Система автоматизації забезпечує безпеку роботи теплогенератора, автоматично припиняючи подачу палива у таких випадках:

- Загасання пальника.
- Зниження тиску повітря для горіння або сушильного агента нижче допустимого рівня.
- Відхилення тиску газу на виході в топку поза встановленими межами.
- Вихід з ладу вентилятора.
- Несправності в роботі термодатчиків.
- Втрата напруги у системі електроживлення.
- Відхилення параметрів сушильного агента від заданих норм.

Подача агента сушіння. Радіальні вентилятори забезпечують подачу агента сушіння. Один із вентиляторів виконує всмоктування повітря із зони охолодження, яке потім змішується з топковими газами та спрямовується до напірно розподільчої камери сушильних зсб. Вентилятор встановлений на фундаменті поруч із теплогенератором.

Випускний пристрій. Випускний пристрій періодичної дії має 14 отворів розміром 71×950 мм. Його конструкція складається з двох рам, одна з яких нерухома (верхня), а інша (нижня) рухома, з регульованим зазором між ними 3–5 мм.

У нижній рамі розташовані шибери, що перекривають отвори верхньої рами. Зерно вивантажується, коли механізм відкритий, і щілини між шиберами нижньої рами збігаються з отворами верхньої рами.

Відкривання механізму здійснюється електроприводом, який вмикається періодично через контакти реле часу. Закривання виконується за допомогою важеля, з'єднаного з ексцентриком на вихідному валу. Повернення механізму у

початкове положення забезпечується рухомою рамою. Конструкція випускного механізму гарантує рівномірне вивантаження зерна по всьому перерізу шахти.

Регулювання продуктивності. Швидкість роботи випускного механізму регулюється шляхом налаштування частоти відкриття за допомогою реле часу.

Обслуговування зерносушарки. Персонал, що працює з зерносушаркою, повинен добре розуміти будову обладнання, функціонування його компонентів, правила управління, технологію сушіння, а також суворо дотримуватися правил експлуатації.

Зерносушарка обслуговується одним оператором (змінним майстром), який зобов'язаний вести щоденник роботи сушарки за зміну.

Правила експлуатації зерносушарки

1. Підготовка до роботи:

• Перед введенням зерносушарки в експлуатацію необхідно провести її тестування на холостому ході протягом трьох годин безперервної роботи. Під час обкатки перевіряють:

- Нагрів підшипників і електродвигунів.
- Відсутність сторонніх шумів.
- Правильність з'єднання електричних ланцюгів.
- Справність і напрямок обертання роторів вентиляторів.

• Перед запуском зерносушарки необхідно:

- Заповнити оперативний бункер сирим зерном.
- Увімкнути транспортні механізми.
- Відкрити заслінки перед норіями.
- Заповнити шахти зерном.
- Активувати випускні механізми та налаштувати кількість зерна, що

вивантажується.

- Запустити вентилятори.
- Увімкнути топку.

2. Експлуатація під час роботи:

- Першу партію зерна слід сушити з поверненням на досушування, для чого перекидний клапан потрібно встановити в положення повернення зерна до оперативного бункера.

- Максимальна температура агента сушіння не повинна перевищувати 160 °С.

- Результати вимірювання температури зерна заносяться до робочого журналу:

- Під час налаштування сушарки – кожні 30 хвилин.

- У встановленому режимі – кожні 2 години

- При зміні культури, яка мілється сушінню, необхідно провести очищення сушарки.

3. Завершення роботи:

- Очистити фотоелемент системи контролю полум'я та електроди запалювання від пилу та бруду.

- Перевірити та змастити всі механізми відповідно до схеми й таблиці змащування.

- Провести технічне обслуговування вентиляторів, норій, заслінок, перекидного клапана та топкового обладнання відповідно до документації.

- Виконати ремонт системи автоматизації та приладів, якщо це необхідно.

- Після завершення сезону заготовки слід зняти контрольно-вимірвальні прилади для зберігання в опалювальному приміщенні зоб'язавшись забезпечити підтримку температури не нижче +5 °С у передтопочному приміщенні, щоб зберегти їх працездатність.

## **2.2 Ремонт і монтаж обладнання**

Планово-попереджувальний ремонт (ППР)

Для забезпечення стабільної роботи обладнання, уникнення простоїв через несправності, зменшення ризику передчасного зносу, аварій та поломок, а також для підвищення ефективності ремонтних робіт їх якості та зниження

витрат на обслуговування, застосовується система планово-попереджувального ремонту (ППР). Ця система передбачає проведення комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на контроль, технічне обслуговування та ремонт обладнання.

Основні елементи ППР включають:

- Поточні спостереження.
- Періодичне технічне обслуговування.
- Поточні та капітальні ремонти.

#### 1. Поточний нагляд

Поточний нагляд здійснюється обслуговуючим персоналом без перерв у роботі обладнання або під час коротких зупинок зерносушарки. Виконуються такі операції:

- Очищення або промивання обладнання від забруднень.
- Перевірка стану кожухів і огорож рухомих механізмів.
- Контроль та регулювання ущільнень, маслоспроводів і змащувальних пристроїв.
- Огляд стану приводів муфт, гнучких передач і фіксованих з'єднань.
- Усунення дрібних дефектів, виявлених під час роботи.

#### 2. Технічне обслуговування

Після зупинки зерносушарки технічне обслуговування виконується ремонтною бригадою підприємства спільно з обслуговуючим персоналом. У процесі виконуються такі роботи:

- Очищення або промивання обладнання.
- Перевірка функціонування механізмів керування та контрольно-вимірювальної апаратури.
- Огляд стану деталей і вузлів, що швидко зношуються, шляхом відкриття кришок і люків.
- Інспекція та очищення поверхонь, до труться, видалення задирок і дефектів.
- Регулювання болтових з'єднань та стрічок за необхідності.

- Перевірка систем змащування, їх стану та наповнення.
- Налаштування підшипників, муфт, передач, клапанів тощо.
- Ремонт та перевірка захисних огорожувальних пристроїв.

Визначення деталей, що потребують заміни під час поточного ремонту.

- Підготовка попереднього переліку дефектів для виготовлення або заміни деталей.

Технічне обслуговування та ремонт зерносушарок

Обслуговування дуетів ДАУ і систем автоматизації топок зерносушарок здійснюється спеціалізованими організаціями.

Технічне обслуговування. Під час активного періоду заготівлі технічне обслуговування зерносушарок виконується кожні 10 днів, а для транспортувального обладнання – раз на два тижні. У міжсезоння обслуговування проводиться з частотою раз на 4–5 місяців.

Поточний ремонт. Виконується ремонтною бригадою разом із обслуговувальним персоналом. Він включає всі операції технічного обслуговування, а також:

- Часткову розбірку обладнання та обробку деталей, які мають найбільший знос.
- Очищення й промивання розібраних вузлів та агрегатів.
- Заміна зношених компонентів: пальців, роликів, ковшів та інших деталей, що швидко зношуються.
- Регулювання або заміна спрацьованих підшипників, вірочок, ланцюгів та ущільнюючих пристроїв.
- Ремонт приводних механізмів машин та обладнання.

Капітальний ремонт. Капітальний ремонт виконується ремонтною бригадою, а складне обладнання ремонтується спеціалізованими організаціями.

Передбачено:

- Повна розбірка всіх вузлів і агрегатів.

- Ремонт або заміна зношених елементів, таких як шестерні, осі, вали, теплообмінні поверхні, повітря- і газопроводи, футеровка, обмурівка топки, теплоізоляція та окремі агрегати.

Вивірка, балансування та налаштування вузлів і агрегатів.

- Повторне складання та фарбування обладнання.

Рекомендації щодо періодичності ремонтів. Для зерносушарок (включаючи топки, дентилятори, завантажувальні та випускні пристрої), норій і конвеєрів (стаціонарних і пересувних, ланцюгових, гвинтових) поточний ремонт рекомендується проводити щороку, а капітальний — раз на два роки.

Запасні частини. При плануванні переліку необхідних запасних частин враховують номенклатуру запасних елементів для технологічного обладнання елеваторів, млинів, круп'яних і комбікормових заводів.

### **Ремонт шахт і бункерів**

Найбільший знос у зерносушарках припадає на стіни шахт бункерів і короби. Перед початком ремонту шахти й бункери ретельно очищають від пилу, бруду та іржі. У разі значного обсягу ремонтних робіт усі короби вилучають, перевіряючи їхній стан і стан стінок шахт.

Основною причиною зносу коробів є корозія, яка зменшує товщину їхніх стінок і призводить до утворення отворів. Особливо сильно корозії піддаються верхні відвідні короби, які контактують із сухим, вологим зерном і відпрацьованим агентом сушіння з високою вологістю.

У разі зношення залізобетонних шахт і бункерів на внутрішній поверхні стін утворюються щілини та шорсткості, що заважають нормальному руху зернового потоку. Такі дефекти усувають шляхом заповнення цементним розчином або бетоном відповідної марки.

Для ремонту металевих стін шахт і бункерів використовують латки, які накладають так, щоб вони не перешкоджали руху зерна.

### **Ремонт випускних пристроїв**

У випускних пристроях періодичної дії типу ВТІ найбільш схильні до зношення:

- розсікачі, закріплені на верхній рамі,
- планки нижньої рами,
- підвіски,
- тяги,
- опорні сухарі,
- пружини нижньої рами.

Зношені розсікачі вирубують зубилом, а на їхнє місце встановлюють нові, виготовлені зі сталі товщиною 2 мм. Викривлені планки виправляють або замінюють, якщо вони сильно зношені. У разі потреби проводять заміну тяг, сухарів і пружин.

Під час ремонту регулюють взаємне розташування нижньої та верхньої рам випускного пристрою. Особливу увагу приділяють:

- забезпеченню паралельності кресок і планок рухомої рами щодо розсікачів нерухомої рами.

- горизонтальності нижньої рами,
- необхідного зазору, який встановлюють шляхом регулювання висоти тяг.

Для забезпечення співвісності верхніх і нижніх випускних отворів тяги регулюють вздовж стінок камер. Важливо, щоб розсікачі нерухомої рами перекривали отвори рухомої рами на 22 мм з кожного боку, а зазор між рамами становив 5–6 мм.

Після завершення регулювання перевіряють роботу затвору на холостому ходу, встановлюють колінчастий важіль, який з'єднує затвор із тягою виконавчого механізму, і проводять спільне тестування.

**Ремонт випускних пристроїв безперервної дії.** В ремонті випускних пристроїв безперервної дії основну увагу приділяють ексцентриковому механізму, який складається із зубчастої муфти, вала, ексцентрика та шатуна. У випадку безпривідних випускних пристроїв зношені розсікачі і регулювальні клапани замінюють новими деталями.

**Ремонт топок.** Для топок, що працюють на рідкому паливі, замінюють пошкоджені або вигорілі частини кожуха, екрана та футеровки. Також проводять

огляд і ремонт форсунок, паливних та повітряних трубопроводів, вентилів і інших елементів паливної апаратури.

**Ремонт вентиляторів і повітропроводів.** Вентилятори зерносушарок ремонтують аналогічно до звичайних вентиляторів. Частота обертання ротора має відповідати типу вентилятора та умовам його роботи. Під час ремонту повітропроводів усувають вм'ятини, деформації, несправності фланців і їхніх з'єднань. Після складання перевіряють герметичність, виключаючи підсмоктування зовнішнього повітря або витік агента сушіння у нагнітаючих ділянках. За потреби ремонтують підвісні й кріпильні елементи.

**Консервація обладнання.** Через сезонний характер роботи хлібоприймальних підприємств зерносушарки після завершення експлуатації та проведення технічного обслуговування, поточного або капітального ремонту ставлять на тимчасову консервацію до наступного сезону заготівель. Для консервації рекомендують використовувати такі мастильні матеріали:

• Пластичні вуглеводневі мастила: пушкове, ПВК, ПП-95/5, ГОН-54п, ЦАТИМ-205;

- Рідкі (сколошарові) мастила: К-15, К-17, К-19, НГ-203;
- Антифрикційні: ЦАТИМ-201, ЦАТИМ-202, АМС-3, НП-220, НП-222;

• Оливи для приладів

Пушкове мастило відзначається найкращими захисними властивостями для металевих поверхонь — воно має високу пластичність, низьке випаровування і стійкість до хімічних впливів. Мастило ПП-95/5 застосовують для консервації внутрішніх і зовнішніх поверхонь обладнання, але не рекомендують для точних механізмів. Мастило ГОН-54п відрізняється високою вологостійкістю і захисною стабільністю.

ЦАТИМ-205 стійке до агресивних середовищ і застосовується в оптико-механічних приладах. Рідке консерваційне мастило НГ призначене для захисту деталей і механізмів із чорних металів, а також мідних, бронзових, латунних, цинкових сплавів, нікелювання, кадрування і хромуваних сталевих поверхонь.

Воно виготовляється у трьох марках — А, Б і В — залежно від вмісту інгібітору корозії та в'язкості

- НГ-203А використовують переважно для тимчасового захисту зовнішніх поверхонь;

- НГ-203Б і НГ-203В — для внутрішніх поверхонь обладнання.

Масило ДІАТИМ-201 рекомендують як антифрикційне консерваційне для механізмів, що працюють з невеликими зусиллями зсуву, зокрема для систем угразління, приладів, підшипників із частотою до 3000 об/хв і температурою не вище 100 °С (короткочасно — до 120 °С). Воно має високу хімічну, колоїдну і механічну стабільність і відмінні експлуатаційні властивості.

Перед консервацією поверхні обладнання, особливо в місцях прояву корозії, обробляють антикорозійними засобами. Спочатку затемнені ділянки внутрішніх і зовнішніх поверхонь протирають сухим вапном, очищають корозійні плями наждачним папером. Потім поверхні промивають уайт-спіритом, витирають тканиною, змоченою у 44% розчині нітриту натрію, витримують у розчині до повного видалення корозійних продуктів, після чого промивають холодною водою та 3–5% розчином кальцинованої соди і наносять захисний шар мастила.

### РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

#### 3.1 Тепловий розрахунок

Дані для розрахунку: маса зерна  $G_1 = 75$  т; продукт – ячмінь; питома вага  $\rho = 0,68$  т/м<sup>3</sup>; початкова вологість  $B_{п1} = 18$  %; кінцева вологість  $B_{к1} = 14$  %; відносна вологість повітря  $\varphi = 75$  %; температура охолодженого зерна  $T_o = 20$  °С; температура сушіння  $T' = 62$  °С.

Розраховуємо зниження вологості зерна під час сушіння, %

$$B = B_{п1} - B_{к1} \quad (3.1)$$

$$B = 18 - 14 = 4$$

Для розрахунку приймаємо зниження вологості по зонам  $\gamma$  %.

Зона сушіння

$$B_{п1} = 18; \quad B_{к1} = 14,4 \quad (3.2)$$

Зона охолодження  $B_{п2} = 14,4; \quad B_{к2} = 14,0$

Розраховуємо кількість випаруваної вологи по зонам сушарки і масу зерна в кінці кожної зони, в кг

Зона сушіння

$$W_1 = G_1 \cdot \frac{B_{к1} - B_{п1}}{100 - B_{п1}} \quad (3.3)$$

де  $W_1$  – кількість вологи випареної в зоні сушіння, кг;

$G_1$  – початкова кількість зерна кг;

$G_2$  – маса зерна в кінці зони сушіння, кг;

$$W_1 = 75000 \cdot \frac{18 - 14,4}{100 - 14,4} = 3154,2$$
$$G_2 = G_1 - W_1 \quad (3.4)$$

$$G_2 = 75000 - 3154,2 = 71845,8$$

Зона охолодження

$$W_2 = G_2 \cdot \frac{B_{п2} - B_{к2}}{100 - B_{к2}} \quad (3.5)$$

де  $W_2$  – кількість води, випареної під час охолодження, кг;

$B_{n1}$ ;  $B_{k2}$  – вологість зерна, відповідно на початку і в кінці зони, %

$$W_2 = 47907 \cdot \frac{14,4 - 14}{100 - 14} = 334,2 \text{ кг}$$

$$G_3 = G_2 - W_2 \quad (3.6)$$

$$G_3 = 71845,8 - 334,2 = 71511,6$$

Загальна кількість води, випареної під час сушіння, становить, кг

$$W = W_1 + W_2 \quad (3.7)$$

$$W = 3154,2 + 334,2 = 3488,4$$

Розраховуємо допустиму температуру теплоносія для сушарки, град

Розраховуємо об'єм сушильної зони в  $m^3$

$$V_{с.з} = a b h \quad (3.8)$$

де  $a$  – довжина зони, 3,280 м;

$b$  – ширина зони, 1,874 м;

$h$  – висота зони, 20,280 м.

$$V_{с.з} = 3,28 \cdot 1,87 \cdot 20,28 = 122,4$$

Розраховуємо об'єм зони охолодження в  $m^3$

$$V_{з.о} = a b h_1 \quad (3.9)$$

де  $h_1$  – висота зони охолодження, 3,74 м

$$V_{з.о} = 3,28 \cdot 1,87 \cdot 3,74 = 22,6$$

Розраховуємо масу зерна в зонах сушіння, т

$$G_{з.с} = V_{з.с} \gamma \quad (3.10)$$

де  $\gamma$  – насипна маса зерна,  $t/m^3$

$$G_{з.с} = 122,4 \cdot 0,68 = 83,2$$

Розраховуємо масу зерна в зоні охолодження, т

$$G_{з.о} = V_{з.о} \gamma \quad (3.11)$$

$$G_{з.о} = 22,6 \cdot 0,68 = 15,4$$

Розраховуємо час знаходження зерна в зоні сушіння, хв.

$$\tau_{з.с} = \frac{V_{з.с}}{G_2} \cdot 60 \quad (3.12)$$

де  $V_{з.с}$  – об'єм зони сушіння,  $m^3$ ;

$G_2$  – маса зерна в зоні сушіння, т

$$\tau_{з.с} = \frac{122,3}{83,2} \cdot 60$$

$$= 88,3$$

Розраховуємо час знаходження зерна в зоні охолодження, хв.

$$\tau_{з.о} = \frac{V_{з.о}}{G_3} \cdot 60 \quad (3.13)$$

де  $V_{з.о}$  – об'єм зони охолодження, м<sup>3</sup>;

$G_3$  – маса зерна в зоні охолодження, т

$$\tau_{з.с} = \frac{22,6}{83,2} \cdot 60$$

Розраховуємо середню швидкість руху зерна в шахтах, м/с

$$V_{с.з} = \frac{h}{\tau_{з.с} \cdot 60} \quad (3.14)$$

де  $h$  – висота зони сушіння, м;

$\tau_{з.с}$  – час знаходження зерна в зоні, хв.

$$V_{с.з} = \frac{20,28}{83,2 \cdot 60} = 0,003 = 0,3 \text{ см/с}$$

$$V_{о.з} = \frac{h_1}{\tau_{з.о} \cdot 60} \quad (3.15)$$

$$V_{о.з} = \frac{3,74}{88,3 \cdot 60} = 0,0006$$

Розраховуємо швидкість сушильного агента при вході в шар зерна, м/с

$$V_{нов} = \frac{F_{кор} \cdot V_{вих}}{F_{жал}} \quad (3.16)$$

де  $F_{кор}$  – площа перетину короба на вході, м<sup>2</sup>;

$V_{вих}$  – швидкість руху теплоносія на виході, приймаємо 5,5 м/с;

$F_{жал}$  – площа жалюзі, 0,11 м<sup>2</sup>

$$V_{нов} = \frac{0,02925 \cdot 5,5}{0,11} = 5,45$$

Розраховуємо швидкість сушильного агента в граничному шарві зерна, в м/с. Приймаємо швидкість фільтрації  $V_{фил} = 0,4$  м/с. Тоді

$$V_{ср}^{пог} = \frac{5,45 + 0,4}{2} = 2,92$$

При даному значенні  $V_{\text{ср}}^{\text{пог}}$  для шару зерна товщиною 100 мм коефіцієнт теплопередачі дорівнює  $\alpha_d = 75,4 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$  [2 ст.47]

Розраховуємо середню різницю температур теплоносія і зерна, град

$$\Delta T_2 = \frac{\Delta T' - \Delta T''}{\ln \frac{\Delta T'}{\Delta T''}} \quad (3.17)$$

Приймаємо  $\Delta T''$  рівним 10 град. Максимальний час контакту зерна з теплоносієм  $\tau_n = 2,2 \text{ с}$ .

Тоді  $\Delta T_2 = 55 \text{ град}$  (при  $\tau_n = 2,2 \text{ с}$  і  $\alpha_d = 75,4 \text{ Вт/м}^2 \text{ град}$ ) по [2 ст.47]

Звідки у формулі 3.17 маємо

$$55 = \frac{\Delta T' - 10}{\ln \frac{\Delta T'}{10}}$$

Знаходимо  $T' = 62 \text{ град}$

$$T_3^{\text{доп}} = \frac{2350}{0,37(100 - B_{n1}) + B_{n1}} + 20 - 10 \lg \tau_{3,c} \quad (3.18)$$

$$T_3 = \frac{2350}{(0,37(100 - 18) + 18)} + 20 - 10 \lg 8,3 = 87$$

З врахуванням можливого нерівномірного нагрівання зерна по перерізу шахти, допустиму температуру приймаємо 70 град.

Розраховуємо допустиму температуру охолодження зерна, град

$$T_0^{\text{доп}} = T' - K_0^{\text{оп}} (T' - T_0) \quad (3.19)$$

де  $K_0^{\text{оп}}$  – коефіцієнт оптимального охолодження

$T'$  – температура сушіння, град,

$T_0$  – температура охоложеного зерна, град

Розраховуємо коефіцієнт охолодження

$$K_0^{\text{оп}} = 1 - 0,00304 T' \quad (3.20)$$

$$K_0^{\text{оп}} = 1 - 0,00304 \cdot 62 = 0,812$$

$$T_0^{\text{доп}} = 62 - 0,812 (62 - 20) = 27,9 = 28$$

Розраховуємо середню температуру відпрацьованого повітря, град

$$T_{\text{ср}}^{\circ} = \frac{28 + 62}{2} = 45$$

Приймаємо згідно вимог

$$T_{\text{ср}}^{\circ} = 45 - 5 = 40$$

Розраховуємо різницю втрат тепла в зоні охолодження, кДж/кг

$$\Delta x = g_{\text{пр.х}} + T' - T_0^{\text{доп}} \quad (3.21)$$

Розраховуємо питомі втрати тепла, кДж/кг

$$g_{\text{пр.х}} = C_3 \cdot (T' - T_0^{\text{доп}}) \quad (3.22)$$

де  $C_3$  – теплоємність зерна при  $B_{\text{к2}} = 14$  %, кДж/кг

$$C_3 = \frac{100 - B_{\text{к2}}}{100} \cdot C_{\text{г}} + \frac{B_{\text{к2}}}{100} \cdot C_{\text{в}} \quad (3.23)$$

де  $C_{\text{г}}$  – теплоємність сухого повітря, 1,32 кДж/кг;

$C_{\text{в}}$  – теплоємність води, 4,19 кДж/кг;

$B_{\text{к2}}$  – вологість висушеного зерна, %

$$C_3 = \frac{100 - 14}{100} \cdot 1,32 + \frac{14}{100} \cdot 4,19 = 1,72$$

Підставляємо значення теплоємності у формулу 3.22 і отримуємо

$$g_{\text{пр.х}} = 71511,6 \cdot 1,72 (62 - 28) = 3935998,4$$

звідси

$$\Delta x = 3935998,4 + 62 = 3936060,4$$

Розраховуємо витрату повітря для охолодження зерна по I-d діаграмі.

Розрахункові дані:

Температура охолодження зерна  $T_0 = 20$  град;

Відносна вологість повітря  $\varphi = 75$  %;

При даних значеннях  $d_0 = 11$  г/кг  $I_0 = 47,8$  кДж/кг

Довжина відрізка ef = 70 мм

$$eF = ef \cdot \frac{\Delta x}{2500} = 70 \cdot \frac{3506,7}{2500} = 98 \text{ мм} \quad (3.24)$$

На перетині прямої відрізка з лінією  $T_{\text{сп}^0} = 40$  град знаходимо точку С.

Знаходимо на діаграмі параметри відпрацьованого повітря

$$\varphi_p = 49 \text{ \%} \quad d_p' = 15,9 \text{ г/кг} \quad I_p = 77 \text{ кДж/кг}$$

Довжина відрізка CD = 25 мм.

Розраховуємо питому витрату повітря для охолодження зерна кг/кг

$$l_x = \frac{5000}{\text{CD}} \quad (3.25)$$

$$l_x = \frac{5000}{25} = 200$$

розраховуємо масу повітря на охолодження, кг/год.

$$L_x = l_x \cdot W_2 \quad (3.26)$$

де  $l_x$  – питомі витрати повітря, кг/кг;

$W_2$  – кількість вологи, випареної під час охолодження, кг

$$L_x = 200 \cdot 334,2 = 66840$$

Розраховуємо об'ємну витрату повітря на виході із зони охолодження, м<sup>3</sup>/год.

$$V_x^{\text{вих}} = L_x \cdot \gamma \quad (3.27)$$

де  $\gamma = 0,9015 \text{ кг/м}^3$  – густина повітря при  $T_{\text{ср}}^0 = 49^\circ\text{C}$  і  $\varphi_p = 49\%$

$$V_x^{\text{вих}} = 66840 \cdot 0,9015 = 60256,3$$

Розрахунок параметрів повітря для зони сушіння

Розраховуємо вищу теплоту згорання палива, мДж/кг

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 0,339 C^{\text{р}} + 1,257 H^{\text{р}} - 0,109 (O^{\text{р}} - S^{\text{р}}) \quad (3.28)$$

Вибираємо необхідне значення складу палива у %

$$C^{\text{р}} = 86\%, \quad H^{\text{р}} = 13,7\%, \quad O^{\text{р}} = 0,05\%, \quad S^{\text{р}} = 0,2\%$$

Тоді

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 0,339 \cdot 86 + 1,257 \cdot 13,7 - 0,109 (0,05 - 0,2) = 46,39$$

Розраховуємо нижчу теплоту згорання палива, мДж/кг

$$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = Q_{\text{в}}^{\text{р}} - 2,5 \left( \frac{9H^{\text{р}} + W^{\text{р}}}{100} \right) \quad (3.29)$$

$$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 46,39 - 2,5 \left( \frac{9 \cdot 13,7 + 0}{100} \right) = 43,31$$

Розраховуємо теоретичну кількість повітря для спалювання 1 кг палива, кг.

Приймаємо необхідні для розрахунку значення

$$L_o = 0,115 C^{\text{р}} + 0,345 H^{\text{р}} - 0,043 (O^{\text{р}} - S^{\text{р}}) \quad (3.30)$$

$$L_o = 0,115 \cdot 86 + 0,345 \cdot 13,7 - 0,043 (0,05 - 0,2) = 14,62$$

Розраховуємо коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = \frac{Q_{\text{в}}^{\text{р}} \eta_{\text{т}} + C_{\text{т}} T_{\text{т}} - \left( \frac{9H^{\text{р}} + W_1}{100} \right) \ln \left( \frac{1 - 9H^{\text{р}} + W^{\text{р}} + AP}{100} \right) \cdot C_{\text{с.а}} \cdot T'}{\alpha_o \left( \frac{d_o \text{in}}{1000} - J_o + C_{\text{с.а}} \cdot T' \right)} \quad (3.31)$$

де  $\eta_{\text{т}} = 0,9$  – к.к.д. топки;

$C_{\text{т}} = 2,2 \text{ кДж/кг град}$  – теплоємність палива;

$T' = 62$  град – температура сушіння;

$T_0 = 5$  град – температура палива;

$I_0$  – ентальпія водяних парів, кДж/кг

Розраховуємо ентальпію, кДж/кг

$$I_n = 2500 + 1,84 T' \quad (3.32)$$

$I_0 = 15,3$  кДж/кг;  $d_0 = 4,1$  г/кг

$$\alpha = \frac{46390 \cdot 0,9 + 2,2 \cdot 5 - \left( \frac{9 \cdot 13,7 + 2093}{100} \right) - \left( \frac{1 - 9 \cdot 13,7}{100} \right) \cdot 62}{14,62 \left( \frac{4,1 \cdot 2093}{1000} - 15,3 + 62 \right)} = 24,86$$

Розраховуємо вологовміст суміші топочних газів, г/кг

$$d_2 = \frac{10(9HP + W_1) + \alpha I_0 d_0}{\alpha L_0 + 1 - \frac{9HP + WP + A_1 T'}{100}} \quad (3.33)$$

$$d_2 = \frac{10(9 \cdot 13,7 + 0) + 24,86 \cdot 14,62 \cdot 4,1}{24,86 \cdot 14,57 + 1 - \frac{9 \cdot 13,7}{100}} = 7,5$$

Розраховуємо витрату сушильного агента.

Приймаємо вологовміст сушильного сита, кг/кг

$$d_1 = \frac{d_2 + d_p}{2} \quad (3.34)$$

$$d_1 = (7,5 + 15,9) / 2 = 11,7$$

Розраховуємо ентальпію сушильного агента, кДж/кг

$$I = T' + \frac{d_1}{1000} (2500 + 1,84 \cdot T') \quad (3.35)$$

$$I = 62 + \frac{11,7}{1000} (2500 + 1,84 \cdot 62) = 92,6$$

Розраховуємо вологовміст сушильного агента, г/кг

$$d_2' = \frac{1000(T' - I) + \Delta_1 d_1}{\Delta_1 - (2500 - 1,84 \cdot T')} \quad (3.36)$$

$$d_2' = \frac{1000(40 - 92,6) + (-817,5) \cdot 11,7}{(-817,5) - (2500 - 1,84 \cdot 40)} = 46,3$$

Розраховуємо відносну вологість сушильного агента, %

$$\varphi_2^1 = \frac{d_2' \cdot B}{(622 + d_2') P_{H_2 O}} \cdot 100 \quad (3.37)$$

де  $B = 101,1$  кПа - барометричний тиск,

$T_1 = 40$  °С – середня температура відпрацьованого повітря;

$P_{H_2 O} = 10,6$  кПа – тиск насиченої пари;

$$\varphi_2^1 = \frac{46,3 \cdot 101,1 \cdot 100}{(622 + 46,3)10,6} = 76,7$$

Розраховуємо питомі витрати сушильного агента, кг/кг

$$L' = \frac{1000}{d_2' - d_1'} \quad (3.38)$$

$$L' = \frac{1000}{46,3 - 11,7} = 28,9$$

Розраховуємо повну витрату сушильного агента, кг/год

$$L_n = L' \cdot W_1 \quad (3.39)$$

$$L_n = 28,9 \cdot 3154,2 = 91156,4$$

Розраховуємо витрату тепла, кДж/год.

$$Q_{\text{заг}} = q \cdot W_1 \quad (3.40)$$

$$\text{де } q = L' \cdot (I' - I_p)$$

$$q = 28,9 (92,6 - 74) = 534,5$$

$$Q_{\text{заг}} = 537,5 \cdot 3154,2 = 1695382,5$$

Розраховуємо об'єм сушильного агента, м<sup>3</sup>/год

$$V = L \cdot \vartheta_0 \quad (3.41)$$

де  $\vartheta_0$  – об'єм сушильного агента 1 м<sup>3</sup> на 1 кг сухого повітря, м<sup>3</sup>/кг ;  $\vartheta_0 = 1,2498$

м<sup>3</sup>/кг

звідси

$$V_{\text{заг}} = 1,2498 \cdot 66840 = 83536,6$$

Розраховуємо питому витрату натурального палива на одну планову тону,

кг/пл.т

$$q_{\text{пал}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{C_H} \quad (3.42)$$

$$q_{\text{пал}} = \frac{1695382,5}{43310} = 39,1$$

### 3.2 Аеродинамічний розрахунок

Розрахунок проводимо з метою визначення втрат тиску у повітропроводі.

Рисунок 3.1 – Схема повітропроводу зерноударки.

Розраховуємо втрати тиску в Па, за формулою

$$H_{д1} = R * L + \sum \xi \frac{\rho V^2}{2}; \quad (3.43)$$

де R - Па м - втрати тиску на 1 п.м.;

L - довжина ділянки, м;

$\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$  - густина повітря;

V - швидкість повітря м/с;

$\sum \xi$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів;

$H_{д}$  - динамічний тиск, Па

Діаметр повітропроводу та інші значення знаходимо по [6 табл.16] в залежності від витрати повітря, яке проходить по трубопроводу в м<sup>3</sup>/год.

Втрати тиску в кінці ділянки в Па розраховуємо за формулою:

$$H_{к} = H_{д1} + H_{М} \quad (3.44)$$

де  $H_{М}$  – сума втрат тиску на попередніх ділянках, Па

<p><b>1 ділянка :</b>  довжина ділянки <math>L=1000</math> мм;  швидкість повітря на ділянці <math>V=16</math> м/с;  діаметр повітряного трубопроводу <math>D=200</math> мм;  опір тертя <math>R=18</math> Па;  витрати тиску на тертя <math>RL=180</math> Па;  витрати тиску в місцевих опорах <math>Z=50</math> Па;  динамічний тиск <math>H_{дин}=200</math> Па;  Підставивши знайдені величини у формулу 3.44 отримуємо:  загальні витрати тиску на ділянці <math>RL+Z=380</math> Па;  витрати тиску в кінцевій точці <math>H_K=380</math> Па.</p>	<p><b>2 ділянка :</b>  довжина ділянки <math>L=6000</math> мм;  швидкість повітря на ділянці <math>V=16</math> м/с;  діаметр повітряного трубопроводу <math>D=200</math> мм;  опір тертя <math>R=18</math> Па;  витрати тиску на тертя <math>RL=98</math> Па;  Підставивши знайдені величини у формулу 3.44 отримуємо:  динамічний тиск <math>H_{дин}=200</math> Па;  витрати тиску в кінцевій точці <math>H_K=380+298=678</math> Па.</p>
<p><b>3 ділянка :</b>  довжина ділянки <math>L=9800</math> мм;  швидкість повітря на ділянці <math>V=16</math> м/с;  діаметр повітряного трубопроводу <math>D=200</math> мм;  опір тертя <math>R=18</math> Па;  витрати тиску на тертя <math>RL=176,4</math> Па;  динамічний тиск <math>H_{дин}=200</math> Па;  Підставивши знайдені величини у формулу 3.44 отримуємо:  витрати тиску в кінцевій точці <math>H_K=854,4</math> Па</p>	<p><b>4 ділянка :</b>  довжина ділянки <math>L=5500</math> мм;  швидкість повітря на ділянці <math>V=16</math> м/с;  діаметр повітряного трубопроводу <math>D=200</math> мм;  опір тертя <math>R=18</math> Па;  витрати тиску на тертя <math>RL=99</math> Па;  динамічний тиск <math>H_{дин}=200</math> Па;  Підставивши знайдені величини у формулу 3.44 отримуємо:  витрати тиску в кінцевій точці <math>H_K=299+854,4=1153,4</math> Па.</p>
<p><b>5 ділянка :</b>  довжина ділянки <math>L=1000</math> мм;  швидкість повітря на ділянці <math>V=16</math> м/с;  діаметр повітряного трубопроводу <math>D=200</math> мм;  опір тертя <math>R=18</math> Па;  витрати тиску на тертя <math>RL=18</math> Па;  динамічний тиск <math>H_{дин}=200</math> Па;  Підставивши знайдені величини у формулу 3.44 отримуємо:  витрати тиску в кінцевій точці <math>H_K=218+1153,4=1371,4</math> Па.</p>	

### 3.3 Енергетичний розрахунок

Розрахунок проводимо по [3.ст.192-208].

За сумарною величиною втрат тиску на ділянках сушіння з врахуванням підсосів вибираємо вентилятор.

Його тиск приймається на 10 % більшим опору ділянки.

Розрахунок зони сушіння проводимо по найбільшому опору ділянки  $A_1 D_1$  рівному 1153,4 Па.

З врахуванням підмокування тиск вентилятора становить, Па

$$N_B = 1,1 \cdot N_{д\text{іл}} \quad (3.45)$$

$$N_B = 1,1 \cdot 1153,4 = 1268,7$$

При відомій витраті сушильного агента  $Q_B = 83536,6 \text{ м}^3/\text{год}$ . і втратами тиску  $N_B = 1268,7 \text{ Па}$  [3.ст.265] по індивідуальним характеристикам підбираємо вентилятор ВЦП-8 з к.к.д.  $\eta = 0,6$ , швидкістю обертання робочого колеса  $n = 950 \text{ об/хв}$ .

Розраховуємо потужність вентилятора в кВт

$$N = \frac{Q_B \cdot N_B}{3,6 \cdot 10^5 \cdot \eta_B \cdot \eta_{п} \cdot \eta_{п\text{ід}}} \quad (3.46)$$

де  $Q_B$  – витрати повітря на ділянці,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$N_B$  – тиск вентилятора, Па;

$\eta_{п}$  – к.к.д. клинопасової передачі, 0,95;

$\eta_B$  – к.к.д. вентилятора,

$\eta_{п\text{ід}}$  – к.к.д. підшипників, 0,98,

$$N_B = \frac{83536,6 \cdot 1268,7}{3,6 \cdot 10^5 \cdot 0,6 \cdot 0,95 \cdot 0,98} = 8,75$$

Установча потужність  $N_y$ , визначається по формулі, кВт

$$N_y = N_B \cdot K \quad (3.47)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу потужності, 1,20

$$N_{yу} = 8,75 \cdot 1,20 = 10,5$$

Підбираємо вентилятор з електродвигуном 4A132M4УПУЗ потужністю  $N = 11,0 \text{ кВт}$ ,  $n_{e,d} = 1460 \text{ об/хв}$ .

Вентилятор ВЦП-8 має швидкість обертання робочого колеса  $n_B = 950 \text{ об/хв}$ , шків на електродвигуні 6Б200, шків на валові вентилятора 6Б140.

Розрахунок зони охолодження проводимо для ділянки А<sub>7</sub> Д<sub>4</sub> з втратою повітря Q<sub>в</sub> = 60256,3 м<sup>3</sup>/год та втратами тиску на ділянці Н<sub>діл</sub> = 1152,1 Па по формулі 3.45, в Па.

$$H_B = 1,1 H_{\text{діл}}$$

$$H_B = 1,1 \cdot 1152,1 = 1267,3$$

По відомим витраті та втраті тиску по [3.ст263] та індивідуальним характеристикам підбираємо вентилятор В.Ц5-50-9.01 з  $\eta_B = 0,77$ ,  $n = 1450$  об/хв.

Розраховуємо потужність вентилятора кВт по формулі 3.46

$$P_B = \frac{60256,3 \cdot 1267,3}{3,6 \cdot 10^5 \cdot \eta_B \cdot \eta_{\text{під}}} = 31,2$$

де  $\eta_B = 0,77$ ;

$\eta_{\text{під}} = 0,98$ ;

Установочна потужність, кВт розраховується по формулі 3.47

$$N_{2y} = 1,2 \cdot 31,2 = 37,44$$

Підбираємо вентилятор з електродвигуном АИМ180М4 потужністю N = 40 кВт, швидкість обертання роторного колеса  $n_{e.d} = 1450$  об/хв.

Потужність електродвигуна зони охолодження, кВт  $N_{з.с} = 40$ .

$$N_{\text{заг}} = N_{з.с} + N_{з.о} = 11 + 40 = 51 \text{ кВт}$$

Загальна потужність електродвигунів вентиляторів становить, 51 кВт.

### 3.4 Конструктивний розрахунок

Розрахунок розвантажувального механізму. Для визначення обертового моменту, необхідного для закривання клапана випускного механізму, приймаємо розрахункову схему.

Визначимо масу зерна, яке знаходиться на клапані в його горизонтальному положенні.

Об'єм зерна дорівнює:

$$V = \frac{0,2 \cdot 0,19}{2} - \frac{0,06 \cdot 0,06}{2} * 3 * 0,75 = 0,0337 \text{ м}^3$$

Визначимо масу зерна по формулі [4, с.129]

$$P = V * \gamma \text{ кг} \quad (3.48)$$

де  $\gamma = 760 \text{ кг/м}^3$

Тоді:

$$P = 0,0387 * 760 = 30 \text{ кг}$$

Визначимо обертовий момент по формулі:

$$M_{кр} = 1 * P \quad (3.49)$$

де  $P = 294 \text{ Н}$

$$l = 140/2 + 30 = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$$

Тоді:

$$M_{кр} = 0,1 * 294 = 29,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо необхідну потужність електродвигуна по формулі [4, с.130]:

$$N_{кр} = \frac{M_{кр} * n}{95500 * \sum \eta} \text{ кВт} \quad (3.50)$$

де  $M_{кр}$  - необхідний обертовий момент на валу електродвигуна, дорівнює  $300 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

$n$  - розрахункове число обертів валу, дорівнює  $3,7 \text{ об/хв.}$  ( $0,062 \text{ с}^{-1}$ ),

$$\sum \eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4^2 * \eta_5^2$$

де  $\eta_1 = 0,95$

$\eta_2 = 0,93$

$\eta_3 = 0,7$

$\eta_4^2 = 0,99$

$\eta_5^2 = 0,95$

Тоді:

$$N_{д} = \frac{300 * 3,7}{95500 * 0,49} = 0,025 \text{ кВт}$$

Приймаємо для приводу затвору виконуючий механізм Е8-УРВ з електродвигуном потужністю  $0,25 \text{ кВт}$ . Для зменшення кутової швидкості встановлюємо додаткову проміжну зубчасту передачу

Визначимо діаметр валу клапана для нашого обертового моменту:

$$M_{кр} = 95500 * \frac{N_{дв\eta}}{n} \text{ кгс} \cdot \text{м} \quad (3.51)$$

де  $N_{дв} = 0,25 \text{ кВт}$

$\eta = 0,9$

$$n = 3,7 \text{ об/хв} = 0,062 \text{ с}^{-1}$$

Тоді:

$$M_{кр} = 95500 * \frac{0,25 * 0,6}{3,7} = 5900 \text{ кг.см} = 590 \text{ Нм}$$

Діаметр вала визначимо при змінному навантаженні середніх згинаючих моментах по формулі [4, с.136],

$$d' = 0,12 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \text{ м} \quad (3.52)$$

де  $N = 0,25 \text{ кВт}$ ;

$n$  – число обертів, дорівнює 37 об/хв.

$$d' = 0,12 \sqrt[3]{\frac{0,25}{37}} = 0,0213 \text{ м} = 21,17 \text{ мм}$$

З урахуванням шпороного пазу збільшуємо діаметр вала на 10%.

$$d = d' * 1,1 = 21,17 * 1,1 = 23,28 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр вала 25 мм.

Визначаємо консольне радіальне навантаження  $Q$ , приложене до тихохідного валу мотор-редуктора Е8-УРВ:

$$Q = 1,1 * P = 1,1 * 241 = 265 \text{ Н} \quad (3.53)$$

де  $P$  - колова сила в зубчатому зачепленні, Н;

$$r = \frac{2 M'_{кр}}{d} = \frac{2 * 6,15}{0,051} = 241 \text{ Н} \quad (3.54)$$

де  $M'_{кр}$  - обертовий момент на тихохідному валу мотор-

редуктора, необхідний для повороту клапану, Н·м;

$d$  - дільний діаметр шестерні, м;

$$M_{кр} = \frac{M_{кр}}{\eta^4 * i} = \frac{29,4}{0,95^4 * 5,9} = 6,15 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.55)$$

де  $M_{кр}$  - обертовий момент на валу клапана, Н·м;

$\eta$  - ККД підшипників тертя на валу клапану;

Визначаємо допустиму консольну загрузку  $P_T$  приложену до тихохідного валу мотор-редуктора Е8-УРВ.

$$P_T = 80 \sqrt{M_T} = 80 \sqrt{7} = 2120 \text{ кг.с} = 2074 \text{ Н} \quad (3.56)$$

де  $M_T$  - обертовий момент на тихохідному валу, кг·с/м;

$$M_T = 95500 \cdot \frac{N_d \cdot \eta}{n} = 95500 \cdot \frac{0,25 \cdot 0,6}{20,8} = 7 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 68,6 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.57)$$

де  $\eta$  - ККД мотор-редуктора;

$n$  - частота обертання валу, об/хв.;

$N_d$  - потужність на валу електродвигуна, кВт.

Порівнюючи значення допустимої ( $P_T$ ) і фактичних консольних навантажень, бачимо, що  $P_T \gg Q$

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 3.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання

Охорона праці — це система заходів і норм, спрямованих на забезпечення безпеки під час виконання трудових завдань на виробничому об'єкті. Вона охоплює законодавчі акти, а також комплекс соціально-економічних, технічних, гігієнічних і організаційних заходів, що гарантують створення безпечних умов праці.

Державна політика у сфері охорони праці орієнтована на забезпечення здорових і безпечних умов роботи, а також на попередження нещасних випадків і професійних захворювань.

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо керівнику підприємства. Система управління охороною праці підприємства (СУОП) об'єднує керівництво підприємства та службу охорони праці. Її діяльність регулюється законодавством України, а також міжгалузевими та галузевими нормативно-правовими актами у сфері охорони праці.

Основними завданнями служби охорони праці на підприємстві є:

- надання професійних консультацій роботодавцю щодо питань охорони праці;
- забезпечення безпеки будівель, обладнання та виробничих процесів;
- організація забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- проведення навчання та підвищення кваліфікації працівників у сфері охорони праці;
- інформування працівників про правила безпеки та роз'яснення норм охорони праці.

Основні функції служби охорони праці:

- розробка та впровадження комплексної системи управління охороною праці;
- методичне і оперативне керівництво заходами з охорони праці;
- розробка комплексних заходів для досягнення нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;
- організація вступного інструктажу для працівників;
- підготовка пропозицій щодо нормативно-правових актів і розпоряджень з охорони праці;
- участь у розслідуванні аварій і нещасних випадків;
- проведення внутрішнього аудиту й навчання з питань охорони праці;
- забезпечення роботи комісії із перевірки знань охорони праці, а також комісії з прийняття об'єктів після завершення будівництва, реконструкції чи технічної модернізації.

Перелік потенційно небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час обслуговування обладнання поточкових ліній для приймання, сушіння і зберігання зерна, представлений у таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Джерела виникнення шкідливих та небезпечних виробничих чинників	Кількість	Шкідливі і небезпечні виробничі чинники
1	2	3
Автомобіль розвантажувач ГУАР-30М	1	Електричний струм, зерновий пил, рухомі вузли розвантажувача
Стрічкові конвеєри ЛТ-500	5	Зерновий пил, електричний струм, швидкообертові деталі, вібрація, шум
Норії П-100, І-20	5	Зерновий пил, електричний струм, швидкообертові деталі, вібрація, шум
Скребкові конвеєри УТФ-320	1	Зерновий пил, електричний струм, швидкообертові деталі, вібрація, шум
Повітряно-ситовий сепаратор БСХ-100	1	Зерновий пил, електричний струм, вібрація, шум
Пиловіддільник ЦОЛ-10	1	Зерновий пил, електричний струм, вібрація

І. Предметна область: ...

1	2	3
---	---	---

Магнітний сепаратор КМ-100 СушаркаУ13-СШ-50	1 1	Електричний струм, магнітні поля Висока температура, тепловиділення, шум, електричний струм, вибухопожежонебезпека.
--	--------	--

**\*\*Загальні заходи з охорони праці у відділенні\*\***

Перед запуском конвеєра необхідно провести його зовнішній огляд: перевірити кріплення всіх деталей, заземлення, стан електрообладнання, а також виконати пробний запуск без навантаження. Обов'язково перевіряється робота кінцевих мімікачів. Після встановлення у справності роботи транспортера можна починати його експлуатацію.

Усунення несправностей, регулювання вузлів, натягування ланцюгів і стрічки, змащування та очищення транспортера виконуються лише після його повної зупинки, вимкнення електродвигуна та блокування пускової кнопки. На пусковий пристрій обов'язково вішається попереджувальний плакат: "Не вмикати – працюють люди!". Органи управління, такі як рукоятки та кнопки, розташовуються в місцях, що забезпечують зручний огляд транспортера під час його роботи.

Транспортери повинні бути оснащені світловою та звуковою сигналізацією для попередження про запуск або аварійні ситуації. У головній та хвостовій частинах транспортера встановлюються аварійні кнопки "Стоп" для швидкої зупинки. Якщо транспортер погано проглядається по всій довжині, додаткові кнопки "Стоп" розташовуються у місцях підвищеної небезпеки або через кожні 10 метрів, фарбовані в червоний колір.

На зерноприймальних підприємствах транспортери обладнуються аспіраційними системами або витяжною вентиляцією для видалення шкідливих речовин. Пробуксовування стрічки на приводному барабані не допускається, а у

разі виникнення повинно усуватися шляхом натягування стрічки, регулювання тиску пружинного ролика тощо. Робота стрічкових транспортерів без пристроїв контролю швидкості заборонена. При послабленні натягу стрічки забороняється використовувати в'язкі речовини для змащування приводних барабанів. Відстань між нижньою стрічкою конвеєра і підлогою має бути не менше 0,15 м.

Оператор допускається до роботи лише після проходження інструктажу та отримання відповідного наряду. Передоручати свої обов'язки іншим заборонено.

Бункери та приймки норій мають бути закриті суцільними перекриттями з люками для ладу. Завальні ями обладнуються захисними решітками із люками, розмір вічок яких не перевищує 250x75 мм і розташовуються не глибше 60 мм від підлоги. Всі решітки люків встановлюються на петлях і закриваються на замок або болти.

Електролампи повинні бути захищені скляними ковпаками. Вмикання, запуск сепаратора і усунення несправностей виконує оператор, а ремонт електрообладнання — лише кваліфікований електрик. Для обслуговування верхніх частин обладнання використовуються міцні драбини з кінцями, що запобігають прослизанню.

Під час роботи технологічного обладнання сушильних комплексів необхідно враховувати можливість виникнення небезпечних і шкідливих факторів, таких як травми від рухомих і обертових частин транспортерів, вантажопідйомного та транспортного обладнання, а також ураження електричним струмом.

Усі операції з обслуговування сушарки виконуються лише за виклишеного обладнання. Пуск і зупинка обладнання здійснюються за заздальних встановленими сигналами, які мають бути відомі всьому обслуговуючому персоналу.

Під час проведення ремонтних робіт або технічного обслуговування обов'язково використовуються захисні окуляри. Забороняється застосовувати

підкладки, нарізувати ключі трубою чи іншим ключем, а також бити молотком по ключу, щоб уникнути травм.

Експлуатація обладнання дозволяється лише у справному стані. Особливу увагу слід приділяти перевірці електрообладнання та контрольно-вимірвальних приладів. Роботи всередині приміщення сушильних комплексів виконуються з використанням респираторів, окулярів і рукавиць.

Необхідно суворо дотримуватися температурного режиму, передбаченого інструкцією. Температура повітря, що подається в сушарку, не повинна перевищувати встановлених значень.

Роботи на сушарці проводяться бригадою з трьох осіб за дозволом відповідальної особи, призначеної адміністрацією. Перед початком обслуговування обов'язково вимикається примусове вентилявання.

Щодня після закінчення зміни приміщення та обладнання очищають від пилу, бруду та розсипаних насіння.

#### **Під час роботи сушарки забороняється:**

- відкривати оглядові та технологічні люки чи кришки;
- виконувати роботи з прочищення каналів або ремонту;
- залишати обладнання без нагляду.

Розрахунок резервуару для води на зовнішнє пожежогасіння

На підприємстві, що проєктується, зберігання зерна передбачається в типовому зерносховищі розмірами 60х20м, тобто площею  $S=1200\text{м}^2$ ; висота сховища - 12м. Проведемо розрахунок об'єму резервуару для води на зовнішнє пожежогасіння. Ступінь вогнестійкості споруди - II, категорія приміщення за вибухопожежонебезпечністю - Б.

#### **Розв'язок**

Згідно табл.1 "Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння на одну пожежу для промислових підприємств" при об'ємі зерносховища,  $\text{м}^3$

$$V = S \cdot h = 1200 \cdot 12 = 14400 \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

та категорії приміщення за вибухопожежонебезпечністю - Б приймається витрата води на зовнішнє пожежогасіння 40 л/с.

Запас води передбачається на три години пожежогасіння і визначається за формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{\text{п}} = 11 \cdot Q = 11 \cdot 40 = 440 \quad (3.2)$$

Резервуар для збереження запасу води має прямокутну форму отже його розміри визначаються  $a \times b \times h$ , м.

Приймається  $a=b=8$ м. Таким чином висота резервуару, м

$$h = V/a^2 = 440/8^2 = 6,875 \quad (3.3)$$

На підприємстві потрібно передбачити резервуар для запасу води на зовнішнє пожежогасіння розмірами 8 $\times$ 8 $\times$ 6,875 м.

Інструкція з охорони праці при обслуговуванні зерноочисного сепаратора БСХ-100

### 1. Загальні вимоги

#### 1.1. Працівник зобов'язаний:

- знати та дотримуватися нормативних актів з охорони праці;
- вживати заходів для усунення небезпечних виробничих ситуацій;
- виконувати вимоги інструкцій підприємства.

Працівник має право відмовитися від виконання роботи, якщо виникла ситуація, що становить загрозу його життю, здоров'ю, безпеці оточуючих або навколишньому середовищу.

1.2. До роботи із зерноочисними машинами допускаються лише ті працівники, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, склали іспити з охорони праці, а також вступний і первинний інструктаж на робочому місці.

#### 1.3. Працівник повинен:

- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку;
- виконувати вимоги технологічної дисципліни;

- дбайливо ставитися до обладнання, інструментів, пристроїв, матеріалів, спецодягу та інших засобів індивідуального захисту, зберігаючи їх у спеціально відведених місцях;

• підтримувати чистоту на робочому місці та території підприємства.

1.4. На робочому місці забороняється:

- палити (дозволено лише у спеціально облаштованих місцях);
- вживати алкогольні напої та речовини, які мають наркотичний вплив.

1.5. Для запобігання травмам та небезпечним ситуаціям:

- не залишайте працююче обладнання без нагляду;
- не допускайте до роботи осіб, які не пройшли навчання;
- використовуйте тільки справне обладнання, інструменти та пристрої;
- у разі виявлення несправностей повідомте керівника або усуньте їх самостійно, якщо це входить до ваших обов'язків;
- заборонено працювати на обладнанні зі знятими захисними пристроями.

1.6. Використовуйте засоби індивідуального захисту відповідно до встановлених норм.

1.7. Дотримуйтесь правил особистої гігієни:

- залишайте верхній одяг, головні убори, вуличне взуття та особисті речі в гардеробній;
- працюйте в чистому спецодязі;
- споживайте їжу лише у спеціально обладнаних для цього місцях.

## **2. Вимоги безпеки перед початком роботи**

2.1 Одягніть спеціальний одяг, зафіксуйте ремінь безпеки та сховайте волосся під головний убір.

2.2 Ознайомтеся із записами попередньої зміни щодо технічного стану обладнання в журналі змін.

2.3 Проведіть огляд обладнання, перевіривши:

- працездатність звукової та світлової сигналізації, яка забезпечує зв'язок із суміжними ділянками;
- наявність і справність захисних засобів рухомих частин машин,

- стан видимих частин заземлення;
- відсутність пошкоджень електропроводів, обривів кабелю чи ослаблених контактів.

2.4 Запустіть обладнання в холостому режимі, переконайтеся у його стабільній роботі, відсутності сторонніх шумів та належному стані блокування пускових пристроїв і аспірації.

2.5 Увімкніть припливно-витяжну вентиляцію у відсіку.

2.6 При виявленні несправностей повідомте керівника і не починайте роботу без його дозволу.

### **3. Вимоги безпеки під час роботи**

3.1 Перед увімкненням обладнання подайте сигнал у суміжні технологічні ділянки.

3.2 Під час роботи забезпечуйте рівномірну подачу зерна через живильний механізм і рівномірний розподіл його по ширині решіт. При виникненні завалів зупиніть подачу продукту та машину. Виконуйте розчищення спеціальним інвентарем (щітки з довгими ручками, скребки).

3.3 Не зупиняйте сепаратори з круговим рухом під час розгону та не запускайте їх повторно до повної зупинки.

3.4 Очищення сит і живильних механізмів проводьте тільки спеціальними інструментами (щітки, скребки).

### **4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях**

4.1 негайно зупиніть машину та транспортні засоби у таких випадках:

- загроза безпеці працівників;
- відчуття електричного струму при контакті з металевими частинами;
- іскроутворення в електродвигуні чи пусковій апаратурі;
- перегрів підшипників;
- поява диму, запаху гару чи ознак загоряння;
- виникнення шуму, стукоту або вібрації.

Повідомте керівника про ситуацію.

4.2 У разі пожежі:

- вимкніть обладнання, транспортні засоби та вентиляцію;
- сповістіть пожежну охорону та адміністрацію;
- розпочніть гасіння пожежі.

4.3 Якщо горять електропроводи, вимкніть рубильник і використовуйте вуглекислотний вогнегасник або пісок.

4.4 При нещасних випадках негайно повідомте керівника, викличте медичну допомогу.

## **5. Вимоги безпеки після закінчення роботи**

5.1 Зупиніть подачу зерна, вимкніть обладнання.

5.2 Зберіть розсипане зерно з підлоги за допомогою щітки з довгою ручкою, очистіть обладнання та робочу зону від пилу (використовуйте пневматичне чи вологе очищення).

5.3 Повідомте про всі технічні несправності черговій зміні та керівнику, заповніть журнал "Прийм-передача".

### **3.2. Охорона навколишнього середовища**

#### **Джерела забруднення повітря та їх вплив на навколишнє середовище**

Основними джерелами забруднення повітря під час пожеж є токсичні речовини, які виділяються при згорянні матеріалів. Димові труби, що випускають продукти горіння в атмосферу, сприяють забрудненню повітря і руйнуванню озонового шару.

На об'єкті, де вода використовується для господарських потреб, але миючі засоби не застосовуються, вона потрапляє в каналізаційну мережу для очищення через фільтри. У разі пожежі забруднена вода, змішана зі сміттям та осадом (шлак, сажа), може потрапити в ґрунт, забруднюючи його верхній шар. Для запобігання цьому необхідно вжити заходів, таких як заощення території асфальтом або бетоном, а також спрямування стічних вод у спеціальні резервуари для подальшого очищення.

Аварії, пожежі та вибухи є основними чинниками забруднення навколишнього середовища. Під час аварій можуть бути пошкоджені будівельні конструкції та комунальні об'єкти, що призводить до погіршення екологічного стану. Пожежі та вибухи викликають виділення великої кількості диму, що змінює склад повітря, підвищує температуру середовища та негативно впливає на біосферу. Зокрема, руйнується літосфера, страждають живі організми, а також порушується стан рослинності та гірських масивів.

Пожежі створюють значну екологічну небезпеку. Під час горіння атмосферний кисень витрачається у великих обсягах, що негативно впливає на стан навколишнього середовища. Зниження концентрації кисню до 14–16% викликає у людей запаморочення, втрату свідомості, а в окремих випадках — летальні наслідки. Наприклад, для згорання 1 кг зерна або зернового пилу з вологістю 20% необхідно близько 3,6 м<sup>3</sup> повітря, а при цьому виділяється до 4 м<sup>3</sup> продуктів горіння.

Пожежі також сприяють утворенню ультрафіолетового випромінювання, яке може спричинити опіки різного ступеня у людей та пошкоджувати будівлі й інфраструктуру. Підвищення температури повітря внаслідок пожеж впливає не тільки на довкілля, а й на стійкість та безпеку об'єктів нерухоності.

Таким чином, для мінімізації впливу пожеж і вибухів на екологію необхідно впроваджувати сучасні технології очищення, створювати ефективні системи управління стоками та проводити регулярний моніторинг екологічного стану об'єктів.

### **3.3. Розрахунок екологічної ефективності від провадження діяльності**

#### **8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

Вихідні дані передбачені завданням і зібрані на елеваторі приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Вихідні дані

Показники	Кількість
Вартість придбання зерносушарки, грн. (проектована)	1524300
Вартість придбання зерносушарки А1-ДСП, грн. (порівнювана)	865400
Норма амортизаційних відрахувань, % від вартості обладнання	15
Річний фонд роботи обладнання, діб.	42
Потужність двигунів на обладнанні, кВт*год:	
- Базовий варіант	106
- Розрахунковий варіант	127
Тариф за 1 кВт*год, грн.	6,9
Коефіцієнт використання обладнання	0,8
Кількість робочих змін	3
Амортизаційні відрахування, % до вартості обладнання	15,0
Витрати на поточний ремонт, % від суми амортизації	50,0
Транспортні витрати, % до вартості придбання обладнання	4,0
Заготівельно-складські витрати, % до вартості придбання обладнання	1,25
Проектні роботи, % до вартості придбання обладнання	4,0
Монтажні роботи, % до вартості придбання обладнання	20,0
Витрати умовного палива на 1 пл.т/%:	
- Базовий варіант	4,91
- Розрахунковий варіант	4,31
Продуктивність обладнання, т/год:	
- Базовий варіант	50
- Розрахунковий варіант	180
Вид натурального палива	газ
Коефіцієнт переводу в натуральне паливо	1,2
Ціна 1 м <sup>3</sup> газу, грн.	38,65
Тривалість зміни, год.	8
Обсяг зберігання, тис. т	3
Кількість обладнання:	
- Базовий варіант	400
- Розрахунковий варіант	1

Проведемо розрахунок одноразових капітальних витрат

Вартість придбання обладнання (грн)

$$K = K_0 + K_T + K_C + K_{TP} + K_M \quad (4.1)$$

де  $K_0$  - вартість придбання обладнання

базовий варіант

$$K_1 = 865400 * 3 = 2596200 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_2 = 1524300 \text{ грн.}$$

$K_T$  - транспортні витрати (4% від вартості обладнання)(грн)

$$K_T = K_0 * 0,04 \quad (4.2)$$

базовий варіант

$$K_{T1} = 2596200 * 0,04 = 103848 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{T2} = 1524300 * 0,04 = 60972 \text{ грн.}$$

$K_C$  - заготівельна складність (1,25% від вартості обладнання)(грн)

$$K_C = K_0 * 0,0125 \quad (4.3)$$

базовий варіант

$$K_{C1} = 2596200 * 0,0125 = 32452 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{C2} = 1524300 * 0,0125 = 38870 \text{ грн.}$$

$K_{IP}$  – проекти роботи (4% від вартості обладнання)(грн)

$$K_{IP} = K_0 * 0,04 \quad (4.4)$$

базовий варіант

$$K_{IP1} = 2596200 * 0,04 = 103848 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{\text{ПР2}} = 1524300 * 0,04 = 60972 \text{ грн.}$$

$K_M$  - монтажні роботи (20% від вартості обладнання)(грн)

$$K_M = K_0 * 0,20 \quad (4.5)$$

базовий варіант

$$K_{M1} = 2596200 * 0,20 = 519240 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{M2} = 1524300 * 0,20 = 304860 \text{ грн.}$$

Підставляємо дані у формулу 4.1

базовий варіант

$$K_1 = 2596200 + 103648 + 32452 + 103648 + 519240 = 3328588 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_2 = 1524300 + 60972 + 38876 + 60972 + 304860 = 1989974 \text{ грн.}$$

Визначимо питоми капітальні вкладення на 1 т (грн)

$$K_n = \frac{K}{Q} \quad (4.6)$$

базовий варіант

$$K_{п1} = \frac{3328588}{400000} = 8,321 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{п2} = \frac{1989974}{400000} = 4,975 \text{ грн.}$$

Розраховуємо зміни поточних витрат на виробництво

Витрати електроенергії (грн)

$$E_{\text{ЕЛ}} = \frac{(N_{\text{ДВ}} * T * K_{\text{ЕВ}} * K_{\text{ИТ}} * C_{\text{Е}})}{\cos} \quad (4.7)$$

де  $N_{\text{ДВ}}$  - сумарна потужність вилучених встановлених або вилучених двигунів;

$$N_{\text{ДВ1}} = 106 * 3 = 318 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ДВ2}} = 127 \text{ кВт}$$

$T$  - час роботи двигуна;

$$T = 9 * 3 * 42 = 1008 \text{ год.}$$

$K_{\text{ЕВ}}$  - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу;

$$K_{\text{ЕВ}} = 1,06.$$

$K_{\text{ИТ}}$  - коефіцієнт використання потужності у статкування;  $K_{\text{ИТ}} = 0,4.$

$\cos$  - коефіцієнт корисної дії електродвигуна;

$$\cos = 0,9.$$

Отже, витрати електроенергії складуть

базовий варіант

$$E_{\text{ЕЛ1}} = (318 * 1008 * 1,06 * 0,8 * 6,90) / 0,9 = 2083963 \text{ грн}$$

на 1 т витрати складуть

$$2083963 / 400000 = 5,21 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$E_{\text{ЕЛ2}} = \frac{127 * 1008 * 1,06 * 0,8 * 6,90}{0,9} = 832275 \text{ грн.}$$

на 1 т витрати складуть

$$832275 / 400000 = 2,08 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання (грн)

$$A = \frac{\Phi * N_A}{100} \quad (4.8)$$

де  $\Phi$  - вартість обладнання;

$$\Phi = K$$

$N_A$  - річна норма амортизаційних відрахувань;

$$N_A = 15\%$$

базовий варіант

$$A_1 = \frac{3326788 \cdot 15}{100} = 499288 \text{ грн.}$$

на 1 т витрати складуть

$$499288 / 400000 = 1,25 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$A_2 = \frac{1989974 \cdot 15}{100} = 298496 \text{ грн.}$$

на 1 т витрати складуть

$$298496 / 400000 = 0,75 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт (грн)

$$B_{п.р.} = A * 0,5 \quad (4.9)$$

базовий варіант

$$B_{п.р.1} = 499288 * 0,5 = 249644 \text{ грн.}$$

на 1 т витрати складуть

$$249644 / 400000 = 0,62 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$B_{п.р.2} = 298496 * 0,5 = 149248 \text{ грн.}$$

на 1 т витрати складуть

$$149248/400000 = 0,37 \text{ грн.}$$

Витрати палива розраховуємо по формулі (грн)

$$B_n = \frac{H_{в.ум.п.} * Q_p * C_{п.}}{K_{пер}} \quad (4.10)$$

де  $H_{в.ум.п.}$  – норма витрат умовного палива на 1 т.т.

$Q_p$  – річний обсяг виробництва

$C_{п.}$  – ціна 1м<sup>3</sup> газу, грн.

$K_{пер}$  – коефіцієнт переводу умовного палива в газ

базовий варіант

$$B_{п.} = \frac{4,91 \cdot 400000 \cdot 38,65}{1,2} = 63257167 \text{ грн}$$

на 1 т витрати складуть

$$63257167/400000 = 158,14 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$B_{п.} = (4,31 \cdot 400000 \cdot 38,65)/1,2 = 55527167 \text{ грн.}$$

на 1 т витрати складуть

$$55527167/400000 = 138,82 \text{ грн.}$$

Витрати по змінних статтях калькуляції приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Статті витрат	Базовий варіант	Розрахунковий варіант	Зміни

Витрати електроенергії	5,21	2,08	-3,13
Амортизація обладнання	1,25	0,75	-0,50
Витрати на поточний ремонт			
Витрати палива	0,62	0,37	-0,25
Всього	158,14	138,82	-19,32
	165,22	138,82	-23,20

Визначаємо основні показники економічної ефективності

Визначимо річний економічний ефект за формулою (тис.грн)

$$E_p = ((C_1 + E_n * K_{п1}) - (C_2 + E_n * K_{п2})) * Q_2 \quad (4.11)$$

де  $C_1$ ;  $C_2$  - собівартість продукції відповідно базовий і розрахунковий варіант;

$K_{п1}$ ;  $K_{п2}$  – питомі капітальні вкладення відповідно базовий і розрахунковий варіант;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності

$$E_n = 0,15;$$

$Q_2$  – розрахунковий обсяг виробництва продукції.

$$E_p = ((165,22 + 0,15 * 8,321) - (142,02 + 0,15 * 4,975)) * 400000 = 948,08 \text{ тис.грн.}$$

## ВИСНОВКИ

Проведено аналіз існуючих конструкцій технологічного обладнання для сушіння зернових культур. Вивчено особливості проектування зерносушарок, їх конструктивні характеристики та принципи роботи. Виконано розрахунки й обґрунтування режимів функціонування повітряних і теплових систем зерносушарки, які обрано об'єктом дослідження. Проведено аналіз потенційних небезпек і заходів з охорони праці на зернопереробних підприємствах, а також сформульовано правила безпечної експлуатації сушильного обладнання.

У загальному розділі наведено стислу характеристику сучасного стану об'єкта розробки, обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та завдання роботи, описано можливі сфери застосування отриманих результатів і практичне значення роботи.

У технологічному розділі описано схему технологічного процесу приїмання і сушіння зерна, розглянуто конструктивні особливості зерносушарки, а також правила її монтажу та експлуатації.

У конструкторському розділі виконано розрахунки конструктивних і режимних параметрів сушильного обладнання, розглянуто кінематичну схему і підібрано ключові конструктивні елементи.

У розділі економіки, охорони праці та екології проведено оцінку економічної ефективності запропонованих технічних рішень, розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці оператора зерносушарки та запропоновано методи мінімізації шкідливого впливу обладнання на навколишнє середовище.

Розраховані параметри зерносушарки придатні для впровадження на зернопереробних підприємствах і елеваторах.

Сфера застосування результатів — удосконалення механізації технологічних процесів сушіння зерна у сільському господарстві.

Графічна частина роботи включає 4 аркуші формату А1, які деталізують результати дослідження.