

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний
інститут ім. акад. І.С. Гулого

**Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерний технологій
проектування**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Мирончук В.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Обладнання переробних і харчових виробництв
на тему: «Модернізація прямоочної сушильної установки
з метою підвищення енергоефективності»

Виконав: здобувач V курсу, групи 4ск Покрасьон Дмитро Анатолійович
(прізвище та ініціали)

Керівник доцент Вересоцький Юрій Іванович _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2021р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма «Обладнання переробних і харчових виробництв»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

*Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Мирончук В.Г.*

« ____ » _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувача

Покрасьона Дмитра Анатолійовича

1. Тема роботи Модернізація прямоочної сушильної установки з метою підвищення енергоефективності

затверджена наказом по університету від «9» листопада 2020 р. № 934-кв

Керівник роботи Вересоцький Ю.І. доц., к.т.н.

2. Строк подання здобувачем роботи «1» лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний паспорт обладнання;

кресленники обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): анотація, зміст, вступ, порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі, техніко-економічне, соціальне обґрунтування, характеристика вхідної сировини і готової продукції, опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологія виготовлення деталі, вимоги до монтажу, експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи з охорони праці; охорона довкілля; загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

5. Перелік графічного матеріалу:

загальний вигляд апарату чи машини з технічною характеристикою (2 аркуші); креслення збіркових одиниць з необхідною кількістю проєкцій, розрізів, перетинів та креслення вузлів деталей, конструкція яких розроблена студентом (3 аркуші); креслення ключової деталі складальної одиниці у відповідності з технологією процесу її виготовлення (1 аркуш).

6. Консультанти розділів роботи

<i>Розділ</i>	<i>Консультант</i>	<i>Підпис, дата</i>	
		<i>Завдання видав</i>	<i>Завдання прийняв</i>

Дата видачі завдання: «14» жовтня 2020 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор. №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Римітка
1	<i>Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів</i>	02.10.2020р.	
2	<i>Вступ</i>	13.10.2020р.	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	24.10.2020р.	
4	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування</i>	26.10.2020р.	
5	<i>Характеристика вхідної сировини і готової продукції</i>	06.11.2020р.	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання</i>	08.11.2020р.	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	10.11.2020р.	
8	<i>Розрахункова частина</i>	13.11.2020р.	
9	<i>Технологія виготовлення деталі</i>	17.11.2020р.	
10	<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	20.12.2020р.	
11	<i>Опис системи управління</i>	26.12.2020р.	
12	<i>Заходи з охорони праці; Охорона довкілля</i>	05.01.2021р.	
13	<i>Висновки</i>	10.01.2021р.	
14	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i>	30.01.2021р.	
15	<i>Подача роботи на кафедру</i>	01.02.2021р.	

Здобувач_____
(підпис)Покрасьон Д.А.
(прізвище та ініціали)**Керівник роботи**_____
(підпис)Вересоцький Ю.І.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ключові слова: прямоточна сушильна установка, зерносушарка, сушіння.

Key words: direct-flow drying installation, grain dryer, drying.

Кваліфікаційна робота виконана на тему «Модернізація прямоочної сушильної установки з метою підвищення енергоефективності».

Робота присвячена підвищенню ефективності роботи зерносушарки ЗСШ-1 та зменшенню енергозатрат на процес сушіння.

Розглянута актуальна проблема – повторне використання агента сушіння та нагрітого повітря, що відводиться з охолоджувальних камер, а також наведено ряд технічних рішень, пов'язаних з підвищення ефективності процесу сушіння зерна.

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини та пояснювальної записки

Результати проведеної роботи можуть бути використані при розробці конструкції зерносушарки та допоміжного обладнання.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Анотація	18-2012.ДП.14.000 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/1

ЗМІСТ

	4
Анотація	3
Зміст	4
Вступ	5
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	8
2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування	31
3. Характеристика вхідної сировини і готової продукції	35
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.	37
5. Вибір конструкційних матеріалів	47
6. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту	50
7. Розрахункова частина	59
8. Технологія виготовлення деталі	87
9. Опис системи управління	103
10. Заходи з охорони праці	108
11. Охорона довкілля	118
Висновок	122
Список використаної літератури	123
Додатки	127

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Зміст	18-2012.ДП.14.000 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/1

ВСТУП

Природно-кліматичні умови більшості сільськогосподарських районів України такі, що першорядну роль для забезпечення зберігання врожаю відіграє сушіння зерна. Від 20 до 50 % щорічно вирощуваного в цих районах зерна підлягає сушінню, а в деякі роки — 70...80 %. Сучасно та правильно проведене сушіння не тільки підвищує стійкість зерна при зберіганні, а й поліпшує його продовольчі якості. При дотриманні рекомендованих режимів сушіння прискорюється післязбиральне дозрівання зерна, відбувається вирівнювання зернової маси за вологістю та ступенем зрілості, поліпшуються колір, зовнішній вигляд та інші технологічні властивості зерна. Сушіння призупиняє життєдіяльність мікроорганізмів і шкідників. Воно позитивно впливає на вихід та якість продукції при переробці зерна в борошно та крупу. Сушіння дає змогу в деяких випадках поліпшити також технологічні властивості дефектного зерна.

Наука про сушіння включає три тісно пов'язані між собою розділи: теорію сушіння, в якій розглядаються загальні аналітичні та експериментальні закономірності процесу і розкривається механізм його проходження; технологію сушіння, в якій вивчаються властивості матеріалів як об'єктів сушіння і на основі якої можна дати наукове обґрунтування вибору раціонального методу й оптимального режиму сушіння; техніку сушіння, що включає загальні методи проведення процесу сушіння в сушильних установках різних типів.

Розвиток теорії сушіння нерозривно пов'язаний із загальними досягненнями науки. Велике народногосподарське значення процесів сушіння зумовило виділення теорії цих процесів у самостійну наукову дисципліну, що має тісний зв'язок з такими розділами науки, як теорія тепло і масообміну, вчення про форми зв'язку вологи з матеріалом, термодинаміка необоротних процесів, фізико-хімічна механіка.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Вступ	18-2012.ДП.14.000 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/3

З розширенням зернового виробництва від сушіння у снопах стали поступово переходити до сушіння зернової маси на подових сушарках. На початку XIX ст. вже були створені сушарки із рухомим шаром зерна. Так, метод сушіння зерна сумішшю топкових газів з повітрям вперше був застосований ще в 1832 р.

Однак відчутного розвитку техніка сушіння зерна набула, починаючи з 20-х років. У 1924—1925 рр. були побудовані перші в СРСР сушарки «Успіх» і «Рандольф» продуктивністю 3...6 пл. т/год. З 1930 р. заводи почали випускати шахтні прямоточні сушарки типу ВТІ продуктивністю 4,8 та 15 пл.т/год, які ще й досі працюють на елеваторах та хлібоприймальних підприємствах України.

У післявоєнні роки провідну роль у проектуванні зерносушарок зайняв державний інститут «Промзернопроект» (ДПЗП). У 1949 р. було розроблено сушарку ЗСЗ-8 продуктивністю 8 пл.т/год, яка встановлювалася в силосний корпус елеватора. У 1953 р. були спроектовані і широко впроваджені стаціонарні залізобетонні шахтні прямоточні сушарки ДСП-12 та ДСП-24 продуктивністю 12 і 24 пл.т/год.

У 1955 р. ДПЗП розробив конструкцію зерносушарки ДСП-24СН продуктивністю 20 пл.т/год для встановлення її в баштах типу СОБ.

У 1956 р. ВНДІЗ та ЦНДІПродмаш розробили пересувну зерносушарку ЗСПЖ-8 продуктивністю 8 пл.т/год. Пізніше вона була значно вдосконалена і відома як К4-УСА та К4-УС2-А.

У 1957 р. ДПЗП розробив проект залізобетонної зерносушарки ДСП-32 для великих заготівельних елеваторів і башт типу СОБ. Пізніше на її основі було розроблено металеву зерносушарку ДСП-32от для встановлення на відкритих площадках. З 1960 р. топки зерносушарок почали переводити на рідке та газоподібне паливо, що значно полегшило умови експлуатації сушарок, дало змогу автоматизувати процес згоряння палива, стабілізувати температурний режим, підвищити якість сушіння зерна.

Починаючи з 60-х років, зусилля вчених спрямовані на розроблення способів переходу від сушіння зерна у щільному малорухомому шарі до комбінованих методів з використанням розрихлених шарів.

Важливим етапом на цьому шляху стало створення та впровадження рециркуляційних зерносушарок, в основу роботи яких покладено циклічність сушіння. Так, з 1970 р. заводи почали випускати рециркуляційну зерносушарку РД-2 х 25-70.

Останнім часом створено нові конструкції високопродуктивних рециркуляційних зерносушарок, в тому числі з попереднім нагріванням сирого зерна і його сушінням в ізотермічному режимі. Це такі зерносушарки, як У2-УЗБ-50, АІ-УЗМ, АІ-УСШ, АІ-ДСП-50.

При розробленні нових конструкцій та реконструкції діючих зерносушарок велика увага приділяється економії палива, електроенергії. Значним резервом економії є повторне використання відпрацьованого агента сушіння.

Метою бакалаврської роботи, є підвищення ефективності роботи зерносушарки ЗСШ-1. Основним із завдань бакалаврської роботи є зменшення витрат тепла на процес сушіння за рахунок повторного використання агента сушіння та нагрітого повітря, що викидається з охолоджувальних камер.

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

1.1 Класифікація та характеристика методів сушіння зерна

Існує кілька різних принципів класифікації методів сушіння зерна залежно від способу підведення енергії, галузі їх використання та гідродинамічних характеристик процесу. Найзагальнішим з них є класифікація за способом підведення енергії (рис. 1.1). Нижче розглядається класифікація найпоширеніших методів сушіння зерна саме за цим способом.



Рис. 1.1. Класифікація методів сушіння зерна за способом підведення енергії.

Технічні засоби здійснення різних методів сушіння зерна надзвичайно різноманітні, що пов'язано з конструкціями сушарок.

У зерносушінні найпоширенішим є *конвективний метод* сушіння, при якому тепла енергія передається зерну від нагрітого газу (повітря або його суміші з продуктами згоряння палива). Те, що нагрітий газ водночас виступає як теплоносій та вологовбирач, зумовлює відносну простоту конструкцій конвективних сушарок. Під час конвективного сушіння зерно може знаходитися в різних станах: щільному нерухомому, гравітаційно рухомому, псевдорозрідженому, віброкиплячому, падаючому або завислому.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа				
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	18-2012.ДП.14.001 ПЗ				
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/23	

Стан зернового шару визначає активну поверхню зерна, що контактує з агентом сушіння, а значить, інтенсивність процесу сушіння.

Порівняно низький к.к.д. конвективних сушарок (25...40 %) можна підвищити завдяки повторному використанню відпрацьованого агента сушіння.

Під час *кондуктивного* сушіння зерна теплота передається йому кондукцією (теплопровідністю) від нагрітої поверхні труб, що обігриваються паром, гарячою водою або газом. Водяна пара, яка випаровується із зерна, поглинається холодним або підігрітим повітрям, що подається у сушильну камеру. Швидкість сушіння залежить від температури гріючої поверхні та товщини зернового шару. Кондуктивне сушіння використовують на борошномельних і круп'яних заводах для підігрівання зерна та невеликого зниження його вологості перед переробленням, а також у комбінації з конвективним сушінням. Низький к.к.д. кондуктивних зерносушарок пояснюється додатковою втратою теплоти на нагрівання гріючої поверхні. При цьому може спостерігатися перегрівання та погіршення якості зерна, що контактує з гріючою поверхнею.

Під час *терморадіаційного* сушіння підведення теплоти до зерна здійснюється завдяки застосуванню інфрачервоного випромінювання генераторами або сонячних променів. Природне сушіння зерна під сонячними променями проводять в суху та ясну погоду на спеціально обладнаних площадках. Зерно розсипають шаром завтовшки 100...150 мм (на 1 т зерна треба мати приблизно 15 м² площадки) та періодично перемішують. За день вологість зерна може бути знижена на 3...4 %. При цьому повністю зберігаються насінневі та продовольчі якості зерна, прискорюється післязбиральне його дозрівання. Разом з тим сонячне зерносушіння трудомістке й залежить від метеорологічних умов.

Зерно належить до матеріалів з малою проникністю для інфрачервоних променів. Так, проникність шару завтовшки у дві зернини становить лише 5 %. Крім того, через розсіювання всередину зерна проникає невелика частина енергії.

При використанні генераторів випромінювання густина теплового потоку на поверхні зерна у 20... 100 разів вища, ніж при конвективному його сушінні.

Зерно швидко нагрівається з поверхні, в ньому виникає значний температурний градієнт, що гальмує сушіння. Тому доцільно використовувати осцилюючі режими та комбіновані методи сушіння, а також застосовувати установки інфрачервоного випромінювання для попереднього нагрівання зерна.

Високочастотне нагрівання зерна ґрунтується на явищі поляризації. Під дією високих частот у вологому матеріалі полярні молекули води (диполі) намагаються розташуватися своїми осями вздовж електричного поля. При цьому відбувається тертя молекул між собою і в матеріалі виділяється теплота, а також виникає градієнт температури, спрямований усередину зернової маси, під дією якого волога переміщується до поверхні зерна.

Кількість виділеної теплоти залежить від напруженості електричного поля та частоти коливань, а також від діелектричних властивостей зерна. У промислових установках використовують лампові генератори. У зв'язку з високими питомими втратами енергії під час високочастотного сушіння зерна к.к.д. цих установок більш низький, ніж при конвективному його сушінні. Найраціональніше цей метод поєднувати з конвективним сушінням зерна.

Сушіння зерна під вакуумом дає змогу підвищити інтенсивність процесу завдяки зниженню барометричного тиску. Позитивним тут є те, що можна здійснювати процес сушіння при більш низьких температурах агента сушіння порівняно зі звичайними методами, що забезпечує зберігання природних властивостей зерна. Значні витрати на утворення та підтримання вакууму не дають змоги широко впроваджувати цей метод у промислових масштабах.

Підвищити швидкість процесу сушіння зерна можна використанням *обезводненого підігрітого повітря*. Залежно від способу зменшення вологовмісту повітря розрізняють сушіння за допомогою вологовбирачів (ізотермічне сушіння) — силікагелю, активованого вугілля (при цьому виникають додаткові витрати на обезводнення вологовбирачів) та сушіння за

допомогою агента при пропусканні його через холодильні установки і установки конденсації вологи, що потребує значних витрат електроенергії.

Ефективність *контактного* (сорбційного) зерносушіння залежить від температури та інших факторів, які характеризують стан і гігроскопічність зерна та сорбенту. Таке сушіння забезпечує краще зберігання якості зерна, але потребує витрат на перемішування і відокремлення зерна від сорбенту. Останнім часом його широко використовують в рециркуляційних сушарках, де змішуються два потоки зерна з різною вологістю, а в деяких сушарках — з різною температурою. Як сорбент застосовується підсушене нагріте зерно, що циркулює в сушарці у замкненому контурі. Нагріте в сушарці до більш високої температури, ніж сире зерно, воно у тепловологообміннику віддає частину теплоти сирому зерну та зволожується у контакті з ним.

Інтенсивність міжзернового вологообміну залежить від різниці вологості, температури, кратності змішування сирого та редаркулюючого зерна. Вологообмін найінтенсивніше відбувається у перші 15...20 хв, після чого процес сповільнюється. За цей час вологість сирого зерна знижується на 2,5...3 %. Характерно, що температура зерна вирівнюється вже через 1,5...2 хв.

Такий перерозподіл вологи від сирого до рециркулюючого зерна приводить до зняття вологи при дальшому його сушінні з більшої поверхні, що інтенсифікує процес. При цьому велике значення мають також процеси внутрішнього тепловологоперенесення, що впливають на вирівнювання температури та вологості в кожній окремо взятій зернині.

За допомогою *механічних* методів сушіння зерна віджиманням або центрифугуванням видаляють механічно зв'язану чи поверхневу вологу, наприклад під час виходу зерна з мийного відділення млинів, на віджимних колонках.

Найперспективнішим у зерносушінні є методи комбінованого сушіння (конвективно-кондуктивний, радіаційно-конвективний та ін.).

Складовою процесу сушіння після нагрівання зерна є його охолодження. У прямоочних сушарках охолодження застосовується на кінцевій стадії сушіння, що пов'язано з необхідністю переведення зерна у рівноважний стан не

тільки за вологістю, а й за температурою, з метою його тривалого зберігання. Згідно з інструкцією сушіння температура зерна, що виходить із сушарки, може перевищувати температуру зовнішнього повітря не більш як на 10 °С.

У багатьох рециркуляційних сушарках поряд з цим є ще й проміжне охолодження рециркулюючого зерна, яке дає змогу застосовувати інтенсифіковані режими сушіння з температурою агента сушіння 250...350°C без перегрівання зерна і, крім того, забезпечує додаткове зняття вологи. Зерно охолоджують, продуваючи його зовнішнім повітрям. Інтенсивність охолодження залежить від параметрів повітря, товщини шару зерна та тривалості його охолодження.

1.2.Класифікація зерносушарок

Класифікувати зерносушарки доцільно за такими ознаками: способом підведення теплоти, станом зернового шару, конструкцією сушильної камери, режимом роботи, принципом дії та конструктивним виконанням. Така класифікація дає змогу згрупувати зерносушарки як за зовнішніми конструктивними ознаками, так і за характером процесу сушіння зерна в них.

За способом підведення теплоти розрізняють конвективні та кондуктивні (контактні) зерносушарки. У більшості сучасних сушарок використовують конвективний або комбінований (конвективно-кондуктивний) метод сушіння зерна.

За станом зернового шару розрізняють сушарки зі щільним нерухомим, гравітаційно рухомим, псевдорозрідженим, падаючим і зваженим шарами. Широко застосовуються сушарки, яких зерно висушують у шарах з різним станом зерна.

За конструкцією сушильної камери розрізняють шахтні, барабанні, камерні, трубні та інші сушарки. Велику групу складають зерносушарки, які мають камери різної конструкції з різним станом зернового шару. Такими є сушарки з попереднім нагріванням і рециркуляцією зерна, до складу яких

входять, наприклад, пневмотруба та шахта, камера з падаючим шаром зерна та шахта, камера з псевдорозрідженим шаром і шахта.

Найпоширеніша конструкція зерносушильної камери — це шахта прямокутного перерізу, всередині якої розміщують короби, через які підводять свіжий і відводять відпрацьований агент сушіння.

Іншим видом сушильної камери шахтного типу є камера з падаючим шаром зерна. Для його механічного гальмування всередині такої камери розміщують стержні або гірлянди конусів чи куль.

У барабанних зерносушарках сушильна камера — це барабан, що обертається і всередині якого міститься насадка у вигляді лопатей, які розпушують та пересипають зерно під час його руху вздовж барабана.

Камерна сушарка — це прямокутна камера з похилим або горизонтальним сітчастим днищем.

За режимом роботи розрізняють зерносушарки періодичної та неперервної дії. У періодично діючих сушарках зерно завантажують у робочу камеру на повну її місткість, висушують до потрібної вологості і потім розвантажують камеру. Переваги таких сушарок — простота конструкції та регулювання режиму сушіння зерна. У нашій країні камерні сушарки періодичної дії використовують для сушіння кукурудзи у качанах. Їх також можна застосовувати для сушіння окремих партій насінневого та продовольчого зерна. Недоліки сушарок періодичної дії — перерви в роботі під час завантаження та розвантаження зерна, непродуктивна витрата теплоти на прогрівання сушарки після завантаження чергової партії зерна.

У неперервно діючих сушарках зерно рухається від місця завантаження до місця його випускання під дією гравітаційних сил. Перевагами таких сушарок є: повніше використання сушильної камери, оскільки практично виключаються простой їх під час завантаження та розвантаження зерна; кращі умови для контролю та автоматизації процесу його сушіння; можливість застосування в потокових технологічних лініях. До недоліків деяких конструкцій неперервно діючих сушарок слід віднести

нерівномірність руху зерна у сушильній камері і внаслідок цього нерівномірність його нагрівання та сушіння.

За принципом дії розрізняють прямоточні та рециркуляційні зерносушарки. У перших зерно проходить через сушильну камеру один раз, при цьому вологість його зменшується не більш як на 6...7 %. При необхідності більшого зниження вологості зерна застосовують дво- або трикратне пропускання його через сушарку. Повторне сушіння сирого зерна ускладнює поточне оброблення, різко знижує коефіцієнт використання сушильних потужностей. Для прямоточних сушарок необхідно мати партії зерна майже з однаковою початковою вологістю (її відмінність не повинна перевищувати 2...3 %).

У рециркуляційних сушарках на відміну від прямоточних частина зерна, що випускається, змішується з сирим зерном і знову повертається в сушарку. Зерно сушиться до кінцевої вологості за одне пропускання через сушарку.

За конструктивним виконанням розрізняють стаціонарні та пересувні зерносушарки. Перші розміщують в робочих баштах елеваторів або в сушильно-очисних баштах (СОБ), окремих спорудах чи на відкритих площадках поруч із силосними корпусами, у розриві між робочою баштою та силосним корпусом, біля складів. Пересувні сушарки використовують для сушіння невеликих партій зерна. Такі сушарки можна переміщати на буксирі по дорогах, а також залізницею.

1.3. Шахтні прямоточні зерносушарки

Шахтні прямоточні зерносушарки за режимом роботи є сушарками неперервної дії. Використовують їх для сушіння пшениці, жита, ячменю, кукурудзи, насіння соняшника та інших культур продовольчого та насінневого призначення. У сушильній шахті під дією сил тяжіння зерно рухається зверху вниз і пронизується агентом сушіння. Зерно переміщується в шахті суцільною масою зі швидкістю, що визначається роботою випускного механізму періодичної або неперервної дії.

Як найзручніші та найпростіші шахтні прямоточні зерносушарки знайшли застосування і мають продуктивність 1...50 пл.т/год. Серед них найпоширенішими є конвективні зерносушарки стаціонарні (ДСП-16, ДСП-24, ДСП-32, ДСП-32от) та пересувні (ЗСПЖ-8, К4-УСА, К4-УС2-А).

Для сушіння круп'яних культур використовують конвективно-кондуктивну шахтну сушарку ВС-10-49 М.

Зерносушарка типу ДСП.

Зерносушарки відкритого типу застосовують на хлібоприймальних підприємствах і встановлюють на поточних лініях для приймання, очищення, сушіння та відвантаження зерна, а також безпосередньо біля елеваторів і складів.

Такі зерносушарки розташовують поза будівлями у прив'язці До силосних корпусів або робочих башт елеваторів, а також на механізованих технологічних лініях післязбирального оброблення зерна у прив'язці до складів.

Зерносушарка ДСП-32от (рис. 1.2) на відміну від інших зерносушарок типу ДСП має металеві шахти. Вона найпоширеніша в нашій країні завдяки компактності, надійності, низькій вартості, можливості сушіння всіх зернових культур. Виготовляють її у заводських умовах у вигляді окремих секцій та вузлів, складання яких здійснюють на місці встановлення сушарки. Топку розміщують в окремій двоповерховій споруді, розташованій поруч із зерносушаркою.

Зерносушарка є установкою відкритого типу з двоступінчастим режимом сушіння і складається з двох паралельно працюючих шахт (рис. 1.2) заввишки 11571 мм. Кожна шахта має сім секцій і по висоті поділяється на три зони: перша зона сушіння (заввишки 4950 мм) розташована у верхній частині шахти, друга (заввишки 2850 мм) — у середній, а третя (зона охолодження) — в нижній частині шахти. Висота секції становить 1650 мм. У кожній секції є вісім рядів коробів по 16 шт. у кожному ряду.

Шахта по висоті має 27 рядів підвідних і 29 рядів відвідних коробів, з них у першій зоні їх 21, у другій — 14 і в третій — 18. Агент сушіння та повітря подаються у напірно-розподільні камери зон сушіння та охолодження

вентиляторами. Напірно-розлодільну камеру, розташовану між шахтами, поділено горизонтальними перегородками на три частини, що утворюють дві зони сушіння та охолодження зерна.

Сушильні й охолоджувальні секції містять підвідні та відвідні короби, виготовлені з оцинкованої сталі й покриті всередині антикорозійним лаком.

Поперечний переріз коробів і схема їх взаємного розташування в шахті такі самі, як у всіх сушарках типу ДСП, Для захисту шахт від потрапляння

атмосферних опадів над відкритими торцями відвідних коробів встановлено запобіжні козирки, виготовлені з оцинкованої сталі.

Стінки шахти теплоізолювано мінеральною ватою, а ззовні обшито сталевими листами. Надшахтний бункер заввишки 2500 мм виготовлено з листової сталі завтовшки 3 мм.

Під кожною шахтою встановлено випускний механізм періодичної дії та підсушувальний бункер. З останнього зерно подається на конвеєр і далі спрямовується в норію та на склад або на елеватор. Регулювання продуктивності зерносушарки здійснюється командатором КЕП-12У.

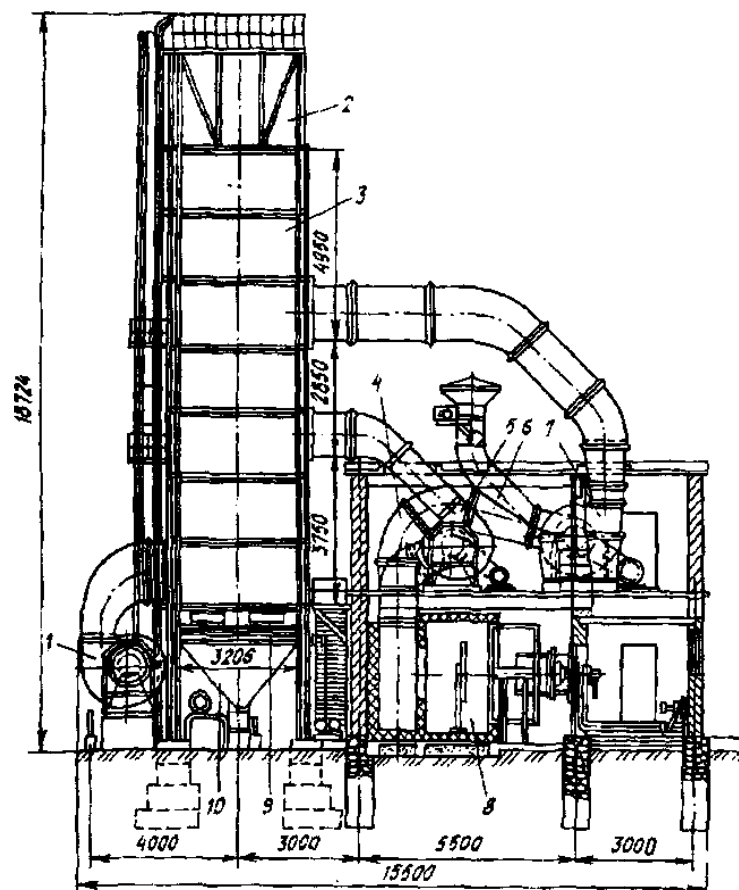


Рис. 1.2. Зерносушарка ДСП- 32от

Зерносушарки типу СЗШ

Ці сушарки призначені для сушіння як продовольчого, так і насінневого зерна різних сільськогосподарських культур. Їх установлюють на токах і біля складів, а також на невеликих хлібоприймальних підприємствах. Продуктивність зерносушарок залежить від кількості сушильних секцій: у сушарці СЗШ-8 їх дві, а в сушарках СЗШ-16 і СЗШ-16Р — чотири.

Зерносушарка СЗШ-16 складається з двох паралельно розташованих сушильних шахт, установлених на загальній станині, двох винесених охолоджувальних камер, вентиляторів сушильних шахт, дифузорів. Подачу сирого зерна у сушильні й охолоджувальні шахти здійснюють чотири норії послідовно.

Сушильна шахта має дві однакові секції, встановлені одна на одну. В шахті розміщено 14 рядів повітророзподільних коробів, по вісім у кожному ряду.

Кожна сушильна шахта має по одному вентилятору Ц4-70 № 8, з'єднаних з шахтами дифузорами із всмоктувальними коробами. Зерносушарка СЗШ-16 працює під розрідженням. Топка з сушильними шахтами з'єднується повітропроводами та дифузорами.

Над кожною шахтою розміщено надсушильні бункери. Надлишки зерна з них зсипаються через зливну самовпливну трубу у башмак норії для сирого зерна. У надсушильних бункерах встановлено датчики верхнього і нижнього рівнів зерна. Зерносушарку обладнано випускними механізмами комбінованої дії, що здійснюють як неперервні рухи з амплітудою коливання 4...20 мм, так і періодичні (через кожні 4 хв) з амплітудою 135 мм.

Шахти зерносушарок СЗШ-16 і СЗШ-16Р можуть працювати як паралельно, так і послідовно з наступним охолодженням зерна. Зерносушарка СЗШ-16Р подібна до сушарки СЗШ-16 і відрізняється від неї тільки будовою топки, яка має теплообмінник, що дає змогу сушити зерно чистим нагрітим повітрям. Теплообмінник має вигляд кінцевого каналу, розташованого концентрично до камери згоряння та з'єданого з нею шістьма радіальними патрубками. Для закручування потоку газу в кільцевому каналі встановлено гвинтові напрямні лопаті. У передній частині теплообмінника змонтовано димову трубу, а в задній частині камери згоряння є заглушка, яка перекриває надходження топкових газів у зерносушарку, спрямовуючи їх у димову трубу.

Зерносушарка СЗШ-8 відрізняється від сушарки СЗШ-16 тим, що вона має одну сушильну шахту. Розміри її охолоджувальної шахти зменшено. Потужність електродвигунів у цих сушарок різна.

Охолоджувальну шахту зерносушарок СЗШ-16 і СЗШ-16Р заввишки 1260 мм виконано з двох перфорованих циліндрів діаметрами 760 мм (внутрішній) та 1260 мм (зовнішній). У нижній частині зовнішнього циліндра, який закінчується конусним дном, встановлено шлюзовий затвор для випуску охолодженого зерна. Зерно знаходиться в кільцевому просторі між зовнішнім і внутрішнім циліндрами й охолоджується атмосферним повітрям, що проходить крізь нього. Відпрацьоване повітря із внутрішнього циліндра викидається вентилятором назовні.

Вентилятор умикається після заповнення шахти зерном. У шахті розмішено датчики рівня зерна, які вмикають або вимикають вентилятор і шлюзовий затвор.

Технологічну схему зерносушарки СЗШ-16 показано на рис. 1.3. Вона може працювати як при паралельній, так і послідовній подачі зерна в шахти.

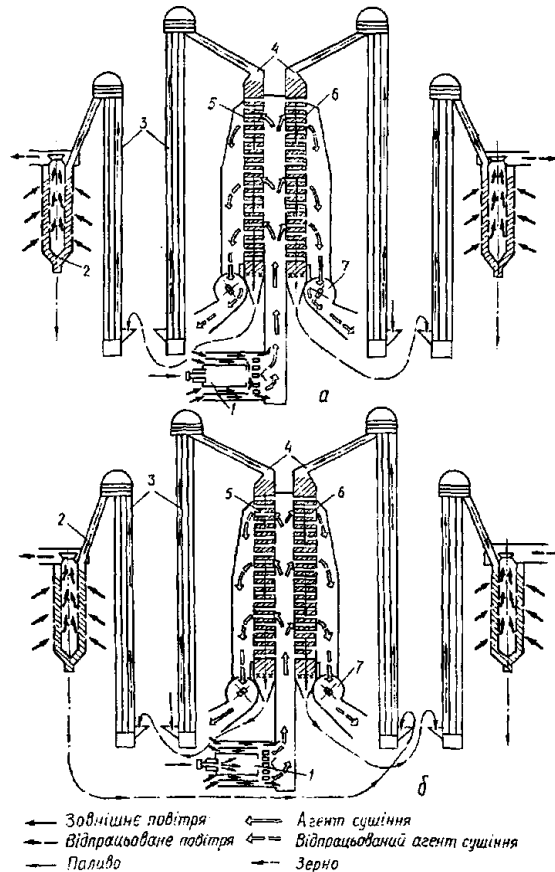


Рис. 1.3. Технологічна схема зерносушарки СЗШ-16 при паралельній а) та послідовній б) подачах зерна в шахти.

1.4. Пересувні зерносушарки

Зерносушарка К4-УСА (вдосконалена зерносушарка ЗСПЖ-8). Це сушарка неперервної дії шахтного типу, призначена для сушіння відносно невеликих порцій зерна, розміщеного в зерноскладах і на асфальтових площадках. Сушарку розраховано на сушіння сирих та вологих зерен пшениці, жита, ячменю, рису, качанів кукурудзи і насіння соняшника, крім насінневого зерна вказаних культур, рапсу та дрібнозернистих культур.

Пересувна зерносушарка К4-УСА є мобільним резервом сушильної потужності, легко перевозиться від господарства до господарства та між

хлібоприймальними пунктами. Вона містить топкову і сушильну частини, змонтовані на шасі автомобільного причепа МАЗ-8925. Сушильна частина включає дві паралельно розташовані шахти з напірно-розподільними камерами між ними, дві норії, два випускних механізми неперервної дії, три шнеки, два бункери сирого зерна. Шахти мають розміри у плані 3360 x 1000 мм та висоту 150 мм. У кожній шахті є дві сушильні й одна охолоджувальна зони. У першій сушильній зоні розміщено два ряди коробів.

У напірно-розподільній камері встановлено клапан, який дає змогу перекривати по одному ряду коробів у другій сушильній та охолоджувальній зонах. Сушіння зерна може бути організовано на відкритому повітрі при температурі від - 20 до + 40 °С. У зерносушарці для більш інтенсивного та рівномірного продування зернового шару застосовано жалюзійні короби. Підвідні та відвідні короби чергуються через один у кожному ряду. Агент сушіння подається у сушильні зони вентилятором Ц9-57 №6, а в охолоджувальну— вентилятором Ц9-57 №5.

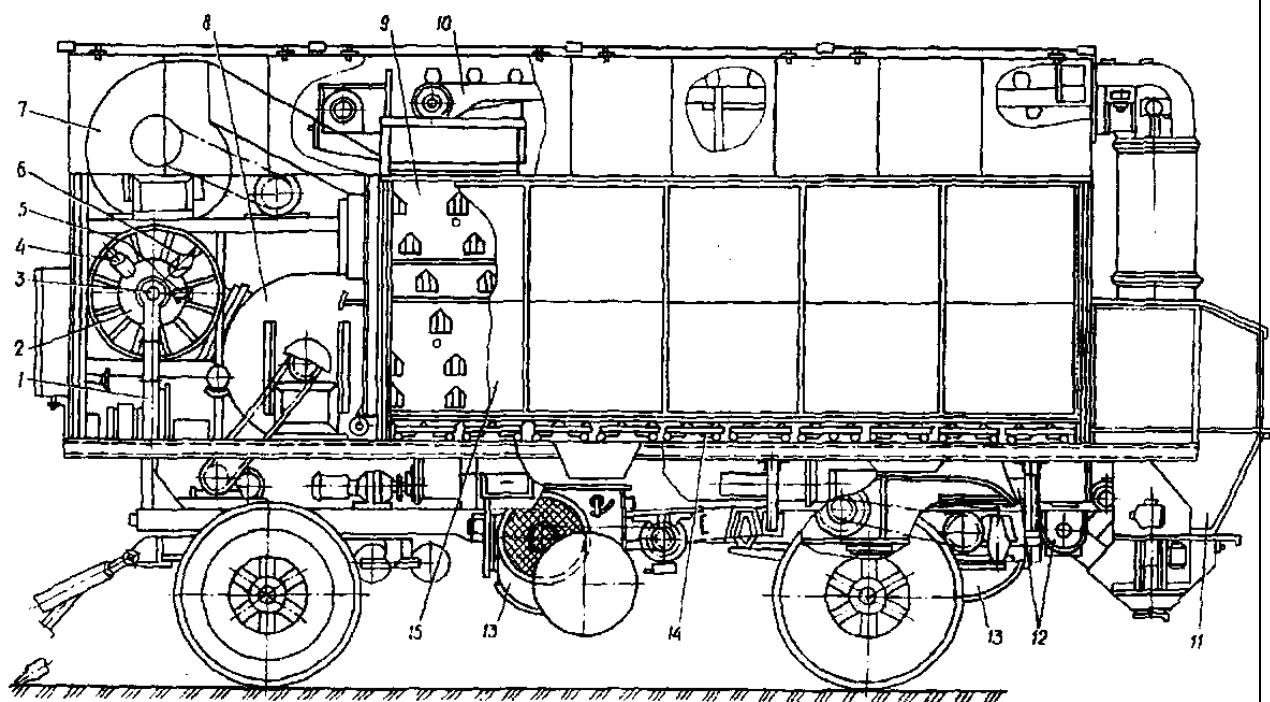


Рис. 1.4. Зерносушарка К4-УСА7.5.

1.5. Шахтні рециркуляційні зерносушарки

Шахтні рециркуляційні зерносушарки, призначені для сушіння зерна як продовольчого, так і насіннєвого призначення, відрізняються від шахтних прямоточних зерносушарок способом підведення теплоти, наявністю рециркуляції зерна та конструкцією окремих вузлів. Перевагами цих сушарок є: можливість сушіння зерна різної початкової вологості одночасно, у зв'язку з чим відпадає необхідність формування партій зерна за вологістю; забезпечення кінцевої заданої вологості зерна за одне проходження через сушарку (зняття вологи при цьому досягає 12...14 %).

Серед шахтних рециркуляційних зерносушарок найпоширенішими є сушарки типу РД (РД-2х25-70, У2-УЗБ-50), АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50, АІ-УСПІ. Як і в прямоточних, шахти рециркуляційних зерносушарок мають прямокутний переріз, усередині яких встановлено короби рядами в шаховому порядку.

У шахтах зерносушарок АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50, АІ-УСПІ короби закріплено з одного боку двома шпильками з гайками, а з іншого — пластиною, що притискує короб до стінки шахти за допомогою болта з гайкою.

Короби мають жалюзі та змінний переріз по довжині. Випускний механізм неперервної дії зерносушарки АІ-УЗМ, виконаний у вигляді етажерки, складається з двох рам, розташованих одна під одною. Випускний механізм виконано так, що вихід зерна припиняється в разі призупинення рухомої рами в будь-якому положенні.

Продуктивність зерносушарки при наявності випускного механізму неперервної дії можна регулювати залежно від вологості зерна на виході з шахти зміною ексцентриситету.

Зерносушарка РД-2х25-70. Призначена вона для сушіння засміченого та з високою вологістю зерна пшениці, жига, вівса, ячменю. Сушарка складається з двох агрегатів продуктивністю 25 пл. т/год кожний, що дає змогу сушити одночасно дві партії зерна.

Зерносушарку РД-2х25-70 виготовляють у вигляді окремих сталених секцій. Шахти охолодження мають вентилятори Ц4-70 № 12, а

камери нагрівання — вентилятори Ц9-55 № 8. Зерносушарку обслуговують дві норії, призначені для рециркуляції зерна, продуктивністю 175 т/год кожна.

Бункери над камерою нагрівання забезпечують накопичення суміші зерна, що подається в них норіями. Бункери зварено з листової сталі розмірами 3000 x 2000 x 2730 мм. Стінка однієї секції над осадною камерою має схил 40°. Надлишок зерна з бункера надходить у камеру нагрівання через два переливних патрубки перерізом 200 x 200 мм.

У нижній частині бункера встановлено завантажувальний пристрій, який служить для рівномірної подачі зерна в камеру нагрівання та утворення зернової подушки у бункері, що перешкоджає підсмоктуванню атмосферного повітря в камеру нагрівання.

Завантажувальний пристрій зерносушарки складається із чотирьох воронок з випускними отворами розмірами 200 x 200 мм кожний і двох горизонтально розташованих рам. У кожній рамі є шість опорних роликів для її горизонтального переміщення по напрямним.

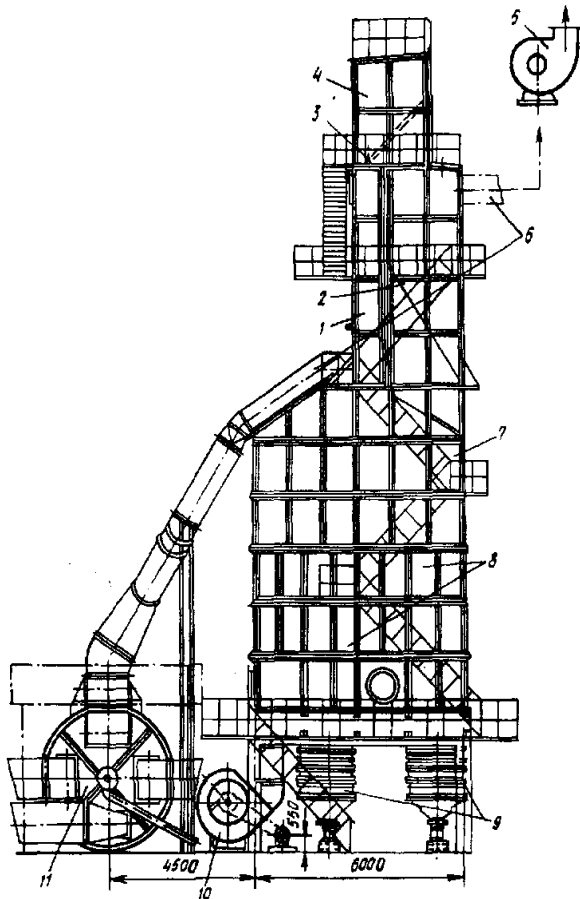


Рис. 1.5. Зерносушарка
РД2х2-70

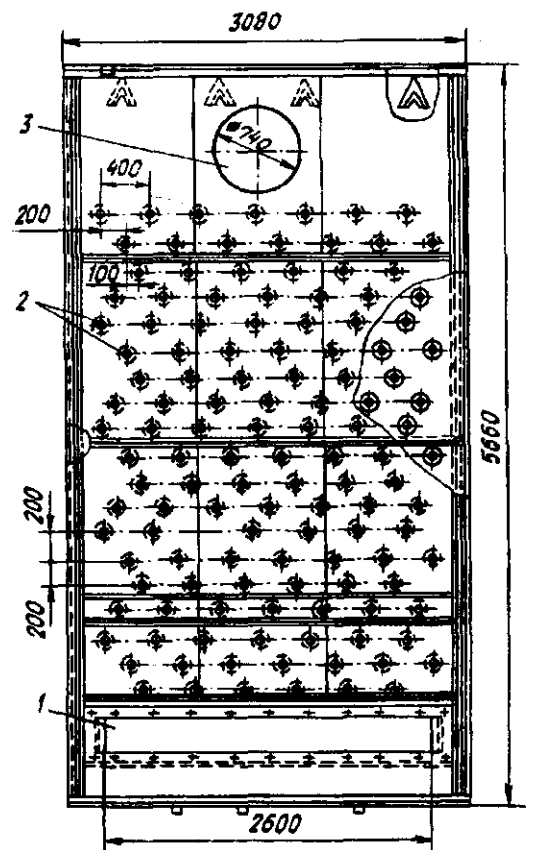


Рис. 1.6. Камера нагрівання
зерносушарки РД 2х25-70

1.6. Барабанні зерносушарки

Барабанні зерносушарки широко використовують для сушіння зерна злакових культур, насіння соняшнику тощо. У системі хлібопродуктів і сільському господарстві застосовуються стаціонарні та пересувні барабанні сушарки. До перших належать зерносушарки СЗСБ-8 і СЗСБ-8М, до других - барабанна сушарка СЗПБ-2,5.

Основним елементом барабанних зерносушарок є горизонтальний або трохи похилий циліндричний барабан, що обертається з частотою $2...6 \text{ хв}^{-1}$ і всередині якого пересувається по довжині та сушиться зерно. Залежно від продукту, що сушиться, всередині барабана встановлюють різного типу насадки або поздовжні лопаті, які сприяють інтенсифікації процесу сушіння.

Основна характеристика барабанних зерносушарок — волого-напруженість об'єму барабана, тобто кількість випареної вологи з 1 м^3 його об'єму. Значення

вологоднапруженості, яке залежить від типу, ступеня заповнення та частоти обертання барабана, теплофізичних властивостей і розмірів, а також від температури, вологості, швидкості агента сушіння всередині барабана.

Зерносушарка СЗСБ-8.

Ця зерносушарка призначена для сушіння різних зернових і олійних культур будь-якої вологості та засміченості без попереднього їх очищення. Сушарку встановлюють на олійно-жирових підприємствах для сушіння насіння соняшника, на токах сільськогосподарських господарств, іноді на хлібоприймальних підприємствах для сушіння рапсу. На олійно-жирових комбінатах її розміщують у спорудах, на токах сільськогосподарських підприємств та біля складів під наметом на хлібоприймальних підприємствах.

Зерносушарка СЗСБ-8 складається із топки, завантажувальної камери, сушильного барабана, з вентилятором розвантажувальної камери, охолоджувальної колонки з вентилятором, розвантажувальної та завантажувальної норій, а також приводного механізму.

Топка зерносушарки — металева циліндричної форми, працює на рідкому паливі. Вона має камеру згоряння, паливну систему живлення, вентилятор розпилювання палива, станину димової труби та блокувальний пристрій.

Завантажувальна камера, що встановлюється поруч з переднім торцем сушильного барабана, служить для подачі агента сушіння і сирого зерна в барабан сушарки. Дно камери конусне, закінчується клапаном-мигалкою, через який надлишок сирого зерна можна вивести із камери.

Сушильний барабан — шестисекційний з підйомно-лопатевою системою. Знімна хрестовина складається з чотирьох частин. У передній, конусній, частині барабана знаходяться шість гвинтових доріжок, що підводять зерно до секторів. Гвинтові доріжки в кінці барабана призначені для його відведення. Закінчується барабан кошеним патрубком, до зовнішнього фланця якого приєднано кільце з шістьма люками, що знімається і має два бандажі, якими спирається на металеві ролики, що приводять у рух барабан.

Розвантажувальна камера служить для відведення відпрацьованого агента сушіння та випуску просушеного зерна. Його виведення з камери відбувається

неперервно за допомогою шлюзового затвора, встановленого в кінці конусного днища камери. Привод шлюзового затвора здійснюється від електродвигуна через редуктор. Відпрацьований агент сушіння виводиться вентилятором, розміщеним над камерою.

Вертикальну охолоджувальну колонку виконано із двох циліндрів, основну частину яких (нижню) перфоровано, а верхню зроблено із суцільного листа. Кільцевий простір між циліндрами служить ємністю для зерна, в якій відбувається його охолодження завдяки просмоктуванню повітря крізь шар зерна. Подача повітря для охолодження здійснюється через отвори зовнішнього циліндра.

Керують усіма елементами зерносушарки дистанційно, для чого всю апаратуру пуску, захисту та керування зосереджують на керувальній станції.

Технологічну схему зерносушарки СЗСБ-8 показано на рис. 1.7. Зерно з норії 2 через завантажувальну камеру 3 надходить у сушильний барабан 4, де його лопаті та хрестовини підхоплюють зерно і підіймають його вгору, після чого воно зсипається вниз і далі переміщується вздовж барабана.

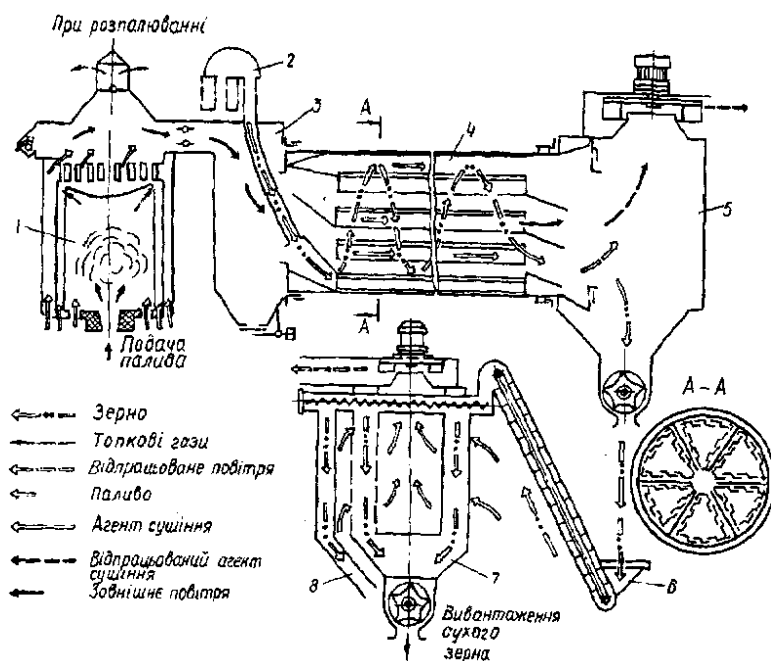


Рис 1.7. Технологічна схема зерносушарки СЗСБ-8

Агент сушіння, проходячи крізь барабан, обмиває та висушує зерно, що зсипається з полиць. Зерносушарка працює під розрідженням для запобігання втрати агента сушіння крізь нещільності.

Зчленування обертового барабана з завантажувальною 3 та розвантажувальною 5 камерами здійснюється через лабіринтові ущільнення.

Підпирання зерна на виході із сушильного барабана, створене колодязем з люками, служить для забезпечення потрібного заповнення барабана. Люки відкривають тільки після закінчення сушіння партії зерна, щоб повністю вивільнити барабан. Його заповнення сирим зерном має бути максимальним, що відповідає приблизно 20...25 % місткості барабана. При недостатньому його заповненні знижується продуктивність сушарки і зерно в сушильному барабані починає перегріватися.

Відпрацьований агент сушіння виводиться вентилятором, розміщеним під розвантажувальною камерою сушарки. Висушене зерно неперервно через шлюзовий затвор виводиться з розвантажувальної камери норією 6 в охолоджувальну колонку 7. Тут воно переміщується зверху вниз, одночасно

продувається атмосферним повітрям та охолоджується. Повітря для охолодження надходить зовні по всій висоті перфорованої частини колонки, проходить крізь шар зерна у внутрішній циліндр і викидається вентилятором в атмосферу.

Рух зерна у колонці порційно-періодичний. При досягненні верхнього рівня воно давить на мембрану датчика верхнього рівня, який вмикає електродвигун шлюзового затвора, що випускає охоложене зерно. У той момент, коли рівень зерна знижується до датчика мінімального рівня, електродвигун вимикається і вивантаження зерна припиняється. Його рівень починає підвищуватися і цикл повторюється.

1.7. Зерносушарки іноземного виробництва

Найбільшого розвитку зерносушильна техніка набула в США, Великобританії, Швеції, Німеччині, Франції, Чехії, Польщі. Зерносушильний

парк цих країн надзвичайно різноманітний, характеризується великою кількістю моделей зерносушарок.

У фермерських господарствах дуже поширеним є сушіння зерна в металевих силосах місткістю 30...250 т і більше. Агент сушіння нагнітається вентилятором у підпілля, а на підлозі встановлюють повітророзподільні канали або силос має днище, виготовлене із сита.

На великих фермах та елеваторах в основному використовують неперервно діючі сушарки, серед яких найпоширенішими є шахтні з повітророзподільними коробами або перфорованими стінками. Деякі зерносушарки, не маючи ні підвідних, ні відвідних коробів, характеризуються низькою металомісткістю. Вентилятори розміщують безпосередньо біля сушильних камер або навіть монтують у них. Багато фірм перейшли на виготовлення уніфікованих сушильних блоків, з яких монтують однотипні зерносушильні установки необхідної продуктивності.

Як агент сушіння застосовують суміш продуктів згоряння рідкого або газоподібного палива з повітрям. Використовують зерносушарки з паровими калориферами для нагрівання повітря. Поширеними є сушарки з попереднім нагріванням зерна, рециркуляцією відпрацьованого агента сушіння та холодного повітря, яке пройшло через охолоджувальну камеру, що знижує витрату теплоти під час сушіння зерна.

На рис. 1.8 показано зерносушарку фірми «Ферм Фанз» (СІЛА). Кожен блок її є самостійною сушаркою з двома вентиляційними вузлами 9. Сушильний блок складено з кількох сітчастих колонок 3, закріплених на станинах 6. . У сушарці можна сушити й охолоджувати зерно або тільки сушити його з наступним охолодженням у силосі, що вентилується. Вологе зерно завантажують у над сушильний бункер 2, де знаходиться шнек 1, який розрівнює шар зерна і розподіляє його по довжині колонки. Із бункера зерно опускається по двох колонках. У простір 4 між ними нагнітається агент сушіння. Висушене зерно вивантажується з нижнього бункера.

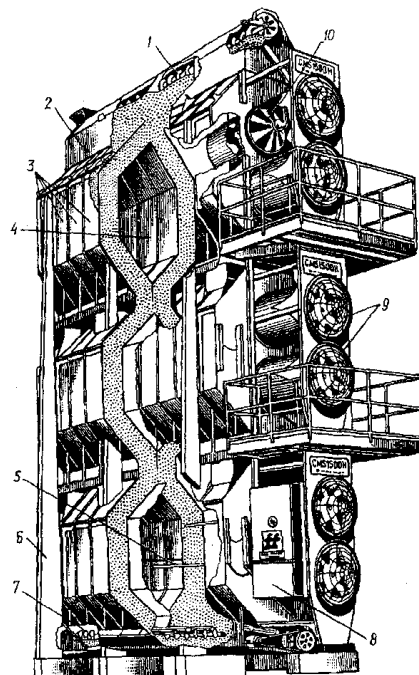


Рис. 1.8. Зерносушарка фірми «Ферм Фанз» (США)

Фірма «Кемпбелл» (СПА) випускає шахтну зерносушарку з повітророзподільними коробами (рис. 1.9). Сушарка складається зі зведеної металевої шахти 2 та топки 4. Шахту складають із секцій, розділених перегородками на 10 однакових колонок. Вона має сушильну 1 та охолоджувальну 3 камери.

Короби — трикутної форми, ряди підвідних коробів чергуються з рядами відвідних (рис. 1.9.б). Крок коробів по вертикалі змінний (від 200 до 400 мм), завдяки чому змінюється питома витрата агента сушіння по зонах.

Крок коробів по горизонталі становить 425 мм. У підвідних коробах встановлено перегородки двох типів: великі 4 та малі 3 для відокремлення соломистих домішок. Перегородки кріплять стяжками 5,6. У середній частині відвідних коробів є розпірки 2.

Із зовнішньої стінки шахти вихідні отвори відвідних коробів закрито кришками на шарнірах. У відвідних коробах встановлено датчики приладів для автоматичного вимикання вентиляторів у разі перегрівання зерна або оголення верхніх рядів коробів. Розвантажувальний пристрій складається з 10 валиків з гвинтоподібними жолобками. Продуктивність сушарки до 80 т/год.

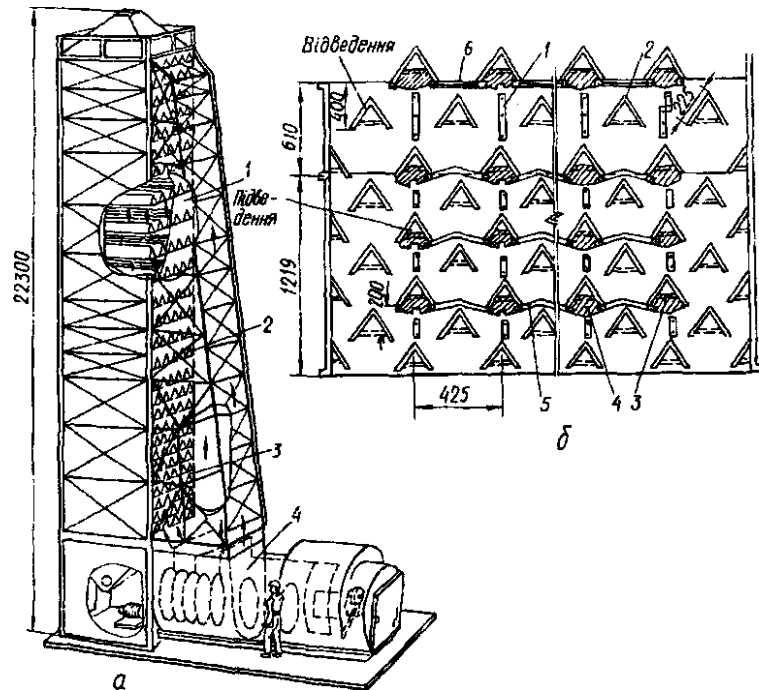


Рис. 1.9. Зерносушарка фірми «Кемпбелл» (США)

В Японії для сушіння рису-зерна використовують шахтні сушарки, розділені по висоті на шість секцій. Температура агента сушіння у першій зоні становить

45...50 °С, в останній — 30...35 °С. Зниження вологості рису за одне проходження через сушарку не перевищує 2...2,5 %.

На рис. 1.10. зображено схему шахтної сушарки фірми «Сатакі» (Японія) для циклічного сушіння рису-зерна. Сушарка працює в комплекті з сил осами, що вентилюються, для проміжного відволожування зерна. Зниження вологості з 22...25 до 14 % досягається за шість циклів.

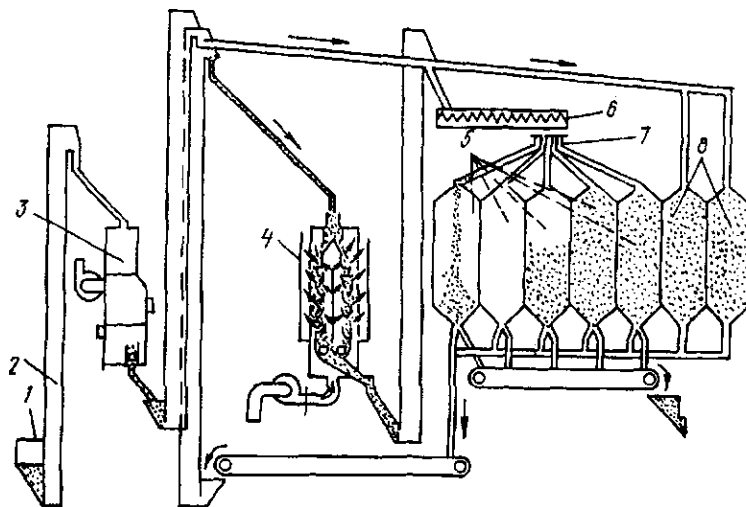


Рис. 1.10. Схема зерносушарки «Сатакі» (Японія).

Висновок

Провівши аналітичний огляд обладнання для сушіння зерна, можна відзначити, що найбільш універсальними, найзручнішими та найпростішими є шахтні прямоточні зерносушарки. Разом з цим існує багато недоліків в роботі шахтних зерносушарок пов'язаних з нерівномірністю сушіння зерна та з низьким к.к.д. Тому в якості обладнання для бакалаврської роботи була прийнята зерносушарка шахтного типу ЗСШ-1.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Собівартість сушки 1 *план, т* зерна — важливий техніко-економічний показник, що характеризує виробничу роботу хлібоприймального підприємства по сушінню зерна.

Адміністративно-технічний персонал підприємства повинен звертати найсерйознішу увагу на організаційно-технічні питання, пов'язані з витратами на сушіння зерна. Ці затрати більшою мірою залежать від продуктивності і типу сушарки, а також від організації робіт по сушці зерна.

У собівартість сушки зерна входять наступні прямі затрати:

заробітна плата обслуговуючого персоналу ;

вартість палива і електроенергії;

вартість поточного ремонту зерносушарки.

Крім того, до вартості сушки зерна відносять амортизаційні відрахування у встановленому відсотку від вартості будівлі і устаткування сушарки.

Фактичну собівартість сушки 1 *план, т* зерна зазвичай визначають в середньому за рік діленням суми всіх вказаних прямих витрат і амортизаційних відрахувань на кількість просушеного зерна в планових тоннах за звітний період.

Собівартість сушки 1 *план, т* зерна в сушарках великої продуктивності, як правило, менше, ніж в однотипних сушарках меншої продуктивності. Це досягається зменшенням оплати за 1 *т* просушеного зерна, а також завдяки зменшенню питомих витрат палива і електроенергії; при цьому зменшуються також амортизаційні відрахування, що доводяться на 1 *план, т* просушеного зерна.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Техніко-економічне, соціальне обґрунтування	18-2012.ДП.14.002 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/4

Зменшення витрат на сушку досягається також в результаті збільшення продуктивності сушарок шляхом впровадження перевірених способів реконструкції, оскільки при цьому капітальні витрати на приріст 1 *m* продуктивності сушарки менші, ніж витрати на 1 *m* продуктивності при новому будівництві.

Велике значення для зменшення собівартості мають організація ритмічної безперебійної роботи всіх сушарок і правильний догляд за ними.

Для зменшення витрат при сушці зерна на сушарках невеликої продуктивності (наприклад, ЗСШ-1), що встановлюються на майданчиках, доцільно групувати їх по декілька штук так, щоб високовологе зерно можна було просушувати на них послідовно до сухого стану.

У витратах на сушку 40—50% займають витрати на паливо і електроенергію. Ці витрати залежать від фактичних питомих витрат на 1 *план, т* просушеного зерна, а також від вартості палива і електроенергії на даному підприємстві.

Для зменшення витрати електроенергії необхідно, щоб потужність встановлених електродвигунів відповідала потужності при нормальній роботі устаткування (без великого запасу). Зайва витрата електроенергії часто являється наслідком роботи електродвигунів без навантаження (вхолосту), що абсолютно не повинне допускатися.

Витрати по поточному ремонту машин і устаткування приймають у розмірі 25% суми амортизаційних відрахувань на хлібоприймальних підприємствах і 50%—на промислових. У тих випадках, коли потрібне зіставлення техніко-економічних показників різних зерносушарок, необхідно визначати собівартість сушки на цих сушарках і термін окупності проведених витрат.

Собівартість сушки на хлібоприймальних підприємствах залежить від тривалості (сезонності) роботи протягом року.

Техніко економічні показники модернізованого обладнання

В результаті заміни блоку нагрівальних елементів на теплогенератор, який працює на спалюванні соломи, в зерносушарці шахтного типу ЗСШ-1 спостерігається значна економія. При спалюванні соломи вміст енергії в 2,4 кг соломи і в 1 літрі дизельного палива однакове. Один рулон діаметром 1,8 м і вагою 330 кг замінює мінімум 140 літрів дизельного палива або 140 м³ природного газу.

Початкові дані для розрахунку такої економії: максимальне разове завантаження паливом теплогенератора 150-160 кг соломи, і цієї кількості вистачає на безперервне горіння впродовж 1 – 1,5 годин. Вартість 1 тонни соломи в пакунках на сьогодні складає 120 – 150 грн. Таким чином, витрати на паливо на одну годину роботи теплогенератора ТГС-500 досягають 18-20 грн., а за добу - 480 грн.

Виходячи з того, що з 1 га поля збирають 3 - 4 тонни соломи, важливо знати, що цього палива вистачить щоб висушити 100-120 тонн зерна, понизивши його вологість з 20% до 15%. Крім того, в теплогенераторах такого типу можна спалювати також і дешеві відходи зернопереробки (стрижні кукурудзи, лущиння соняшнику, гречки і рису).

Таким чином в теплогенераторах такого типу, економиться за один місяць не менше 25 тис. грн., що складає близько 65% від вартості самого теплогенератора.

Запропонована модернізація, а саме повторне використання агента сушіння та нагрітого повітря що викидається з охолоджувальних камер, дає змогу зменшити загальні витрати теплоти на 37 %, що призведе до економії енергоресурсів.

При рішенні питання про впровадження якої-небудь зерносушарки або реконструкції, що працює на конкретному підприємстві необхідно враховувати об'єм роботи, а також можливість сушки різних зернових культур, що поступають на дане підприємство.

Висновок

Для заняття вигідного положення на ринку збуту необхідно підвищувати якість продукції, знижувати матеріальні і трудові затрати. Велику увагу слід приділяти раціональному та економному використанню енергоресурсів.

Модернізація зерносушарки дасть змогу зменшити енерговитрати, що призведе до збільшення прибутку та зниження собівартості виробництва.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОЇ СИРОВИНИ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Зерно є основним продуктом сільського господарства. Із зерна виробляють важливі продукти харчування: муку, крупу, хлібні і макаронні вироби. Зерно необхідне для успішного розвитку тваринництва і птахівництва, що пов'язане із збільшенням виробництва м'яса, молока, масла і інших продуктів. Зернові культури служать сировиною для отримання крохмалю, патоки, спирту і інших продуктів.

Оброблювані зернові культури відносять до трьох ботанічних родин - злакових, гречаних і бобових.

Зернова маса має певні фізичні властивості — сипкість, само-сортування, шпаруватість, здатність до сорбції та десорбції різних парів і газів (сорбційна ємність), тепло-, температуро- і термовологопровідність, теплоємність. Знання і врахування фізичних властивостей зернових мас набувають особливого значення у зв'язку з механізацією й автоматизацією процесів обробки зерна в потоці, впровадженням нових способів сушіння, застосуванням пневматичного транспорту та зберіганням значних партій його у великих сховищах (силосах сучасних елеваторів, металевих бункерах, на складах). Зерно злаків не має різких відмінностей по кількості речовин, що містяться, але характеризується певними особливостями. Ядро плівчастих культур після видалення квіткової плівки за вмістом основних речовин наближається до хімічного складу голозерних злаків. Білки - найважливіші речовини, що входять до складу будь-якої живої клітини. Їх вміст в зерні, склад і властивості визначають технологічні і харчові переваги продуктів переробки зерна.

При оцінці визначають ряд показників, що характеризують партію зерна в цілому, - органолептичні властивості, вологість, вміст домішок, натуральність, відсутність або наявність шкідників комор. Крім того, обов'язково досліджують якість зерна основної культури: величина і вирівненність, у плівчастих культур

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Характеристика вхідної сировини і готової продукції	18-2012.ДП.14.003 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/2

- плівчастість, склоподібність і інші властивості зерна, що враховуються при переробці.

Органолептична оцінка має важливе значення, оскільки остаточна думка про гідність продукту харчування можна отримати тільки при споживанні його в їжу. Нормальне зерно будь-якої культури має характерні для неї природне забарвлення, блиск, запах і смак. Ці показники легко змінюються за несприятливих умов дозрівання, прибирання, перевезення, порушенні режимів сушки і зберігання.

При надмірно тривалому зберіганні зерна поступово можуть з'являтися присмаки і запахи, властиві гіркнучому жиру.

Зерно, що має сторонні присмаки і запахи, що не відділяються при провітрюванні, переробці харчовому використанню не підлягає.

Вологість зернової маси є одним з головних чинників, що визначають його збереження. В рахунковому зерні волога знаходиться в зв'язаному стані, має низьку активність і не може брати участь в біологічних і фізико-хімічних процесах.

Підвищення вологості приводить до появи певної кількості вільної води,, що характеризується невисокою енергією її зв'язку з тканинами зерна. Вона може брати активну участь у фізико-хімічних ферментативних процесах, що протікають в зерні.

Стандарти передбачають чотири стани по вологості (у %): сухе - 13 - 14, середньо - сухе - 14,1 - 15,5; вологе - 15,6 - 17 і сире - понад 17. На тривале зберігання придатне тільки сухе зерно.

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ.

БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ.

Зерносушарка шахтного типу ЗСШ-1, призначена для безперервного сушіння і кондиціонування зерна, злакових(пшениця, жито, ячмінь, овес, просо, гречка, кукурудза), бобів(горох, квасоля, чечевиця, нут і ін.), олійних(соняшник, соя, рапс, гірчиця, коноплі, льон, і ін.) і будь-яких інших культур способом прямоточно-перехресної взаємодії продукту з нагрітим і не нагрітим повітрям. ЗСШ-1 може експлуатуватися як в закритому окремому приміщенні категорії «В» згідно СНП 2.09.02-85, так і на відкритому повітрі; при сушці при температурі навколишнього повітря від -10 °С до +40 °С і вологості не більше 90 %, і при кондиціонуванні при будь-якій температурі і вологості не більше 90 %.

Одним із кроків модернізації зерносушарки ЗСШ-1, це повторне використання відпрацьованого агента сушіння. Суть полягає в тому, що при температурі навколишнього середовища 5°С, повітря з гарячої зони, яке має температуру 50°С та повітря з холодної зони температурою 25°С, не відводиться в навколишнє середовище, а повторно використовується в процесі сушіння зерна. Частина теплоагента з сушильної зони, змішується з повітрям охолоджувальної зони (атмосферне повітря підігріте гарячим зерном до 25°С), і подається в теплогенератор, де нагрівається до необхідної температури для подачі в зону сушіння. При цьому загальні витрати тепла на процес сушіння зменшуються майже в два рази.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання	18-2012.ДП.14.004 ПЗ			
	Документ затверджено Миранчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/10

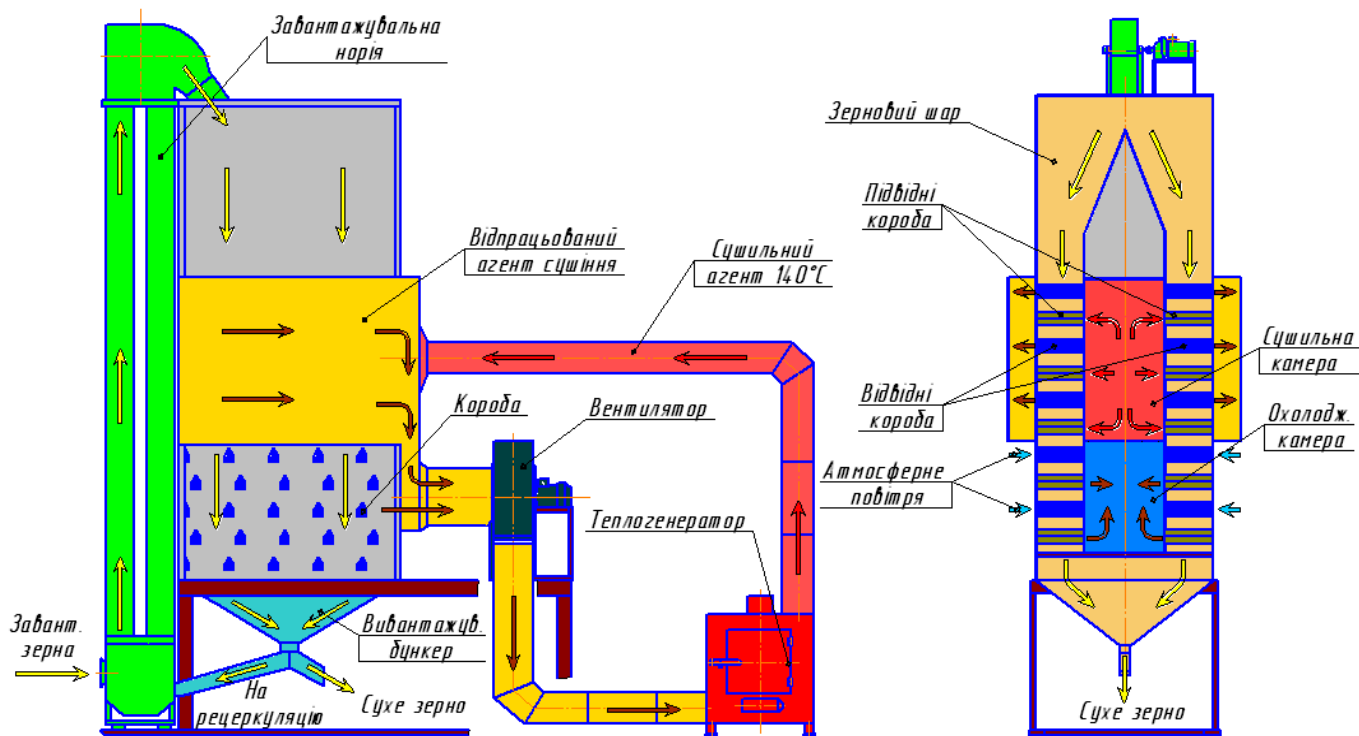


Рис. 4.1. Схема повторного використання відпрацьованого агента сушіння.

Наступне технічне рішення, це заміна блоку нагрівальних елементів, які складаються з ТЕНів, на теплогенератор, який працює на значно дешевшому виді палива, а саме на соломі. Якщо розглянути переваги соломи, як виду палива в порівнянні з іншими, то вміст енергії в 1 літрі дизельного палива і в 2,4 кг соломи однакове. Один рулон діаметром 1,8 м і вагою 330 кг замінює мінімум 140 літрів дизельного палива або 140 м³ природного газу.

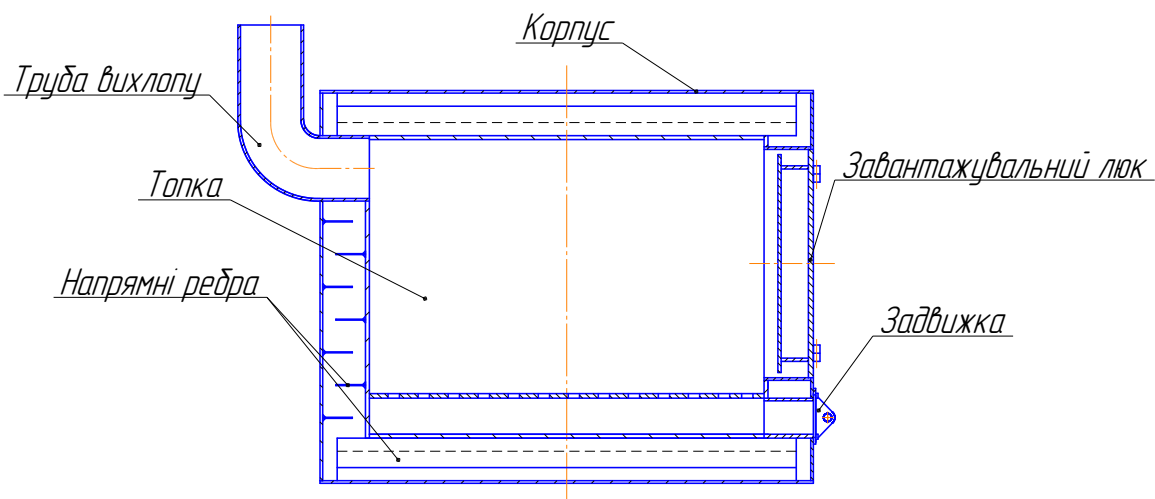


Рис. 4.2. Схема теплогенератора на соломі

При спалюванні соломи в теплогенераторі виділяється тепло яке, нагріває стінки топки, через які продувається чисте атмосферне повітря, нагріваючись до заданої температури 120–140 °С. Температуру нагрітого повітря в

теплогенераторі можна регулювати за рахунок підводу атмосферного повітря в нагнітаючий трубопровід. Це дозволяє сушити посівний матеріал при м'якому режимі сушки, або сушити продовольче зерно в жорсткому режимі.

Також в модернізованій зерносушарці винесено погрузочну норію назовні. До модернізації погрузочна норія була вмонтована всередину сушильної та охолоджувальної камери, що перешкоджало доступу повітря до окремих коробів, що призводило недосушування зерна в зерносушарці.

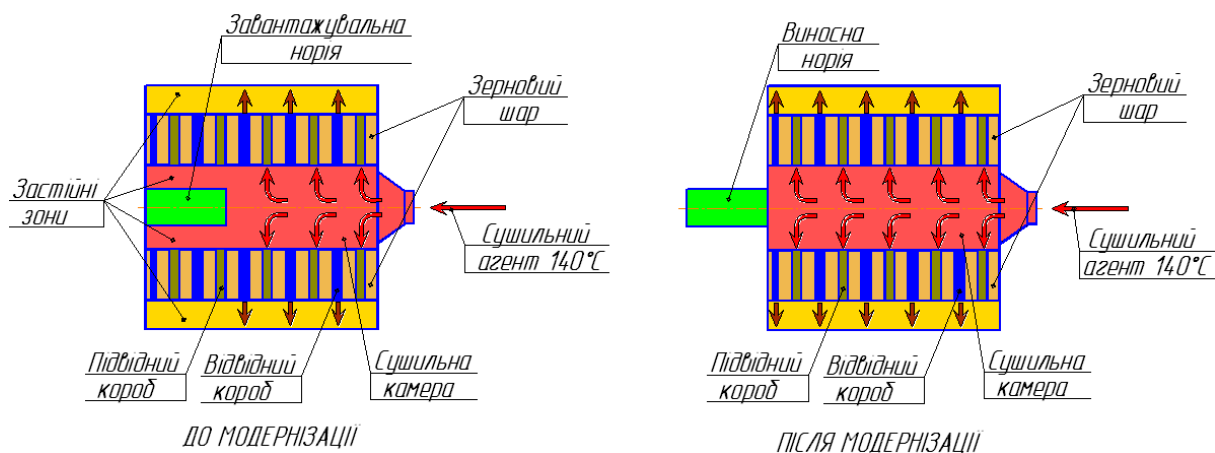


Рис. 4.3. Схема розподільної камери з вмонтованою та виносною норією.

Шляхом даної модернізації ми ліквідували застійні зони, що сприяє кращому підводу агента сушіння, та покращує умови обслуговування та ремонту норії.

Будова зерносушарки ЗСШ-1

ЗСШ-1 (рис. 4.4.) складається з наступних основних частин і елементів:

- з двох прямокутних шахт однакових розмірів, змонтованих на загальній рамі, усередині яких розташовані короби;
- з теплогенератора, який працює на спалюванні соломи ;
- вентилятора ВЦ-4 75 №6,5, який служить для відведення повітря з охолоджувальної камери та для подачі повітря через теплогенератор в зону сушіння;
- воздуховодів та дифузорів, які служать для подачі та відведення агента сушіння.

- вертикального транспортного механізму (норії), який завантажує зерно в шахти зерносушарки;
- затворно-випускного механізму, який з певною періодичністю випускає просушене зерно в приймальний бункер;
- приймального бункера ;
- рами з лижами ;

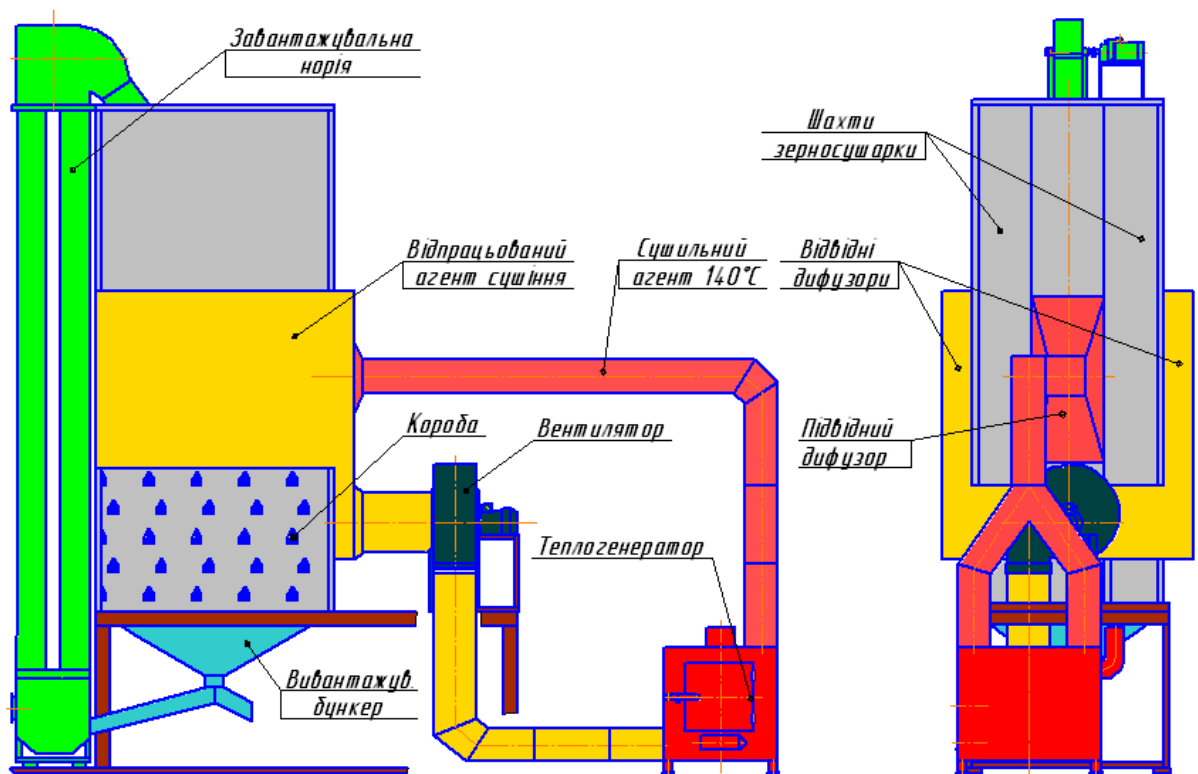


Рис. 4.4. Зерносушарка ЗСШ-1.

Сушильна і охолоджувальна шахти мають прямокутний переріз, усередині яких встановлено короби рядами в шаховому порядку, між коробами знаходиться зерно.

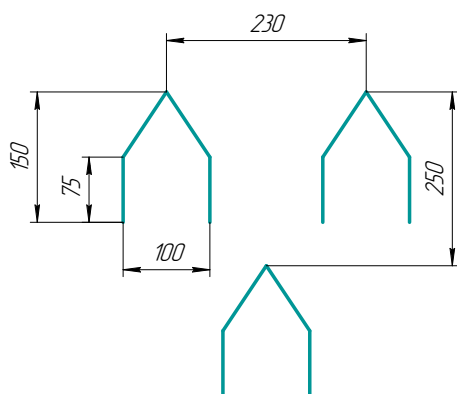
Агент сушіння надходить із напірно-розподільної камери у підвідні короби, проходить шар зерна і виходить з протилежного боку шахти через відвідні короби.

Стінки шахт виготовляють із сталі. При відсутності коробів як розподільних пристроїв сталі стінки роблять перфорованими (жалюзійними). У таких сушарках товщина зернового шару, що продувається агентом сушіння, визначається відстанню між стінками і лежить у межах 200...500 мм. Товщина зернового шару у шахтах з коробами залежить від відстані між підвідними та

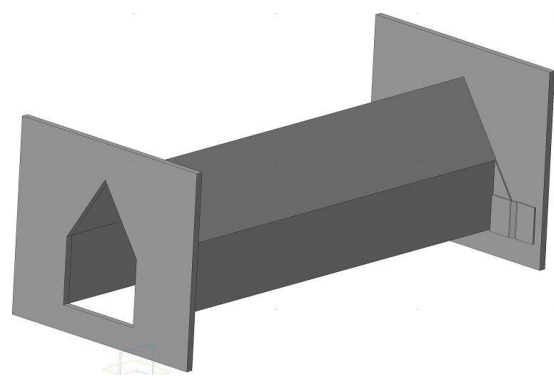
відвідними коробами і у нашій зерносушарці становить 250 мм. Конструкція коробка представляє собою канал з відкритим нижнім боком, через який агент сушіння входить у зерновий шар або виходить із нього (рис. 3.5.). Під нижнім відкритим боком коробка зерно розміщується під кутом природного укосу.

Один із торцевих боків коробка відкритий, інший — заглушений. Підвідні короби відкриті у бік напірно-розподільної камери, звідки надходить агент сушіння, і заглушені з протилежного боку. Відвідні короби, навпаки, закриті з боку напірно-розподільної камери і відкриті з протилежного боку, де агент сушіння виходить із шахти в навколишнє середовище. Короби виготовляють з листової сталі завтовшки 2 мм. Стінки відвідних коробів з внутрішнього боку покривають антикорозійним лаком, оскільки на них може конденсуватися водяна пара відпрацьованого агента сушіння.

В зерносушарці ЗСШ-1 використовуються короби п'ятигранної форми, використовують також тригранні, а в деяких сушарках — багатогранні короби складнішої форми. Для кращого пересування зерна по поверхні коробка кут між його верхніми гранями не перевищує 70° . Радіус заокруглення верхнього ребра коробка 5 мм для запобігання затриманню зерна та накопиченню домішок на коробі. Розташування та форми розподільних коробів шахтної прямоточної зерносушарки ЗСШ-1 показано на рис. 4.5.



а) схема розташування коробів



б) конструкція коробка

Рис. 4.5. Розташування та форма розподільних коробів.

Кількість коробів у шахті визначають, виходячи із швидкості агента сушіння на виході з відвідних коробів. Швидкість агента сушіння більше 6 м/с може призвести до захоплення повітрям частинок зерна і винесення за межі

сушарки. Підвідні та відвідні коробки (їх кількість однакова) чергуються між собою.

На рис. 4.6. зображено горизонтальний напрямок руху агента сушіння праворуч і ліворуч, яки використовується в нашій зерносушарці. При горизонтальному напрямку руху агента сушіння товщина шару, що продувається, вдвічі менша, ніж при вертикальному, що забезпечує зниження опору та підвищення подачі повітря вентиляторами і продуктивності зерносушарки.

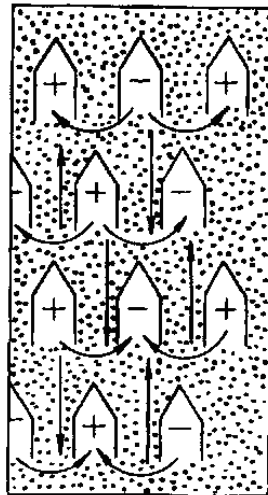


Рис. 4.6. Розміщення підвідних і відвідних коробів в зерносушарці.

Розміщення коробів у шаховому порядку сприяє кращому перемішуванню зерна під час його руху в шахті, при цьому в одному ряду розміщують певну кількість коробів. У наступному ряду цю кількість зменшують на одиницю, а по боках біля стінок шахти розташовують напівкороби, які виготовляють відвідними для запобігання перегріванню зерна.

Слід зазначити, що сталеві коробки мають високий коефіцієнт теплопровідності, тому теплота агента сушіння швидко передається через стінки коробів зерну, яке торкається коробів і може перегріватися, що призводить до погіршення його якості. Це явище спостерігається при тривалому сушінні зерна.

Під час виготовлення зерносушарки ЗСШ-1 з відносно невеликою висотою шахти (до 5 м) зі сталевими стінками 1 (рис. 4.7.) коробки 2 встановлюють через верх шахти кінцями на опори 3, що мають форму поперечного перерізу короба та приварені до стінок шахти. До кінців коробів приварюють жорсткі фіксатори 4 у вигляді смужки, за допомогою яких короб притискається до опор і

забезпечується його кріплення. Напівкороби кріплять до стінок шахти у процесі її виготовлення.

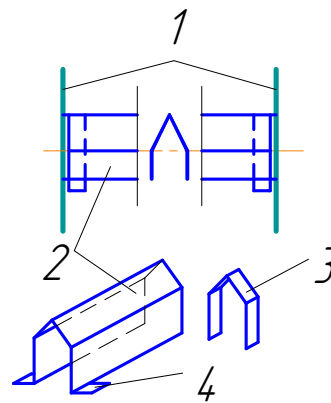


Рис. 4.7. Установлення коробів у шахті зерносушарки ЗСШ-1

Для забезпечення рівномірного виходу зерна із шахтних прямоточних сушарок та регулювання їх продуктивності під охолоджувальними камерами встановлюють випускні механізми. У зерносушарках типу ЗСШ використовують випускний механізм періодичної дії (рис. 4.8.).

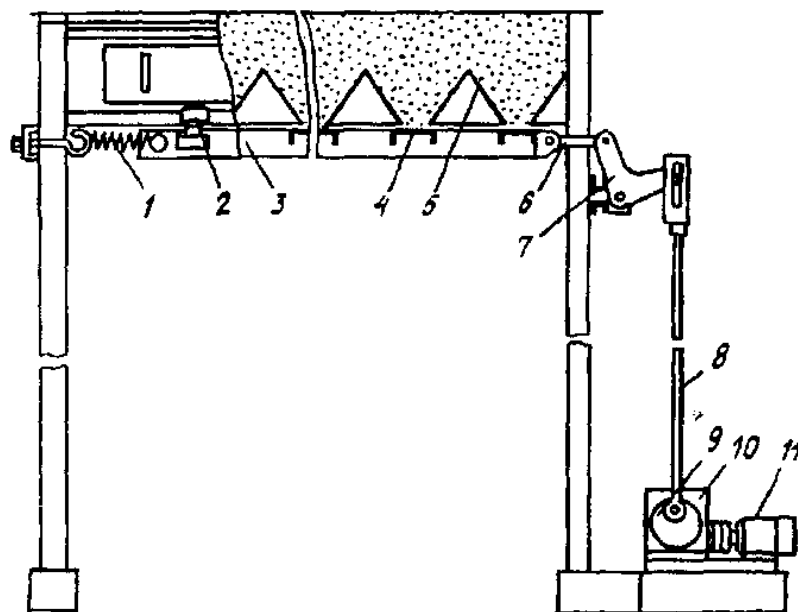


Рис. 4.8. Випускний механізм періодичної дії

Верхня нерухома рама 5 виготовлена з листової сталі завтовшки 6 мм, має розміри у плані 3200 x 1105 мм, висоту 585 мм. Усередині рами встановлено та приварено розсікачі зі сталі, що мають отвори шириною 90 мм. Нижня рухома рама складається з двох частин, з'єднаних між собою поличками 4. Рама, зварена зі штабової сталі завтовшки 16 мм, чотирма парами роликів 2 спирається на пластини завдовжки 300 мм і завтовшки 60 мм. Змінюючи кількість пластин,

можна регулювати зазор між рухомою та нерухомою рамами. Для повернення рами у вихідне положення по боках механізму встановлено дві циліндричні пружини 1. Ширину полицок приймають такою, щоб у закритому положенні випускного механізму зерно з них не зсипалося. Зазор між верхньою і нижньою рамами становить 3...5 мм.

Рухома рама переміщується за допомогою тяг 6, 8 і кривошипа 7 від електродвигуна 11, причому вертикальна тяга 8 переміщається електродвигуном через редуктор 10 та ексцентрик 9. При відкриванні затвора випускні отвори відчиняються повністю. Кількість зерна, що випускається із шахти, тобто продуктивність зерносушарки, регулюють за допомогою командоапарата КЕП-12У або реле часу.

Періодичний випуск великої кількості зерна зумовлює швидке його опускання в шахті та краще переміщення зерна, але тривалість між відкриттям затвора понад 60 с призводить до того, що частина зерна залишається нерухомо лежати на нагрітих поверхнях коробів і це може спричинити перегрівання та погіршення його якості.

Приймальний бункер є зварною, прямокутною в плані призмою, зміщеною щодо своєї осі, і розміщується під рамою шахти. Його верхньою підставою служить рама з елементами випускного для затвора механізму.

До приймального бункера кріпляться трубопровід прямокутного перетину для випуску матеріалу в башмак норії або назовні, частина шахт і розподілу матеріалу по перетину шахт.

Норія прикріплюється до торцевої поверхні шахт і використовується для автоматичного транспортування матеріалу із землі (від подаючих транспортних пристроїв) у верхню частину шахт.

Норія має головку, башмак, натяжну секцію з ковшами на стрічці, натяжна станція, приймальний і випускний патрубок.

Норія приводиться в рух від окремого електродвигуна через редуктор.

Розподілення матеріалу у верхній частині шахт здійснюється в головці норії за рахунок відцентрової сили тяжіння.

Зварна конструкція служить рамою для шахт і вмонтовуваних на ній вентилятора, затворно-випускного механізму, приводів вентилятора і затворно-випускного механізму, приймального бункера і пульта управління. Пульт управління розміщується на рамі і призначений для управління приводами механізмів ЗСШ.

Принцип роботи зерносушарки ЗСШ-1

Принцип роботи ЗСШ-1 (рис. 4.9.) полягає в наступному. Матеріал (зерно, насіння і ін.) з вологістю 19...22% подається в нижній башмак норії, з якого підхоплюється ковшами норії і подається у верхню частину шахти, де розподіляється за допомогою спеціального розподілювача по всьому перетину шахт. Відпрацьоване повітря сушильної зони (50°C), змішується з відпрацьованим повітрям зони охолодження (атмосферне повітря підігріте гарячим зерном до 25°C) і надходить в вентилятор ВЦ-4 75 №6,5.

Вентилятор подає повітря в теплогенератор, де відбувається нагрів повітря до заданої температури (110 - 150°C). Нагрівання повітря в теплогенераторі здійснюється шляхом продування повітря через простір між стінками теплогенератора і стінками топки. Після теплогенератора отриманий агент сушіння нагнітається в простір між шахтами робочої зони сушіння і входить в підвідні короби. З цих коробів нагріте повітря потрапляє в сушильний матеріал і поглинає частину вологи, нагріваючи при цьому матеріал (максимально допустимий нагрів зерна 50°C).

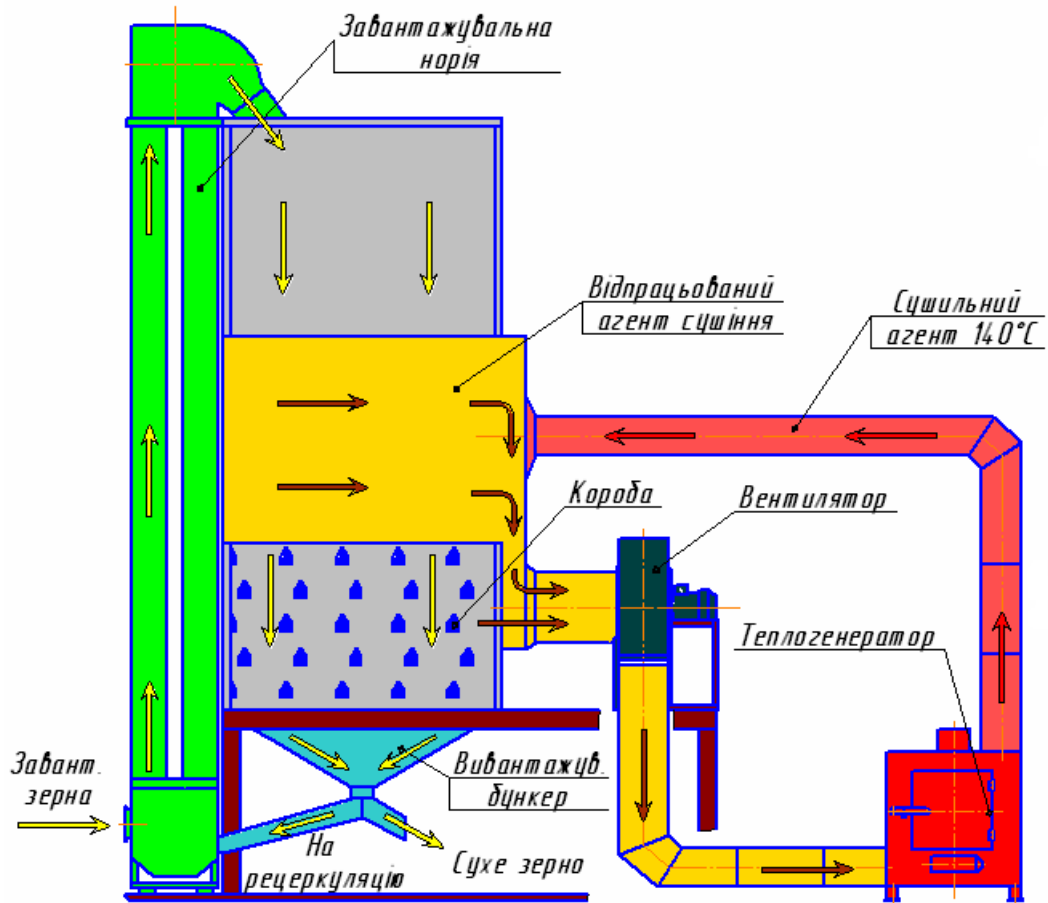


Рис. 4.9. Схема роботи ЗСШ-1

Відпрацьоване повітря виходить через відвідні короби назовні у дифузор. Зерно суцільною масою під дією сил тяжіння рухається вниз по шахті зі швидкістю, що задається затворно-випускним механізмом. Нагрітий і підсушений матеріал з гарячої зони, переміщується в холодну зону, в якій контактує з атмосферним повітрям. Тут матеріал охолоджується і через затворно-випускний механізм виходить назовні. Температура зерна на виході з охолоджувальної камери не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища більш ніж на 10°C.

5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.

Розвиток харчової промисловості, направлений на скорочення ручної праці, збільшення виробництва якісно нового асортименту харчових продуктів, підвищення вимог до матеріалів, що використовуються у конструкціях сучасних машин і апаратів підприємств харчової промисловості. Специфіка різноманітних галузей харчової промисловості вимагає застосування міцних та надійних металів та інших матеріалів, що працюють в умовах високих тисків, температур, глибокого вакууму, агресивних середовищ.

Матеріали, що застосовуються в харчовому машинобудуванні, повинні відповідати загальним вимогам, які пред'являються до матеріалів, що знаходяться в контакті з харчовими продуктами. Матеріали не повинні містити шкідливих для здоров'я людини елементів чи вступати в реакцію хімічної взаємодії з продуктами, руйнуватися під дією харчових середовищ, миючих та дезінфікуючих засобів і мастильних матеріалів [28].

Однією з основних вимог до матеріалів, що застосовуються у харчовому машинобудуванні є їх висока корозійна стійкість.

Галузевими стандартами встановлені обмеження на марки та асортимент матеріалів, які застосовуються у харчовому машинобудуванні, що сприяє підвищенню рівня уніфікації та технологічності харчових машин та апаратів.

При необхідності застосування матеріалів, не передбачених ДОСТ 27-00-223-75, для виготовлення деталей харчового обладнання вимагається узгодження та дозвіл відповідних підрозділів Міністерства агропромислової політики України.

При виборі того чи іншого конструкційного матеріалу, що контактує з харчовим середовищем, необхідно враховувати токсичність матеріалу, а також дозвіл органів охорони здоров'я та його застосування при безпосередньому контакті з конкретним технологічним середовищем харчового виробництва; корозійну стійкість при довгій дії на матеріал реальних харчових середовищ,

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Вибір конструкційних матеріалів	18-2012.ДП.14.005 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/3

підвищених температур і тисків, а також миючих і дезінфікуючих розчинів; механічну міцність при виконанні необхідних робочих циклів деталей, вузлів і механізмів машини; технологічні властивості пересування, лиття, зварювання та ін.; економічну доцільність.

Зерносушарка ЗСШ-1 виготовлена з листової сталі Ст-3 ГОСТ 535-88. Сталь марки Ст3 також використовується для розрахункових металевих конструкцій, що підлягають зварюванню у вигляді профільного та листового прокату: швелери, уголки, корпус, шахти, коробка; не відповідальні осі, шестерні, втулки, вкладиші, важелі, гайки, шайби та інші мало відповідні деталі, що не підлягають термічній обробці.

Вали та осі приводу виготовлені із матеріалу Сталь 45Х ГОСТ1050-88 - допустимі напруження: розтягу [σ_p] = 1400 (кгс/см²); згину [σ_{zg}] = 1700 (кгс/см²); зминання [σ_{zm}] = 2100 (кгс/см²); кручення [τ_{kr}] = 1050 (кгс/см²) [31].

Метеріал приводних зірочок 35ГЛ ГОСТ 977-75.

При роботі теплогенератора в умовах високих температур особливо важливо враховувати повзучість метала, здатність його не швидко і постійно пластично деформуватися, при постійному навантаженні.

Повзучість конструкційних металів стає помітним при 300 – 400 °С, а при температурі близько 800°С звичайні сталі вже практично непридатні для використання в зв'язку з значним зниження стійкості і швидкої повзучості. Звідси виникає необхідність використовувати жаростійкі сталі [33].

Жаростійкість сталі визначається її здатністю протистояти постійному деформуванню і стійкістю проти руйнування при визначеній робочій температурі і заданому терміні служби обладнання, тобто здатність її створювати опір корозійному впливу середовища в умовах тривалої роботи при високих температурах.

Повзучість металів залежить не тільки від температури експлуатації і величина навантаження, але і від хімічного складу і термічній обробці. Для зберігання стабільної структури сталі в період тривалого терміну роботи обладнання необхідно передбачити її термічну обробку.

Для роботи в умовах повзучості при температурі 400°C слід вибирати хромонікелеві і хромомолібденові сталі з присадками 581. При великих напруженнях, для економії металу, можна використати низьколеговані нікелехромомолібденові сталі: при 400-475°C з присадками Cr, V, Ni; при 450-525°C – леговані сталі.

Релаксацією це процес поступового вирівнювання максимальних напружень в часі, які виникають під впливом збільшення пластичної деформації [28]. Для більшості металів релаксація виникає лише при підвищених температурах. В чистому виді вона не зустрічається і не відіграє значної ролі порівнюючи з повзучістю. Однак в ряді випадків релаксація виникає при наявності зовнішніх зв'язків, які обмежують деформацію деталей, під дією пластичних деформацій.

В результаті релаксації на гарячих комунікаціях часто зменшується натяг бовтів і виникає витік газу або рідини. Це може привести до аварії, якщо своєчасно не підтягнути болти чи гайки.

Вибираємо сталь X25T для топки теплогенератора. Сталь характеризується високою корозійною стійкістю в окислюючому середовищі, жаростійкістю до температури 700°C і окалиностійкістю до температури 1100°C. Сталь добре оброблюється різанням. Сталь нормально зварюється з попереднім підігрівом металу до температури 200°C. Після зварки необхідна термообробка виробу, яка складається з нагрівання його до 720-780°C з послідовним швидким охолодженням [33].

6. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ

6.1. Монтаж обладнання зерносушарки

Монтажно-будівельні роботи на зерносушарці виконуються згідно проекту і встановлених технічних умов [15]. Відступ від проекту і встановлених технічних умов, як наприклад, зміна розмірів шахти, неправильне виготовлення коробів або установка коробів, може в майбутньому при експлуатації привести до зменшення її продуктивності і погіршення якості просушеного зерна.

На місце монтажу повинно бути завчасно доставлене необхідне обладнання, матеріали, інструменти і такелажні приспособи для переміщення і підйому обладнання (лебідки, талі).

Перед початком монтажу обладнання перевіряють правильність виконання будівельних робіт, а саме розміщення і розміри отворів, залишених в стінках для установки норій, ті ін.

Монтажні роботи виконуються за заздалегідь складеному календарному плану по окремим об'єктах і операціях [5].

Для пришвидшення строку монтажу сушарки доцільно організувати роботу по суміщеному графіку, тобто вести монтаж декількох об'єктів паралельно (наприклад, шахти і топки).

Монтаж шахт, установка коробів і затворів

Шахти зерносушарки типу ЗСШ можна складати на місці монтажу із завчасно виготовлених сталевих листів [30]. В листах для повздовжніх стін шахти залишені наскрізні отвори п'ятигранної форми, розміщені в шахматному порядку, для вставки коробів.

При зборці сталевих листів необхідно точно дотримуватись розмірів шахт, стінки листів встановлюють чітко по вертикалі, а горизонтальність верхніх граней панелей перевіряють рівнем. Відхилення панелей від вертикалі може призвести до уповільненому руху зерна біля стінок шахти, а при великих відхиленнях до випадання коробів з отворів в стінках шахти.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва	18-2012.ДП.14.006 ПЗ			
	Документ затверджено Миранчук В.Г.	Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту	Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/9

Шахти сушарки з внутрішньої сторони повинні мати гладку поверхню, без виступів і западин, де могло б застоюватися зерно.

Короби і напівкороби виготовляють з листовою сталі товщиною 1—1,5 мм; зазвичай їх доставляють на місце монтажу в готовому вигляді разом з іншим устаткуванням сушарки. Для оберігання коробів від корозії їх слідують покривати з внутрішньої сторони антикорозійним лаком.

Кінці коробів з боку входу і виходу агента сушки і повітря після установки мають бути зсередини очищені, оскільки зменшення площі перетину в коробах приведе до збільшення опору при роботі вентиляторів.

Короби потрібно встановлювати в п'ятигранні отвори шахти без перекосу. При установці напівкоробів потрібно стежити за тим, щоб їх верхні кромки прилягали по всій довжині до стінки шахти. Короби і напівкороби встановлюють так, щоб їх денця знаходилися в одній площині з внутрішньою стінкою шахти, інакше пил і сміття накопичуватимуться в западині гнізда.

Затвори вмонтовують після установки коробів. Верхні і нижні рами затворів до місцеположення збирають попарно на рівному майданчику і перевіряють їх у відкритому і закритому положенні. При відкритому положенні затвора випускні отвори між скатами нерухомої (верхньої) рами повинні знаходитися точно над отворами нижньої рами. При закритому затворі скати повинні перекривати ці отвори не менше чим на 8—10 мм з кожного боку для запобігання персипання зерна через краї полиць нижньої рами.

Установка вентиляторів і трубопроводів. Перед місцеположенням вентилятора треба оглянути стан його частин, перевірити правильність обертання лопатевого колеса, його кріплення і балансування.

При установці вентилятора на фундамент вивіряють горизонтальність і паралельність валів вентилятора і електродвигуна.

Балансування лопатевого колеса вентилятора разом з його валом і шківом зазвичай перевіряють на шарикопідшипниках, заздалегідь звільнених від густого мастила, і з знятим приводним пасом. Шків на валу вентилятора рукою приводять в швидке обертання, а після того, як він сам зупиниться, роблять внизу на ободі відмітку (межу) крейдою. Це проробляють 6—8 разів, ставлячи

після кожної зупинки відмітку крейдою. Якщо відмітки виявляться розподіленими по колу шківа порівняно рівномірно, це свідчатиме про достатньо добре балансування колеса вентилятора. Якщо ж крейдові відмітки будуть розміщені переважно на одній половині кола шківа — колесо не відбалансовано. В цьому випадку для урівноваження до легшої половини обода закріплюють гвинтами сталеві планки такої ваги, щоб після перевірки балансування вказаним способом нові крейдянні відмітки були розподілені по всьому колу шківа рівномірно.

Вага планок, що прикріплюються до обода лопатевого колеса при балансуванні, іноді доводиться підбирати в декілька прийомів.

Для вентиляторів з великою окружною швидкістю лопатевого колеса (30 м/сек і більш) балансування слід проводити особливо ретельно, оскільки із збільшенням відцентрової сили всякі неточності збірки і балансування можуть викликати велику вібрацію вентилятора і швидкий знос підшипників.

Всмоктуючий трубопровід слід підводити до вентилятора так, щоб струмінь повітря (агента сушки) рівномірно заповнював всю площу всмоктуючого отвору, оскільки односторонній напрям струменя знижує к.к.д вентилятора і зменшує його продуктивність. Заслінки, засувки і відводи не рекомендується встановлювати в безпосередній близькості до всмоктуючого отвору вентилятора, оскільки в цьому випадку повітряний потік віджимається сильніше до однієї половини лопатевого колеса.

Для ущільнення фланцевих з'єднань гарячих трубопроводів застосовують азбестові прокладки, а холодних — картонні. Заслінки в трубопроводах встановлюють в місцях, зручних для обслуговування, причому їх розміщення повинно дозволяти повністю відкривати і закривати перетин трубопроводу.

Після закінчення всіх будівельно-монтажних робіт, включаючи роботи, пов'язані з технологічним та транспортним обладнанням, комісія приймає зерносушарку в експлуатацію.

6.2. Експлуатація зерносушарки

Під час роботи сушарки необхідно здійснювати ретельний догляд за всім її обладнанням.

При цілодобовій роботі сушарки, не рідше одного разу за декаду, треба звільняти шахти від зерна, ретельно очищати їх, оглядати повітродозподільні пристрої, випускні механізми та інше обладнання сушарки і топки. Виявлені під час огляду несправності слід відразу усувати [17].

Налагодження зерносушарок здійснюють у початковий період їх роботи та після ремонту (реконструкції). Під час налагодження сушарки перевіряють:

- відповідність режиму роботи обладнання паспортним даним (потужність електродвигунів привода, частота та правильність обертання вентиляторів, швидкість стрічок конвеєрів і норій, натяг приводних пасів);

- наявність та стан контрольно-вимірювальних приладів і сигналізації, автоматичних пристроїв та установок (термометри і датчики температури, датчики або сигналізатори рівня зерна, амперметри для контролю завантаження основних механізмів, пристрою для блокування обладнання); наявність та роботоздатність зливних самопливів; максимальну продуктивність рециркуляційної норії;

- роботу випускного механізму та рівномірність руху зерна із відповідних коробів шахт;

- дію шиберів на повітропроводах і патрубках рейкових засувки та перекидних клапанів на самопливах, регульовальних заслінок у безприводних завантажувальних і випускних пристроях.

При догляді за окремими механізмами зерносушарок необхідно суворо виконувати заводські інструкції.

Підготовка до роботи і налагодження зерносушарки

Перед пуском у роботу сушарки обслуговуючий персонал повинен оглянути і вичистити від сміття та пилу камеру нагрівання, шахти, випускний механізм, дифузори, повітропроводи, вентилятори, підйомно-транспортне й інше обладнання сушарки та перевірити:

- готовність до роботи механізмів завантажувальних і випускних, приводних та безприводних пристроїв (натяг пружин, частоту спрацьовування, відсутність перекосу та висоту підвіски затворної рами, ширину відкриття випускних щілин тощо);

- настроювання командного електропневматичного приладу КЕП-12У або реле часу на задану продуктивність сушарки;

- стан і готовність до роботи норій, конвеєрів та інших транспортних механізмів (правильність обертання приводних барабанів, натяг стрічок, наявність та справність ковшів);

- дію шиберів і засувок, що забезпечують ручне або дистанційне регулювання витікання зерна, агента сушіння та повітря, наявність написів біля рукояток: «Відчинено», «Зачинено»;

- частоту обертання вентиляторів, легкість обертання вала, відсутність поштовхів, ударів і тертя робочого колеса кожух вентилятора, відсутність невластивого шуму та вібрацій під час його роботи;

- наявність масла в підшипниках і масла в редукторі;

- щільність з'єднання повітропроводів, дифузорів та прилягання кришок люків для огляду;

- справність аспіраційного обладнання;

- наявність в зерноскладах сирого зерна та місця для розміщення просушеного;

- наявність і справний стан огорожень заземлення електрообладнання;

- наявність і справність первинних засобів пожежогасіння, пожежної сигналізації;

Усі механізми сушарки перед пуском у хід слід перевірити без навантаження, виявлені недоліки ліквідувати.

Запуск в роботу зерносушарки.

Перед пуском в роботу того або іншого обладнання сушарки треба подати попереджувальний звуковий сигнал. Під час пуску в роботу шахтної прямої зерносушарки необхідно:

- привести в дію транспортне та зерноочисне обладнання; заповнити сушильну шахту і надсушильний бункер очищеним зерном;

- заповнити зерном охолоджувальну шахту при відсутності проміжного затвора між сушильною та охолоджувальною шахтами;

- після заповнення шахт припинити подачу в них вологого зерна;

- відкрити заслінки на нагнітальних патрубках і ввімкнути вентилятори зон сушильної камери;
- установити заслінку форсунки на мінімальну витрату повітря і маховиком відрегулювати подачу паливу;
- після встановлення стійкого горіння вимкнути електророзпалювач, а пакетний перемикач перевести в положення «Автоматичне»;
- увімкнути вентилятор холодного повітря та випускний механізм; відрегулювати випускний механізм поворотом хвостовиків ексцентрикових валиків так, аби через кожні 8 ... 10 хв можна було б випускати частину зерна із шахти і повертати його знову в сушарку.

Першу партію зерна на прямоточних і рециркуляційних сушарках висушувати при роботі сушарки «сама на себе» (без подачі зерна, що виходить із сушарки, в силос або на склад). При цьому в шахтних прямоточних та рециркуляційних сушарках без додаткових пристроїв для нагрівання зерна температура агента сушіння не повинна перевищувати 100 °С і залежно від культури, призначення та вологості зерна має бути на 10 ... 60 °С нижчою порівняно з режимами, зазначеними в довідкових таблицях [15].

6.3. Ремонт зерносушарки

Для підтримання зерносушарок у справному стані організовують своєчасний планово-попереджувальний їх ремонт [30]. Залежно від характеру та складності його поділяють на поточний і капітальний.

Поточний ремонт проводять один раз за декаду під час призупинення сушарок на чищення або з інших причин (при відсутності сирого зерна та ін.). Під час поточного ремонту сушарки все її обладнання підлягає ревізії та приведенню в справний стан, який забезпечує безперебійну роботу сушарки. Для цього необхідно:

- звільнити від зерна і ретельно очистити шахти, бункери, перевірити стан коробів та при необхідності замінити їх;
- очистити від зерна і пилу дифузори, повітропроводи та вентилятори, що працюють на всмоктування;
- перешити в разі необхідності паси, норійні, а також конвеєрні стрічки;

- закріпити норійні ковші та ролики на конвеєрах;
- перевірити електродвигуни й електроапаратуру, при необхідності відремонтувати їх.

Капітальний ремонт сушарок проводять до початку приймання зерна нового врожаю. Під час капітального ремонту виконують при необхідності складні та великі роботи (перекладку топок; заміну коробів або зношених стінок сушильної камери, робочих коліс вентиляторів; чищення їх лопаток; заміну дифузорів, повітротрубопроводів та ін.), що потребують великих витрат праці, а також часу.

Ремонт сушильної та охолоджувальної шахт, камери нагрівання та тепловологообмінника.

Під час ремонту сушильної та охолоджувальної шахт, камери нагрівання, тепловологообмінника, завантажувальних і випускних пристроїв металеві частини ретельно очищають від бруду, пилу та іржі, зношені деталі замінюють, частково пошкоджені — ремонтують.

Деталі, що контактують з зерном і зазнають дії вологого повітря, агента сушіння або топкових газів, після ремонту треба прооліфити та вкрити антикорозійним або асфальтовим лаком.

Перевіряють справність завантажувального пристрою, наявність конусних розсікачів під завантажувальним отворами, справність випускного отвору.

При виготовленні й установленні коробів, напівкоробів необхідно, щоб поверхні була гладенькою, без задирок, виступів і вмятин, а стінки заходились на однаковій відстані одна від одної по всій довжині.

Напівкороби в шахтах мають щільно прилягати всією гранню до стінки шахти, не утворюючи щілин і не заважаючи руху зерна.

Ремонт топки.

Під час ремонту топки сушарки перевіряють герметичність паливопроводу, жалюзійні отвори, змішувальні циліндри-екрани, відбивачі. Зношені деталі замінюють. Металеві змішувальні циліндри-екрани та відбивний щит у топці при необхідності замінюють або ремонтують.

18-2012.ДП.14.006 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 7/9
----------------------	------------	--------------	------------	--------------

Ремонт вентиляторів, повітропроводів і дифузорів.

Усі повітропроводи, дифузори та конфузори, а також їх деталі очищають від пилу, бруду, сажі та іржі. Пошкоджені іржею повітропроводи, дифузори та конфузори ремонтують накладками із листової сталі, окремі лапки при необхідності замінюють новими. При складанні повітропроводів фланцеві з'єднання теплоізоляцією не покривають.

Під час огляду вентиляторів ретельно перевіряють кожну робочу лопатку, різьбу на спицях, гайки та контргайки. Пошкоджені деталі замінюють або ремонтують, після чого проводять статичне балансування ротора вентилятора. Перевіряють стан амортизуючих прокладок, на які має бути встановлений вентилятор; при необхідності замінюють їх. Перевіряють стан амортизуючих прокладок, на які має бути встановлений вентилятор; при необхідності замінюють їх.

Колеса вентилятора має бути щільно пригнане шпонкою до пазів канавки, затягнуто стопорним болтом і при обертанні не відхилитися в осьових і радіальних напрямках.

З'єднання повітропроводів мають бути щільними, у місцях зєднання між фланцями має бути не більше двох прокладок завтовшки 3 мм. У гарячих трубопроводах установлюють азбестові прокладки, а в холодних – картонні.

Для захисту від іржі та розідання сірчисим газами внутрішніх поверхонь відвідних трубопроводів, конфузорів, кожухів та робочих коліс вентиляторів їх покривають антикорозійним або асфальтовим лаком.

Пошкоджену теплоізоляцію ремонтують. Усі трубопроводи та дифузори, що підводять агент сушіння, покривають зовні теплоізоляційним шаром; у сушарках відкритого типу, крім того, їх обшивають листовою сталлю товщиною 1 мм.

Порядок приймання сушарки після ремонту.

Після закінчення капітального ремонту директор підприємства призначає комісію для приймання виконаних ремонтних робіт і перевірки роботоздатності сушарки. У своїй роботі комісія повинна керуватися спеціальними вимогами [15], [30].

Якщо комісія вважає сушарку справною, то її готують до пробного пуску в роботу. Спочатку перевіряють роботу всіх механізмів без навантаження протягом 2 ...3 год, а потім дають повне навантаження на машини та механізми. При повному навантаженні сушарка має відпрацювати не менше як 2 ... 3 год.

При виявленні недоробок комісія складає акт і встановлює термін для їх ліквідації, а потім перевіряє виконання зауважень. Забороняється приймати сушарку після ремонту з недоробками.

Приймання сушарки після ремонту оформляється актом із зазначенням обсягу та якості проведеного ремонту.

7. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розрахунок зерносушарки проводять на підставі технічного завдання, в якому вказаний тип сушарки, число зон сушки і продуктивність зерносушарки.

Для визначення (розрахунковим шляхом) потрібної кількості агента сушки і витрати тепла (палива) на сушіння, а також кількості зовнішнього повітря для охолодження висушеного зерна необхідні наступні вихідні дані:

1. температуру агента сушки, поступаючого в сушильну камеру по зонах, і відносну вологість відпрацьованого агента сушіння;
2. температуру і відносну вологість атмосферного повітря;
3. температуру відпрацьованого атмосферного повітря;
4. вологість і температуру зерна при вході в сушарку, при переході з однієї зони в іншу, при вході в охолоджувальну камеру і виході з неї;
5. склад палива

7.1. Розрахунок зерносушарки

Розрахунок проводиться для зерносушарки шахтного типу з однією зоною сушіння та зоною охолодження продуктивністю 3 т /год.

Сушарка складається з двох паралельно розміщених шахт, у верхній частині яких знаходяться сушильні камери, а в нижній - охолоджувальні.

Між шахтами розміщені напорно-розподільні камери для агента сушіння і зовнішнього (охолоджуючого) повітря. В якості сушильного агента використовується повітря нагріте в теплогенераторі.

Згідно ГОСТ 5886—64, при розрахунку зерносушарок температуру зовнішнього повітря і зерна приймаємо $+5^{\circ}\text{C}$.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	18-2012.ДП.14.007 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/28

Для розрахунку приймаємо роботу теплогенератора на соломі, склад якої:

$$C^p = 32,2\% \quad H^p = 3,2\% \quad O^p = 18,1\% \quad N^p = 3,4\%$$

$$S^p = 0,2\% \quad A^p = 5,1\% \quad W^p = 40\%$$

В таблиці 6.1 приведені технічні дані для розрахунку сушарки, призначеної для сушіння пшениці при температурі зовнішнього повітря 5°C і відносній вологості 75%.

Необхідно мати на увазі що, з підвищенням температури і збільшенням відносної вологості повітря його вологовміст збільшується, і у зв'язку з цим зростає вологовміст агента сушіння при вході в сушарку.

У зимову пору року витрати тепла на сушіння збільшується в наслідок додаткових втрат в навколишнє середовище, а також потреби в теплі на розморожування зерна, яке має від'ємну температуру.

Враховуючи, що робота сушарки можлива при різному стані зовнішнього повітря, необхідно, окрім основного розрахунку, проводяться перевірочні розрахунки для літніх та зимових умов роботи.

Технічні дані для розрахунку

Таблиця 7.1

Найменування показників	Відносна вологість		Температура		Вологість		Температура	
	позначення	в %	позначення	в °C	позначення	в %	позначення	в °C
Агент сушіння:								
вхід в зону сушіння...	—	—	t_1	150	—	—	—	—
вихід з зони сушіння..	φ_2	65	—	—	—	—	—	—
Зовнішнє повітря:	φ_0	75	t_0	5	—	—	—	—
відпрацьоване повітря при виході з охолоджувальної камери...	—	—	t_3	25	—	—	—	—
Зерно:								
вхід в зону сушіння...	—	—	—	—	ω_1	20	θ_1	5
вихід з зони сушіння..	—	—	—	—	ω_2	15	θ_2	60
вихід з охолоджувальної камери.....	—	—	—	—	ω_3	14	θ_3	15

Визначення параметрів агента сушіння при вході в сушарку

Найвищу теплоту згорання соломи визначають за формулою Менделєєва:

$$Q_B^P = 419 \cdot 10^{-5} [81 \cdot C^P + 300 \cdot H^P + 26 \cdot (O^P - S^P)] \text{ МДж / кг} \quad (7.1)$$

$$Q_B^P = 419 \cdot 10^{-5} [81 \cdot 32,2 + 300 \cdot 3,2 + 26 \cdot 17,9] = 16,9 \text{ МДж / кг}$$

Найнижча теплота згорання соломи визначаємо за формулою:

$$Q_H^P = Q_B^P - 0,025 \cdot W_p + 0,223 \cdot H_p, \text{ МДж / кг} \quad (7.2)$$

$$Q_H^P = 16,9 - 0,025 \cdot 40 + 0,223 \cdot 3,2 = 15,19 \text{ МДж / кг}$$

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1кг пального визначаємо за формулою:

$$L_{C.B.} = 0,115 \cdot C^P + 0,345 \cdot H^P + 0,043 \cdot (O^P - S^P), \text{ кг / кг} \quad (7.3)$$

$$L_{C.B.} = 0,115 \cdot 32,2 + 0,345 \cdot 3,2 + 0,043 \cdot 17,9 = 5,54 \text{ кг / кг}$$

Вологовміст d_0 та ентальпію I_0 зовнішнього повітря при температурі 5 °С і $\varphi = 75\%$ визначають за таблицею вологого повітря [2] (додаток 2), беручи середні значення $\varphi = 70\%$ і $\varphi = 80\%$:

$$d_0 = \frac{3,85 + 4,4}{2} = 4,13, \text{ г / кг} ; \quad (7.4)$$

$$I_0 = \frac{14,65 + 16,03}{2} = 15,34, \text{ кДж / кг} ; \quad (7.5)$$

Вологовміст агента сушіння (повітря) при вході його в сушарку буде наступний. Під час нагрівання повітря в теплогенераторі кількість вологи в ньому не змінюється, тому $d_0 = d_1 = const$

Єнтальпію агента сушіння при вході в сушарку визначаємо по $I - d$ діаграмі при заданій температурі $t_1 = 150$ °С і вологовмісту $d_1 = 4,13, \text{ г / кг}$., тоді ентальпія буде дорівнювати $I_1 = 160, \text{ кДж / кг}$

Розрахунок процесу сушіння в сушильній камері

Кількість вологи видаленої з зерна, визначають за формулою:

$$W = G_1 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2}, \text{ кг / год} , \quad (7.6)$$

де G_1 - продуктивність сушарки по масі сирого зерна, дорівнює 3000 кг/год;

ω_1 - початкова вологість зерна, становить 20%

ω_2 - кінцева вологість зерна на виході з сушильної камери, дорівнює 15%;

Підставимо числові значення:

$$W = 3000 \frac{20 - 15}{100 - 15} = 176,5, \text{ кг / год};$$

Вага зерна при виході з зони сушіння становитиме:

$$G_2 = G_1 - W = 3000 - 176,5 = 2823,5, \text{ кг / год}; \quad (7.7)$$

Визначаємо втрати тепла на нагрів зерна:

$$q_{np} = \frac{G_2}{W} (\theta_2 - \theta_1) \cdot c_2 = \frac{2823,5}{176,5} (60 - 5) \cdot 2,01 = 1768, \text{ кДж / кг.вип.вол}, \quad (7.8)$$

де c_2 - теплоємність зерна при вологості повітря 20%, рівна 2,01 кДж/кг град.

Втрати тепла в навколишнє середовище через стінки шахти визначаємо за формулою:

$$q_{o.sp.} = \frac{F \cdot k_0}{W} (t_{cp} - t_B) \text{ кДж / кг.вип.вол}, \quad (7.9)$$

де F - сума поверхонь стінок шахти зони сушіння, що віддають тепло в навколишнє середовище; визначають орієнтовно, керуючись розмірами інших зерносушарок шахтного типу з продуктивністю, близькою до заданої.

У нашому випадку для розрахунку приймаємо $F = 5 \text{ м}^2$.

k_0 - загальний коефіцієнт теплопередачі, в якому приймають δ рівною

0,008 м, а λ , для металевої стінки – 2 вт/м град, і визначається за формулою:

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ вт / м}^2 \cdot \text{град}; \quad (7.10)$$

Коефіцієнти α_1 і α_2 вираховуються за формулою Юргенса для тепловіддачі від повітряного потоку до плоскої стінки в залежності від швидкості потоку. При швидкості потоку 5 м/сек., або менше:

$$\alpha_1 \text{ або } \alpha_2 = C + D \cdot v, \text{ вт} / \text{м}^2 \cdot \text{град} . \quad (7.11)$$

При швидкості потоку більше 5 м/сек.:

$$\alpha_1 \text{ або } \alpha_2 = A + v^{0,78}, \text{ вт} / \text{м}^2 \cdot \text{град} . \quad (7.12)$$

A, C, D — коефіцієнти, які вибирають в залежності від стану поверхні стінки, а саме:

	A	C	D
Полірована поверхня.....	7,12	5,58	3,95
Прокатана ».....	7,14	5,81	3,95
Шороховата ».....	7,52	6,16	4,19

Швидкість потоку агента сушіння біля внутрішньої поверхні стінок сушильної камери приймаємо рівною середній швидкості його в зерновому шарі, яка складає близько 0,3 м/сек.

Швидкість потоку відпрацьованого агента сушіння біля зовнішньої поверхні стінок сушильної камери незначна, приймаємо її рівною 0,1 м/сек.

Для металевої стінки сушильної камери коефіцієнти $C=5,81$ і $D= 395$; тоді:

$$\alpha_1 = 5,81 + 3,95 \cdot 0,3 = 6,98, \text{ вт} / \text{м}^2 \cdot \text{град}$$

$$\alpha_2 = 5,81 + 3,95 \cdot 0,1 = 6,2, \text{ вт} / \text{м}^2 \cdot \text{град}$$

При підстановці в формулу (7.10) числових значень матимемо:

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{6,98} + \frac{0,008}{2} + \frac{1}{6,92}} = 3,33, \text{ вт} / \text{м}^2 \cdot \text{град} .$$

Визначаємо t_{CP} - загальну розрахункову температуру, середню(агента сушіння і зерна) в сушильній камері:

$$\frac{100 + 32,5}{2} = 66,25^{\circ} C ,$$

де 100 -середня температура агента сушіння при вході і виході, дорівнює

$$\frac{150 + 50}{2} = 100^{\circ} C \text{ (температура при виході взята попередньо);}$$

32,5 °C - середня температура зерна при вході в сушарку і в кінці зони

$$\text{сушіння } \frac{5+60}{2} = 32,5^{\circ} \text{C};$$

t_B - температура навколишнього середовища, приймаємо 5 °C.

Підставляючи в формулу (6.9) цифрові значення, матимемо:

$$q_{o.ср.} = \frac{5 \cdot 3,33}{176,5} (66 - 5) = 5,7 \text{ кДж / кг.вип.вол.}$$

Знайдемо різницю між зв'язаним теплом і втраченим:

$$\Delta = \theta_1 - (q_{np} - q_{o.ср.}) = 5 \cdot 3,95 - (1768 - 5,7) = -1754, \text{ кДж / кг}; \quad (7.13)$$

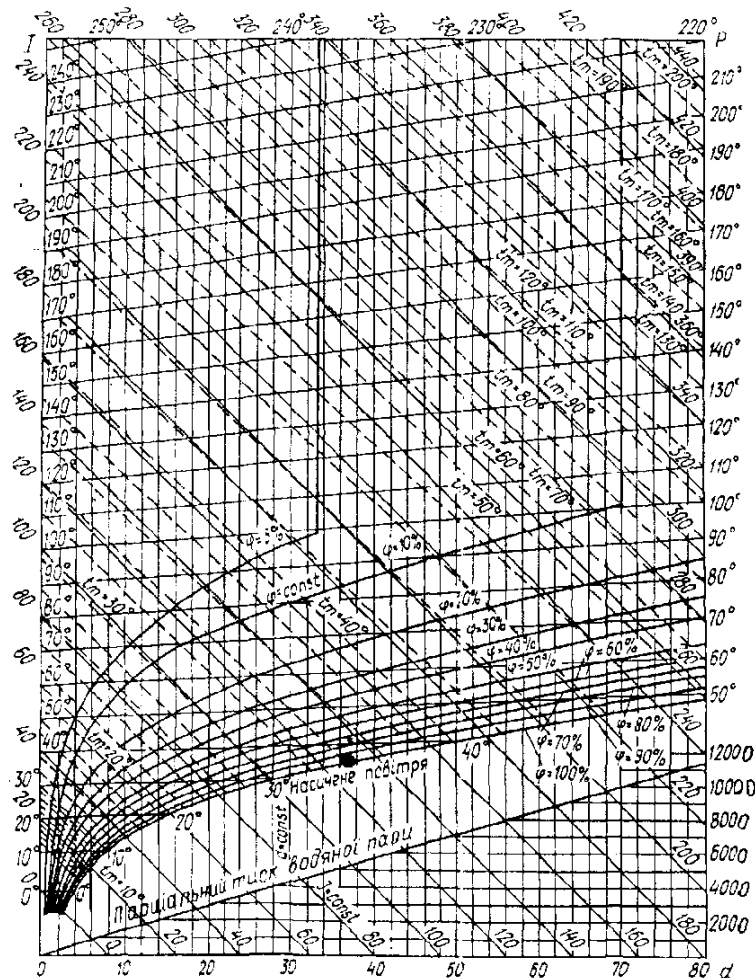


Рис. 7.1. I—d діаграма вологого повітря.

Далі проводимо побудову процесу сушіння в I—d діаграмі.

Для відображення процесів на I—d - діаграмі потрібно нанести три точки, що характеризують стан повітря до теплогенератора, після нього або на вході в сушильну камеру та виході з неї.

За заданими параметрами зовнішнього повітря ($t_0=5^\circ\text{C}$ і $\varphi_0=75\%$) визначаємо точку A (рис. 7.2) і наносимо її на $I-d$ діаграму. За параметрами нагрітого повітря t та $d_0 = d_1$ знаходимо точку B і також наносимо її на $I-d$ діаграму. Точки A та B з'єднуємо, лінія AB — це процес нагрівання повітря в поверхневому теплогенераторі.

Через точку B проводимо лінію $I = \text{const}$ вниз до перетину в точці C_0 з лінією заданої вологості $\varphi_2 = \text{const}$. З'єднавши точки B і C_0 , дістаємо лінію BC_0 , що характеризує процес сушіння зерна в теоретичній сушарці.

Для відображення процесу в реальній зерносушарці з довільно вибраної точки e на лінії BC_0 опускаємо перпендикуляр ef на лінію $d_0 = d_1 = \text{const}$.

Визначаємо довжину відрізка eE за рівнянням:

$$eE = ef \cdot \frac{\Delta}{2500} = 20 \cdot \left(-\frac{1754}{2500} \right) = -14, \text{ мм} \quad (7.14)$$

Оскільки в зоні сушіння $\Delta < 0$, відрізок eE викладаємо вниз по вертикальній лінії, проведеній через точку e . З'єднуємо точку B з точкою E та продовжуємо цю лінію до перетину в точці C' з лінією $\varphi_2 = \text{const}$. Лінія BC' характеризує процес реального сушіння зерна в сушильній камері.

Визначаємо у точці C' температуру відпрацьованого повітря t_2 . Якщо ця температура відрізняється від 50°C у межах $3...5^\circ\text{C}$, то розрахунок виконано правильно. Якщо розходження перевищує 5°C , то задаємося новим значенням t_2 і розрахунок повторюється. Із точки C' опускаємо перпендикуляр $C'D$ на лінію $d_0 = d_1 = \text{const}$ і вимірюємо відрізок $C'D$ у міліметрах.

Питомі витрати агента сушіння:

$$l = \frac{1000}{C'D} = \frac{1000}{36} = 27,5, \text{ кг / кг.вип.вол.} \quad (7.15)$$

Часові витрати сухого агента сушіння:

$$L = l \cdot W = 27,5 \cdot 176 = 4853, \text{ кг / год} \quad (7.16)$$

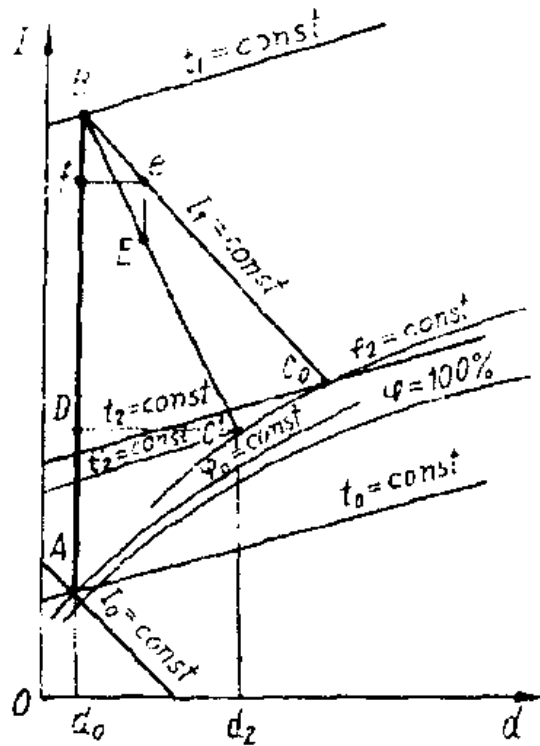


Рис. 7.2. Відображення на I—d діаграмі процесу сушіння зерна в сушильній камері.

Об'єм вологого агента сушіння при вході в сушильну камеру:

$$V_1 = L \cdot V_0, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (7.17)$$

де V_0 —об'єм вологого повітря (агента сушіння) в м^3 на 1 кг сухого повітря, може бути визначений по таблиці (додаток 3) [2] по заданій температурі і відносній вологості агента сушіння.

Знаючи, що агент сушіння має $t_1 = 150^\circ\text{C}$ і $d_1 = 4,13, \text{г} / \text{кг}$., визначаємо його відносну вологість.

Відносну вологість агента сушіння після теплогенератора визначаємо за формулою:

$$\varphi_1 = \varphi' \frac{d}{d'} = 5 \cdot \frac{4,13}{33} = 0,62\%$$

де $\varphi' = 5\%$, значення d' при $\varphi' = 5\%$ та $t_1 = 150^\circ\text{C}$ знаходимо за I—d діаграмою

$$d' = 33,2 / \text{кг}.$$

За таблицею об'єму вологого повітря на 1 кг сухого повітря (додаток 2) [2] знаходимо:

при $t=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $\varphi = 0\%$ $V_0 = 1,2228, \text{ м}^3 / \text{кг.сух.нов.}$

при $t=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $\varphi = 5\%$ $V_0 = 1,2877, \text{ м}^3 / \text{кг.сух.нов.}$

шляхом інтерполяції визначаємо V_0 при $\varphi = 0,96\%$:

$$V_0 = 1,2228 + \frac{1,2877 - 1,2228}{5} \cdot 1,06 = 1,2365 \text{ м}^3 / \text{кг.сух.нов}$$

Підставляємо числові значення в рівняння (6.17) отримуємо:

$$V_1 = 4853 \cdot 1,23 = 5,165, \text{ м}^3 / \text{год}$$

Удільні витрати тепла дорівнюють:

$$q = 2500 \frac{AF}{C'D} = 2500 \frac{90}{36} = 13250, \text{ кДж} / \text{кг}; \quad (7.18)$$

Часові витрати на сушіння зерна в сушильній камері:

$$Q = q \cdot W = 13250 \cdot 176 = 2332000, \text{ кДж} / \text{год} \quad (7.19)$$

Розрахунок процесу охолодження

Атмосферне повітря, поступаючи в охолоджувальну камеру, при зіткненні з нагрітим зерном підвищує свою температуру, унаслідок чого збільшується його вологовміст, при цьому в охолоджувальній камері також відбувається часткове випаровування вологи із зерна.

При розрахунку зерносушарок кількість вологи, випарованої із зерна в охолоджувальній камері, приймають в межах від 0,5 до 1%.

Для випаровування вологи витрачається тепло, отримане від зерна, тому чим більше вологи випаровується в охолоджувальній камері, тим більше зерно охолоджується. Ступінь охолодження зерна залежить також від температури зовнішнього повітря.

Для розрахунків приймають, що температура зерна при виході з охолоджувальної камери має бути не більша ніж на 10°C від температури атмосферного повітря.

Визначаємо кількість вологи яка випаровується в охолоджувальній камері:

$$W^x = G_2 \frac{\omega_2 - \omega_3}{100 - \omega_3} = 2823 \frac{15 - 14}{100 - 14} = 32,8, \text{ кг} / \text{год} \quad (7.20)$$

Вага зерна при виході з охолоджувальної камери:

$$G_3 = G_2 - W^x = 2823 - 32,8 = 2790,7, \text{ кг / год} \quad (7.21)$$

Визначимо різницю між кількістю тепла, що надходить в охолоджувальну камеру і втраченим.

1. Кількість тепла, внесеного в охолоджувальну камеру нагрітим зерном із сушильної камери, буде дорівнювати:

$$q_{np}^x = \frac{G_3}{W^x} (\theta_2 - \theta_3) \cdot c_3 = \frac{2790,7}{32,8} (60 - 15) \cdot 1,92 = 7351, \text{ кДж / кг. вип. вол} \quad (7.22)$$

де c_3 - теплоємність зерна при вологості 14%, рівна 1,92 кДж/кг град

2. Втрати тепла в навколишнє середовище $q_{o.cp.}$ через поверхню стінок охолоджувальної камери невеликі, тому їх можна не враховувати, тим більше, що ці втрати сприяють охолодженню зерна.

Різниця між введеним і втраченим теплом дорівнює:

$$\Delta = \theta_2 - (q_{np}^x - q_{o.cp.}^x) = 7351 - (60 - 0) = 7411, \text{ кДж / кг} \quad (7.23)$$

Далі будуємо процес охолодження в I—d діаграмі.

На діаграмі наносимо точку A , яка відповідає стану зовнішнього повітря ($t_0 = 5^\circ\text{C}$ і $\varphi_0 = 75\%$). Через точку A проводимо лінію $I_0 = const$.

На цій прямій вибираємо довільну точку e_3 і проводимо горизонтальну лінію e_3f .

Вимірявши довжину відрізка e_3f , визначаємо величину відрізка e_3E_3 :

$$e_3E_3 = e_3f_3 \cdot \frac{\Delta_{охл}}{2500} = 22 \cdot \left(\frac{7411}{2500} \right) = 65, \text{ мм} \quad (7.24)$$

де $e_3f_3 = 22 \text{ мм}$

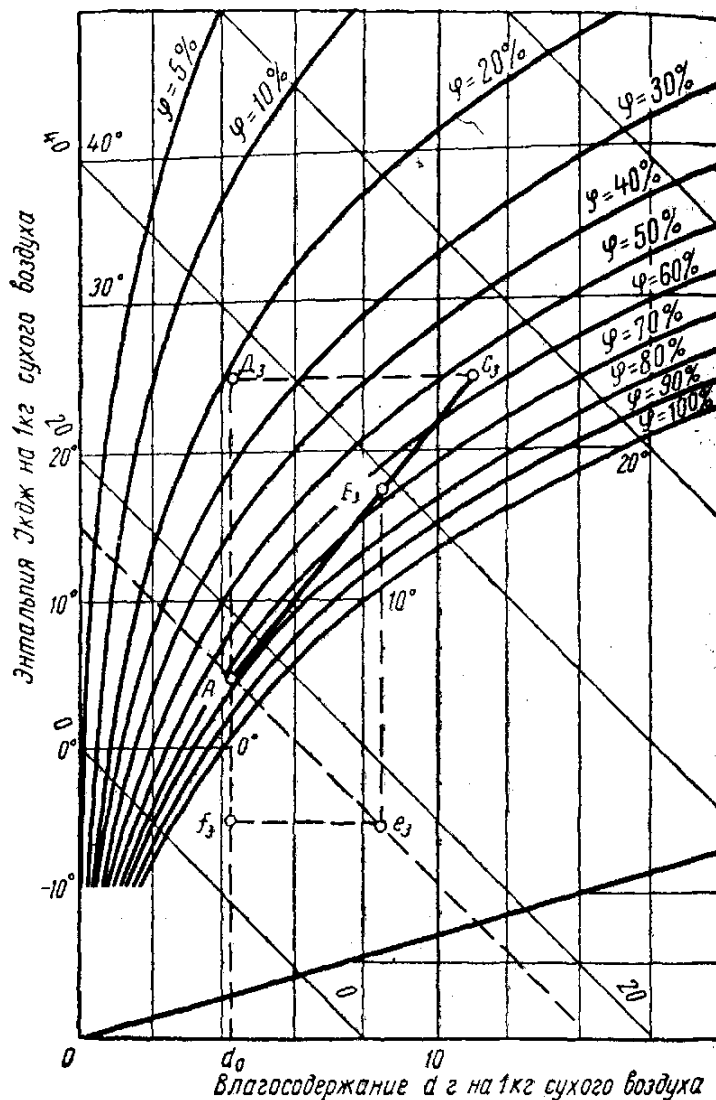


Рис. 7.3. Побудова процесу охолодження в I—d діаграмі

Так як $\Delta \geq 0$ відрізок e_3E_3 відкладаємо по вертикалі вгору. Далі проводимо лінію через точки A і E_3 і продовжуємо її до перетину з лінією заданою $t_3 = 25^\circ\text{C}$.

Опускаємо перпендикуляр C_3D_3 з точки C_3 на лінію $d_0 = 4,13, \text{г/кг}$.

Питомі витрати повітря на охолодження визначають за формулою:

$$l^x = \frac{1000}{C_3D_3} = \frac{1000}{20} = 50, \text{кг/кг. вип. вол.} \quad (7.25)$$

Загальний вагові витрати сухого повітря на охолодження зерна складає:

$$L^x = l^x \cdot W^x = 50 \cdot 32,8 = 1640, \text{кг/год} \quad (7.26)$$

Об'ємні витрати вологого повітря при вході в охолоджувальну камеру складає:

$$V_{\text{вх}}^x = L^x \cdot V_o = 1640 \cdot 0,809 = 1328,4, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (7.27)$$

(при $t=5 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varphi = 75\%$; $V_o = 0,809, \text{ м}^3 / \text{кг.сух.пов.}$)

Об'єм повітря при виході з охолоджувальної камери дорівнює:

$$V_{\text{вих}}^x = L^x \cdot V_o = 1640 \cdot 0,8769 = 1509, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (7.28)$$

(при $t=25 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varphi = 41\%$; $V_o = 0,8769, \text{ м}^3 / \text{кг.сух.пов.}$)

7.2. Визначення витрат палива і теплового ККД

Витрати палива (B) визначаємо діленням часової кількості тепла (Q), затраченого в сушарці, на найнижчу теплоту згорання палива (Q_H^P), яка визначається за формулою (7.2):

$$Q = 2332000 \text{ кДж/год};$$

$$B = \frac{Q}{Q_H^P} = \frac{2332000}{15190} = 160, \text{ кг} / \text{год} \quad (7.29)$$

К.к.д. сушарки визначаємо за формулою:

$$\eta_c = \frac{W_{\text{заг}} \cdot r}{B \cdot Q_H^P} \cdot 100\%, \quad (7.30)$$

де $r = (2500 - 2,34 \cdot t_m), \text{ кДж} / \text{кг}$ - теплота пароутворення

$$t_m = \frac{0,5(\theta_1 + \theta_2) + 0,5(\theta_2 + \theta_3)}{2} = \frac{0,5(5 + 60) + 0,5(60 + 15)}{2} = 35^\circ \text{C} - \text{ середня}$$

температура

зерна в сушильній і охолоджувальній камері.

Підставляємо t_m і отримуємо :

$$r = (2500 - 2,34 \cdot 35) = 2418,1$$

$$W_{\text{заг}} = W + W^x = 176,5 + 32,8 = 209,3, \text{ кг} / \text{год} \quad (7.31)$$

Підставляючи числові значення, отримуємо:

$$\eta_c = \frac{209,3 \cdot 2418,1}{73 \cdot 15190} \cdot 100\% = 46\%$$

7.3. Визначення розмірів сушильної та охолоджувальної камери

Розміри сушильної і охолоджувальної камер шахтної зерносушарки залежать від заданої продуктивності, кількості агента сушіння, повітря, яка має бути підведена до сушарки, а також від схеми та кількості коробів, яку необхідно розмістити в камерах для підведення і відведення агента сушіння і повітря.

Кількість агента сушки і повітря визначають по заданій продуктивності графоаналітичним способом.

При виборі схеми розташування коробів має бути дотримана умова, щоб мінімальна відстань між коробами в шахті була достатньою для вільного руху сирого зерна вниз по шахті. У сучасних високопродуктивних зерносушарках цю відстань приймають рівною 90 мм. Для другої зони сушки, куди зерно поступає частково підсушеним і таким, що має кращу сипучість, мінімальна відстань для проходження зерна в шахті може бути зменшене до 70 мм.

Проте для зручності експлуатації та монтажу схему розташування коробів приймаємо однаковою для всіх зон.

Загальну площу поперечного перетину всіх відвідних коробів в кожній зоні сушильної камери визначають залежно від об'єму відпрацьованого агента сушіння в цій зоні за умови, що найбільша швидкість його при виході з коробів складе не більше 6 м/сек, оскільки при більшій швидкості можливе видування зерна з коробів назовні. Враховуючи, що практично не можна забезпечити цілком рівномірний розподіл агента сушіння і повітря по коробах, середню швидкість при розрахунку площі відвідних коробів в сушильній і охолоджувальній камерах приймаємо рівною 5,5 м/сек.

Розміри шахт зерносушарок по висоті залежать від кількості паралельно працюючих шахт і схеми розташування коробів.

Найбільш компактними по висоті і зручними для розміщення вентиляторів і повітропроводів, як показує досвід, є зерносушарки, що складаються з двох шахт з камерою між ними для підведення агента сушки в зону сушіння і повітря в зону охолодження. Тому для розрахунку приймаємо сушарку, що складається з двох сталевих шахт з типовими розмірами кожній в

перетині $2,5 \times 0,6$ м, з схемою розташування коробів, приведеною на Рис. 7.4. Послідовність і порядок проведення розрахунків для визначення необхідного числа коробів, висоти кожної зони і часу знаходження в них зерна вказані в таблицях 7.2 і 7.3.

Визначення числа коробів та висоти шахти

Таблиця 7.2

Величини які визначаємо	Сушильна камера	Охолоджувальна камера
Загальні витрати агента сушіння і повітря на сушарку (на дві шахти) в кг/год.....	4853	1640
Витрати сухого агента сушіння і повітря на одну шахту L_1 в кг/год....	2426	820
Відносна вологість відпрацьованого агента сушіння в %.....	65	—
Температура відпрацьованого агента сушіння в °С.....	49	—
Температура відпрацьованого повітря в °С.....	—	25
Відносна вологість відпрацьованого повітря в %.....	—	41
Об'єм відпрацьованого агента сушіння і повітря на 1 кг сухого повітря в $m^3 / кг$ (додаток 3) в залежності від відносної вологості температури.....	1,001	0,92
Об'єм відпрацьованого агента сушіння і повітря в одній шахті в $m^3 / год$ (за рівнянням $V_{вих} = L_1 \cdot V_0$).....	2426	754
Загальна площа поперечного перерізу відвідних коробів водній шахті в m^2 (за рівнянням $F_0 = \frac{V_{вих}}{3600 \cdot 5,5}$).....	0,12	0,041
Площа f поперечного перерізу одного короба в m^2	0,00925	0,00925
Число відвідних коробів в шт. в одній шахті $n_0 = \frac{F_0}{f}$	12	6
Число рядів відвідних коробів в одній шахті $p_0 = \frac{n_0}{4}$ (де 4- число коробів в одному ряду).....	3	2
Загальне число рядів підвідних і відвідних коробів в одній шахті $p = 2 \cdot p_0$	6	4
Висота шахти в м по зонах $H_z = 0,3 \cdot p$, (де 0,3 – крок між рядами коробів).....	1,8	1,2

7.4 . Визначення часу сушіння

Тривалість сушіння, тобто фактичний час знаходження зерна в сушильній або охолоджувальній камері, залежить від вологи всього зерна, що знаходиться в цих камерах, і від кількості зерна, що виходить з камер за одиницю часу.

Залежність тривалості сушки τ від ємкості сушильної камери E і від продуктивності сушарки G в $t/год$ може бути представлена рівнянням:

$$\tau = \frac{E}{G}, год \quad (7.32)$$

Знаючи тривалість сушіння для якої-небудь сушарки при певній початковій і кінцевій вологості зерна і необхідну продуктивність сушарки при даній вологості, ємкість сушильної камери можна визначити також з рівняння (6.32), тобто $E = G \cdot \tau$. Тривалість охолодження зерна визначають з рівняння (6.32). Порядок визначення часу знаходження зерна в зонах сушіння і охолодження вказаний в таблиці 7.3.

Визначення часу перебування зерна
в зонах сушіння і охолодження

Таблиця 7.3

Величини які визначаємо	Сушильна камера	Охолоджувальна камера
Об'єм окремих зон сушіння і охолодження в m^3 водній шахті $V = 3,25 \cdot 1,0 \cdot H_3 \dots\dots\dots$	3,51	2,34
Об'єм, в m^3 зайнятий одним коробом довжиною 600 мм і товщині 2 мм, включаючи простір під коробом, не заповнений зерном, яке розміщується під кутом природного відкосу, рівний 30° $V_K = \left(104 \cdot 60 + \frac{104 \cdot 67}{2} + \frac{52 \cdot tg30^\circ \cdot 104}{2} \right) 600 \dots\dots\dots$	0,0111	0,0111
Об'єм, в m^3 зайнятий коробами в зонах однієї шахти, включаючи простір під ними, не заповнений зерном $V_{об.к} = V_K \cdot 4 \cdot p$ (де 4- число коробів водному ряду).....	0,26	0,177
Об'єм, в m^3 зайнятий зерном в одній шахті $V_3 = V - V_{об.к} \dots\dots\dots$	3,25	2,16
Вага зерна в т в одній шахті (при насипній вазі зерна $0,75 t/m^3$) $G_3 = 0,75 \cdot V_3 \dots\dots\dots$	2,43	1,62
Час в год перебування зерна в зона шахти $\tau = \frac{G_3}{3}$ $\dots\dots\dots$	0,81	0,54

З розрахунку видно, що загальний час перебування зерна в шахті при зниженні вологості з 20 до 14% складає: $0,81+0,54 = 1,35$ год.

Величиною, що характеризує ефективність використання об'єму, який займає сушильна камера є, вологонапруження, тобто кількість води, видаленої протягом 1 год в 1 м³ об'єму цієї камери. Виходячи з цього визначення, вологонапруга в сушильній камері:

$$k_{C.K.} = \frac{W_{C.K.}}{V_{C.K.}}, \text{кг} / \text{м}^3 \cdot \text{год}, \quad (7.33)$$

де $W_{C.K.}$ - кількість води, видаленої в сушильній камері, в кг/год;

$V_{C.K.}$ - об'єм сушильної камери в м³.

Кількість води, видаленої в двох шахтах в сушильній камері буде дорівнювати:

$$\frac{32,8 + 176,5}{2} = 104,65, \text{кг}$$

При вказаних величинах волого напруження сушильної камери :

$$k_{C.K.} = \frac{176,5}{5,85} = 30,1, \text{кг} / \text{м}^3 \cdot \text{год}$$

Вологонапруження всієї шахти, враховуючи сушильну і охолоджувальну камеру визначають в результаті ділення всієї кількості видаленої води на робочий об'єм шахти, тобто об'єм, де зерно продувається агентом сушіння.

Загальна висота шахти рівна сумі висот окремих зон $H_{ш} = 1,8 + 1,2 = 3, \text{м}$.
Робочий об'єм однієї шахти рівний $3,25 \cdot 0,6 \cdot 3 = 5,85, \text{м}^3$.

Кількість води, видаленої з камери сушіння та охолодження, визначено розрахунком. Загальне число видаленої води в сушарці складає $32,8 + 176,5 = 208,3$, або в одній шахті $104,65 \text{ кг/год}$.

Волого напруга шахти $k_{ш} = \frac{104,65}{5,85} = 17,88, \text{кг} / \text{м}^3 \cdot \text{год}$.

При порівнянні окремих зерносушарок по вологовмісту необхідно враховувати, яка мінімальна відстань прийнята в тій чи іншій сушарці для

проходження зерна в шахті, оскільки при зменшенні цієї відстані, за інших рівних умов, вологонапруга виходить більша.

Дані про вологовміст шахт окремих зерносушарок можуть бути не показовими в тому числі, якщо одна з сушарок має меншу висоту охолоджувальної камери проти розрахункової, унаслідок чого загальна вологонапруга в цій сушарці може виявитися більшою, ніж в сушарці з висотою охолоджувальної камери, визначеної розрахунком.

7.5. Підбір вентиляторів

Розмір або номер вентиляторів і число оборотів визначають по характеристиках вентиляторів залежно від необхідної продуктивності і повного тиску, що створюється для подолання опорів вентиляційної мережі.

Вибираємо вентилятор типу ВЦ– 4– 75. При виборі номера вентилятора для заданої продуктивності і тиску треба приймати вентилятор, що має вищий к.к.д., оскільки від цього залежить витрата електроенергії на роботу вентилятора. Необхідний тиск вентилятора визначають для кожної зони сушіння, по прийнятій схемі сушильної установки з вказівкою положення вентиляційної мережі і розмірів повітропроводів.

Втрати тиску у вентиляційній мережі для кожного вентилятора визначають як суму газових опорів окремих ділянок мережі, втрат динамічного тиску при виході відпрацьованого агента сушіння або повітря з сушарки назовні, а також опори зернового шару.

Опори тертя і місцеві опори у вентиляційній мережі, а також втрати динамічного тиску при виводі з сушарки визначають, керуючись спеціальними посібниками з вентиляційних установок.

Для шахтних зерносушарок газові опори окремих ділянок вентиляційної мережі (без опору зернового шару) орієнтовано можна прийняти наступними:

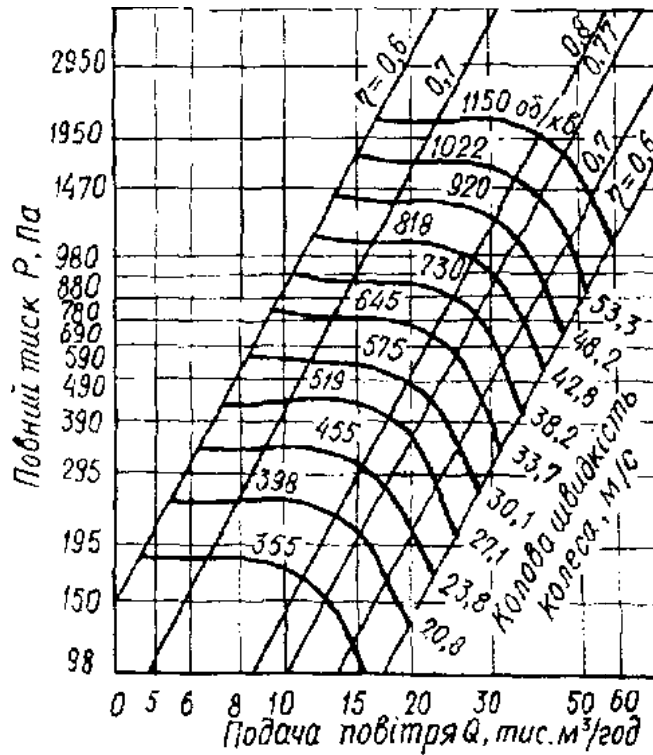


Рис. 7.7. Характеристика відцентрового вентилятора ВЦ-4 75 №6,5

<i>Сушильна камера</i>	<i>Опір в м³</i>
Теплогенератор	30
Нагнітаючий трубопровід до теплогенератора.....	80
Трубопровід від теплоген. до сушильної камери.....	30
Вхід з дифузора в напірну камеру.....	20
Вхід в короб.....	15
Вихід з короба.....	15
Вихід в атмосферу.....	10
Всього.....	200

<i>Охолоджувальна камера</i>	<i>Опір в м³</i>
Всмоктуючий трубопровід до вентилятора.....	20
Повітропровід від вентилятора до камери.....	30
Вихід з дифузора в трубопровід.....	20
Вхід в короб.....	20
Вихід з короба.....	20
Всього.....	90

Опір зернового шару

На рис. 7.5 представлена прийнята схема розташування коробів, на якій показаний у вигляді чотирьох заштрихованих ділянок, шлях проходження агента сушіння (або повітря) в зерновому шарі.

Визначення газового опору зернового шару в шахтній зерносушарці

Таблиця 7.4

Величини які визначаємо	Сушильна камера	Охолоджув. камера
Об'єм агента сушіння і повітря в $m^3 / год$ при вході в короба однієї шахти $V_{BX} = \frac{V}{2}; \frac{V_{BX}^X}{2}$	2582	664
Об'єм відпрацьованого агента сушіння і повітря в $m^3 / год$ при виході із коробів однієї шахти $V_{вих}$	2426	754
Середній об'єм агента сушіння і повітря в $m^3 / год$, який проходить через зерновий шар в одній шахті: $V_{cp} = \frac{V_{вх} + V_{вих}}{2}$	2504	709
Середній об'єм агента сушіння і повітря в $m^3 / год$, який проходить з одного короба через зерновий шар по заштригованих ділянках: $V_{cp.об} = \frac{V_{cp}}{4 \cdot p_0}$	208	88,6
Середня швидкість агента сушіння і повітря в м/сек. В зерновому шарі $v_{a.c} = \frac{V_{cp.об}}{3600 \cdot 0,2}$	0,28	0,12
Газовий опір зернового шару в n / m^2 (пшениці) товщиною 10 мм за рівнянням: $S = 9,81 \cdot 1,41 \cdot 10 \cdot v_{a.c}^{1,43}$	22,4	6,66
Середня температура агента сушіння і повітря в $^{\circ}C$ при вході та виході t_{CP}	$\frac{150 + 50}{2} = 100$	$\frac{5 + 25}{2} = 15$
Газовий опір зернового шару в n / m^2 (пшениці) товщиною 10 мм з урахуванням зміни густини газів в залежності від температури $S_t = S \frac{273 + 20}{273 + t_{CP}}$	16,7	6,77
Газовий опір зернового шару в n / m^2 при його товщині 300мм $S_{пол} = 30 \cdot S_t$	502	203

Середня довжина шляху газового потоку від точки *a* до точки *b* складає близько 300 мм (знаходимо вимірюванням).

Об'єм агента сушіння, що проходить через зерновий шар, приймаємо як середній між об'ємом агента сушіння при вході в короб і об'ємом

відпрацьованого агента сушіння при виході з короба. Розрахунок газового опору зернового шару для кожної зони приведений в таблиці 7.4.

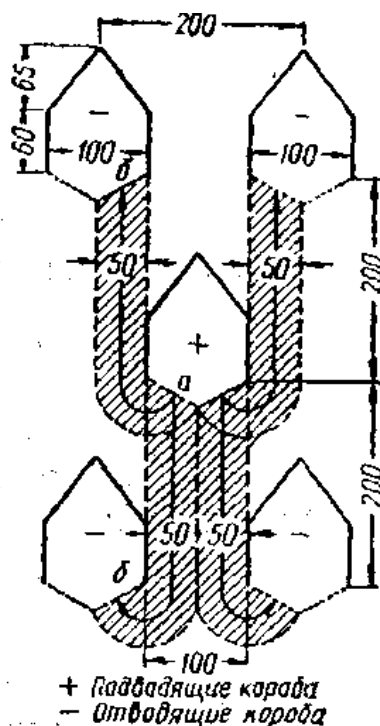


Рис. 7.5. Схема руху агента сушіння.

Знаючи величину опору вентиляційної мережі і опору зернового шару таблиця 7.4, визначаємо повний тиск вентиляторів в $н/м^2$:

для сушильної камери: $H_c = 200 + 502 = 702$;

для охолоджувальної камери: $H_x = 90 + 203 = 293$;

Визначення числа обертів вентилятора і витрат електроенергії.

Для вентилятора сушильної камери:

Продуктивність вентилятора $Q = 5162 \text{ м}^3/\text{год}$ округляємо до $5200 \text{ м}^3/\text{год}$, враховуючи імовірні втрати агента сушіння через не щільності у трубопроводах.

Повний тиск вентилятора $H_c = 702 \text{ н/м}^2$ - округляємо до 700 н/м^2 .

Температура агента сушіння, який переміщується вентилятором, $150 \text{ }^\circ\text{C}$.

Знаючи повний тиск, який розвиває вентилятор при температурі газів $150 \text{ }^\circ\text{C}$, визначимо тиск при температурі газів $20 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$H_{20} = H_c \frac{273 + 150}{273 + 20} = 1010 \text{ н/м}^2,$$

округляємо до 1100 н/м^2 .

Для вентилятора охолоджувальної камери:

Продуктивність вентилятора $Q=1328 \text{ м}^3 / \text{год}$ - округляємо до $1400 \text{ м}^3 / \text{год}$,

Повний тиск вентилятора $H_x = 293 \text{ н} / \text{м}^2$ - округляємо до $300 \text{ н} / \text{м}^2$

Температура повітря 5°C .

У зв'язку з незначною різницею в густині повітря при розрахунковій температурі 5°C і при температурі 20°C (для якої вказані характеристики вентиляторів) поправку на тиск в залежності від удільної ваги не вносимо.

Виходячи з параметрів для вентилятора сушильної та охолоджувальної камери приймаємо один вентилятор ВЦ-4-75 №6,5, який в холодній зоні буде працювати на всмоктування, а в гарячій зоні буде працювати на нагнітання.

Технічна характеристика вентилятора ВЦ-4-75 №6,5:

1. Продуктивність, $\text{м}^3 / \text{год}$ 7050;
2. Повний тиск, Па1171;
3. Частота обертання робочого колеса, $\text{об} / \text{хв}$1432;
4. Електродвигун, типАИР112М4;
5. Маса, кг164;

7.6 Розрахунок рециркуляції агента сушіння

Як нам відомо, що сушильним агентом являється атмосферне повітря, схема роботи сушарки з подвійним контуром рециркуляції відпрацьованого агента сушіння показана на рис. (7.6).

Частина відпрацьованого повітря сушильної зони повертається до вентилятора, змішується з повітрям зони охолодження, маса якого рівна масі повітря гарячої зони, викинутого на зовні, і у вигляді суміші поступає в теплогенератор. Підігріта суміш поступає в сушильну камеру; після виходу із неї потік повітря знову розділяється і частина його відводиться за межі сушарки, а частина повертається до вентилятора.

Параметри суміші $I_{\text{сум}}$ і $d_{\text{сум}}$ розраховують як середньозважені величини.

Нехай на 1 кг абсолютно сухого відпрацьованого повітря холодної зони додають n кг абсолютно сухого відпрацьованого повітря гарячої зони, тоді ентальпія суміші (в кДж/кг с.р.):

$$I_{\text{сум}} = (I_{\text{хол}} + n \cdot I_{\text{гар}}) / (1 + n), \quad (7.34)$$

де $I_{\text{гар}}$ - ентальпія відпрацьованого повітря сушильної камери;

$I_{\text{хол}}$ - ентальпія відпрацьованого повітря охолоджувальної камери;

а вологовміст суміші (в г/кг с. р.):

$$d_{\text{сум}} = (d_{\text{хол}} + n \cdot d_{\text{гар}}) / (n + 1) \quad (7.35)$$

де $d_{\text{гар}}$ - вологовміст відпрацьованого повітря сушильної камери;

$d_{\text{хол}}$ - вологовміст відпрацьованого повітря охолоджувальної камери;

Величину n , яка характеризує співвідношення маси компонентів суміші, називають кратністю змішування. Для побудови процесу в $I-d$ діаграмі скористуємося виразами:

$$I_{\text{сум}} - I_{\text{хол}} = n \cdot (I_{\text{гар}} - I_{\text{сум}}); \quad (7.36)$$

$$d_{\text{сум}} - d_{\text{хол}} = n \cdot (d_{\text{гар}} - d_{\text{сум}}); \quad (7.37)$$

Розділивши вираз (7.36) на (7.37), отримаємо:

$$I_{\text{сум}} - I_{\text{хол}} / (d_{\text{сум}} - d_{\text{хол}}) = (I_{\text{гар}} - I_{\text{сум}}) / (d_{\text{гар}} - d_{\text{сум}}); \quad (7.38)$$

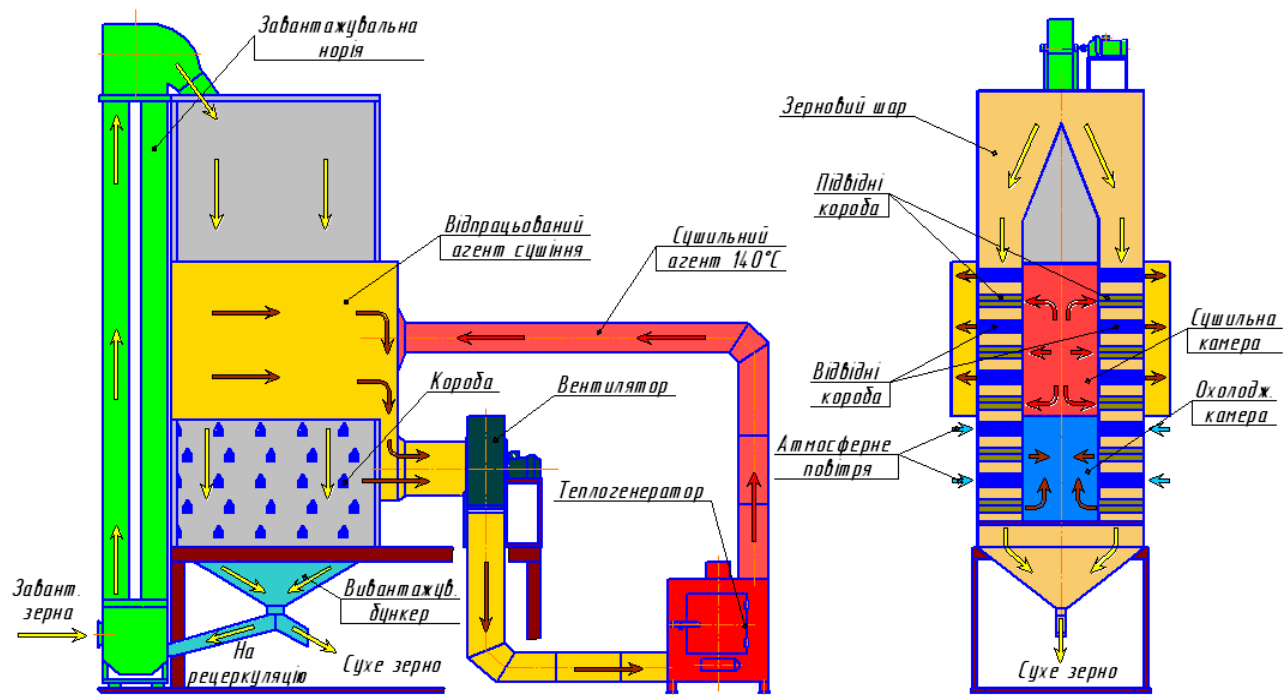


Рис. 7.6. Схема рециркуляції відпрацьованого агента сушіння

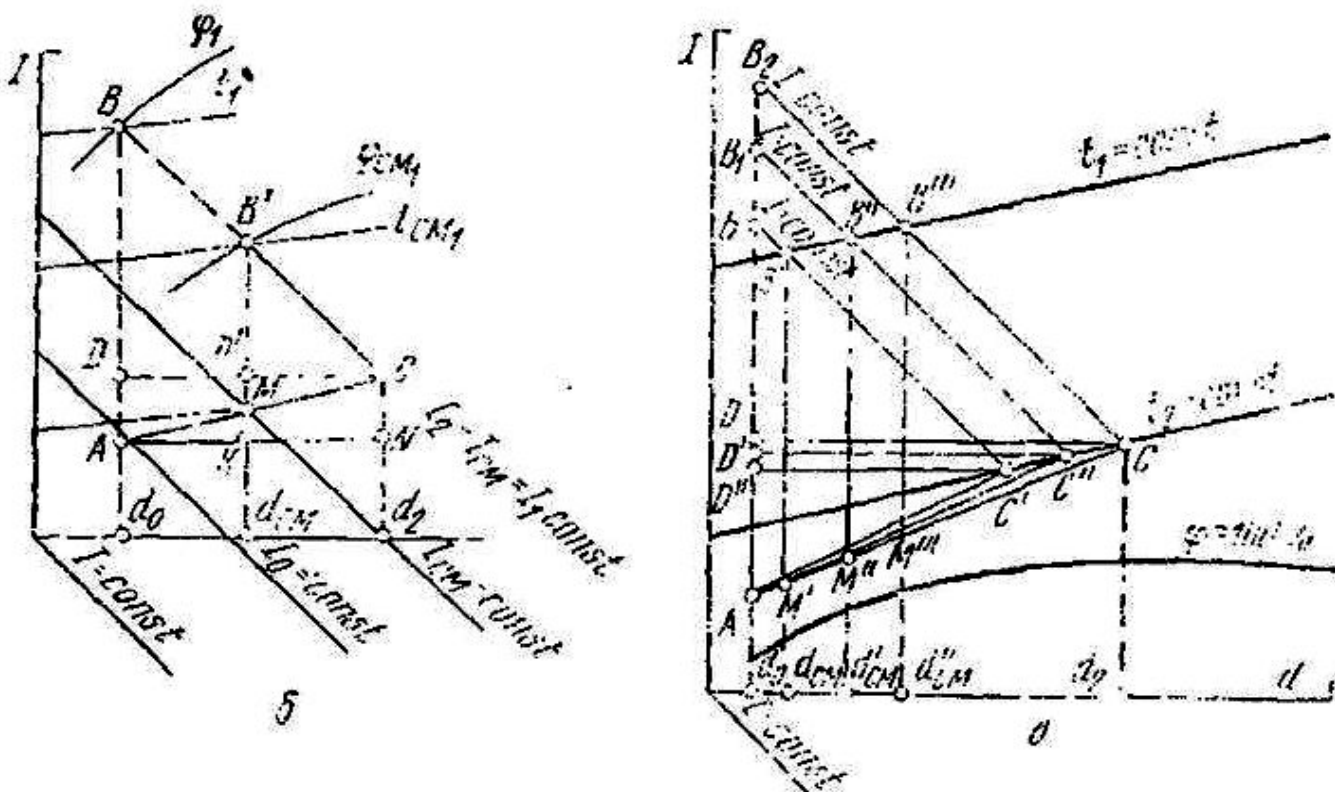


Рис.7.7. Побудова процесу сушіння в сушарці з рециркуляцією агента сушіння.

Даний вираз є рівнянням прямої лінії в координатах $I-d$. Пряма проходить через 3 точки (рис. 7.7): точку A , яка характеризує стан відпрацьованого повітря зони охолодження ($I_{хол}; d_{хол}$); точку C , яка характеризує стан відпрацьованого повітря зони сушіння ($I_{гар}; d_{гар}$), і точку M , яка характеризує стан суміші ($I_{сум}; d_{сум}$).

З графіка отримуємо :

$$(d_{сум} - d_{хол}) / (d_{гар} - d_{сум}) = AK / KN = AM / MC$$

З рівняння (7.37):

$$(d_{сум} - d_{хол}) / (d_{гар} - d_{сум}) = n$$

Так як, в однаковій кількості змішується відпрацьоване повітря зони охолодження та відпрацьоване повітря зони сушіння, тоді:

$$AM = MC \text{ і } AK = KN; AM / MC = n = 1; (d_{сум} - d_{хол}) / (d_{гар} - d_{сум}) = 1$$

Тоді параметри суміші з рівнянь (6.34) і (6.35):

$$I_{сум} = (54 + 1 \cdot 140) / (1 + 1) = 97, \text{кДж} / \text{кг};$$

$$d_{сум} = (11 + 1 \cdot 33) / (1 + 1) = 22, \text{г} / \text{кг};$$

Таким чином, знаючи n , можна знайти положення точки M на лінії AC , тобто параметри суміші, або навпаки, знаючи параметри суміші, можна визначити

кратність змішування n . В теоретичній сушарці з рециркуляцією процес зображується ломаною лінією AM (змішування) - MB' (нагрів в теплогенераторі) - $B'C$ (сушіння).

Витрати відпрацьованого повітря зони охолодження, і частина відпрацьованого повітря зони сушіння, яке викидається в навколишнє середовище.

$$l = \frac{1000}{d_{\text{гар}} - d_{\text{хол}}} = \frac{1000}{33 - 11} = 45, \text{кг} / \text{кг} \quad (7.39)$$

Витрати циркулюючого повітря:

$$l_n = \frac{1000}{d_{\text{гар}} - d_{\text{сум}}} = \frac{1000}{33 - 22} = 90, \text{кг} / \text{кг} \quad (7.40)$$

Перевагою сушарок з рециркуляцією агента сушіння є змога гнучкого регулювання параметрів повітря і створення м'якого режиму сушіння шляхом зменшення температури та збільшення вологості повітря, поступаючого в сушильну камеру. Дійсно, із графіка (див. рис. (7.7), б), завдяки рециркуляції

$t_{\text{см1}} < t_1$, а $\varphi_{\text{см1}} > \varphi_1$, тобто режим сушіння більш м'який, чим до модернізації.

Для рівномірності сушіння в зерносушарці також важливо, що шляхом рециркуляції можна зменшити перепади температур і вологості повітря при вході та виході з сушильної камери $[(t_1 - t_2)i(\varphi_2 - \varphi_1)]$.

Якщо умовно вважати що процес сушіння, який проходить в сушильній камері, являється ізобарним, то витрати теплоти в зерносушарці без рециркуляції будуть дорівнювати:

$$q_{\text{кал}} = l_n (I_1 - I_0) = 90(160 - 15) = 13,5, \text{МДж} / \text{кг} \quad (7.41)$$

В нашому випадку, в теплогенератор поступає повітря з більш високою ентальпією $I_{\text{сум}}$, чим зовнішнє повітря I_0 , і різниця $(I_{\text{сум1}} - I_{\text{сум}})$ менша різниці $(I_1 - I_0)$. З графіка (див. рис. (7.7), б) видно, що:

$$(I_1 - I_0) / (I_{\text{сум1}} - I_{\text{сум}}) = AB / MB' = AC / MC = n + 1,$$

Тоді

$$q_{\text{кал}} = l_n (I_{\text{сум1}} - I_{\text{сум}}) = 90(160 - 97) = 5,67, \text{ МДж / кг} \quad (7.42)$$

Отже, при використанні рециркуляції відпрацьованого агента сушіння витрати теплоти зменшуються в $\frac{q_{\text{кал}}}{q_{\text{кал}}} = \frac{13,5}{5,67} = 2,4$ рази в порівнянні з зерносушаркою без рециркуляції.

Реальна зерносушарка з рециркуляцією агента сушіння

При розрахунку сушарки з рециркуляцією агента сушіння відомі параметри зовнішнього (точка *A*) та відпрацьованого повітря (точка *C*). Враховуючи властивості матеріалу, який необхідно висушити, задаються максимально допустимо температурою повітря, поступаючого в сушильну камеру ($t_{\text{см1}}$), і розраховують величину Δ . Побудова процесу в діаграмі і визначення витрат циркулюючого повітря і теплоти проводиться наступним чином.

Через точку *C* (рис. 7.8) проводимо лінію $I_2 = \text{const}$. Припустимо, що відомі параметри повітря після теплогенератора, тобто відомі координати точки *B* еквівалентного (за витратами теплоти) основного процесу (без рециркуляції); через проводимо ізотерму $t_1 = \text{const}$ і лінію $I_1 = \text{const}$.

Так як задана температура $t_{\text{см1}} < t_1$, то очевидно, що для заданого режиму основний процес не може бути прийнятий і параметри суміші після теплогенератора будуть характеризуватися точкою *B'*, яка лежить на перетині лінії *BC* з заданою ізотермою $t_{\text{см1}} = \text{const}$,

Тоді відрізок

$$CC' \cdot M_i = I_1 - I_2$$

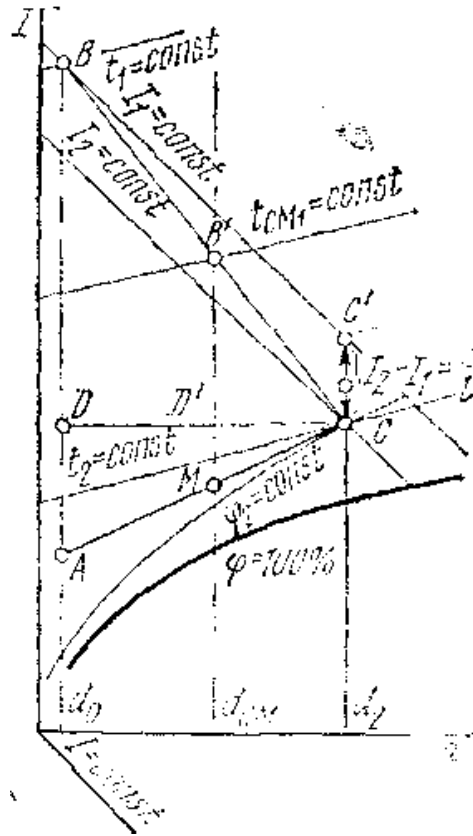


Рис. 7.8. Побудова процесу реальної сушарки з рециркуляцією
Аналітично із формули (III.58) [3]:

$$(I_2 - I_1) = \frac{\Delta}{l}, \text{ звідки } \Delta = l \cdot (I_2 - I_1) = 45 \cdot (160 - 140) = 900, \text{ кДж / кг,}$$

а відрізок $CC' = -\Delta / (l \cdot M_i) = 900 / (45 \cdot 1,7) = 11, \text{ мм}$

Таким чином для побудови процесу необхідно:

- 1) аналітично визначити величину відрізка CC' і відкласти його на лінії $d = const$;
- 2) через точку C' провести лінію $I_1 = const$, перетин з лінією $d_0 = const$ дасть точку B ;
- 3) провести лінію BC , яка при перетині з заданою лінією $t_{cm1} = const$ дасть точку B' ;
- 4) через точку B' провести лінію $d_{сум} = const$, перетин якої з лінією AC дасть точку M , яка характеризує параметри стану суміші;

Процес зобразиться лінією $AMB'C$.

Як і в теоретичній сушарці з рециркуляцією витрати теплоти:

$$q_{кат} = l_n (I_{сум1} - I_{сум}) = 90(160 - 97) = 5,67, \text{ МДж / кг}$$

Витрати циркулюючого повітря:

$$l_n = \frac{1000}{d_{\text{gap}} - d_{\text{сум}}} = \frac{1000}{33 - 22} = 90, \text{кг} / \text{кг}$$

Для заданих умов витрати теплоти можна розраховувати аналітично за рівнянням:

$$q_{\text{кал}} = l_n (I_{\text{gap}} - I_{\text{хол}}) - \Delta = 90(140 - 54) - 900 = 6,84, \text{МДж} / \text{кг} \quad (7.43)$$

що на 20% більше витрат розрахованих в теоретичній сушарці.

7.7. Розрахунок теплогенератора

Витрати палива (B) визначаємо діленням часової кількості тепла (Q), затраченого в сушарці, на найнижчу теплоту згорання палива (Q_H^P),

Кількість тепла необхідна для сушіння, в зв'язку з рециркуляцією агента сушіння зменшилась з 2332000 $\text{кДж} / \text{год}$ до 1203840 $\text{кДж} / \text{год}$, отже витрати палива зменшаться.

Витрати палива на сушіння, під час рециркуляції відпрацьованого агента складають:

$$B = \frac{Q}{Q_H^P} = \frac{1203840}{15190} = 80, \text{кг} / \text{год},$$

де 15190 $\text{кДж} / \text{год}$ - найнижча теплота згорання соломи.

Об'єм топочного простору визначимо за рівнянням :

$$V = \frac{B \cdot Q_H^P}{3,6 \cdot q_{o,п}}, \text{м}^3, \quad (7.44)$$

де $q_{o,п}$ - об'ємна густина приведена в таблиці 11[2].

Q - розрахункова кількість теплоти необхідна для нагріву повітря, кВт ;

k - коефіцієнт теплопередачі від теплоносія до повітря, $\text{Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{К})$;

Δt_{cp} - середній температурний напор, $^{\circ}\text{C}$;

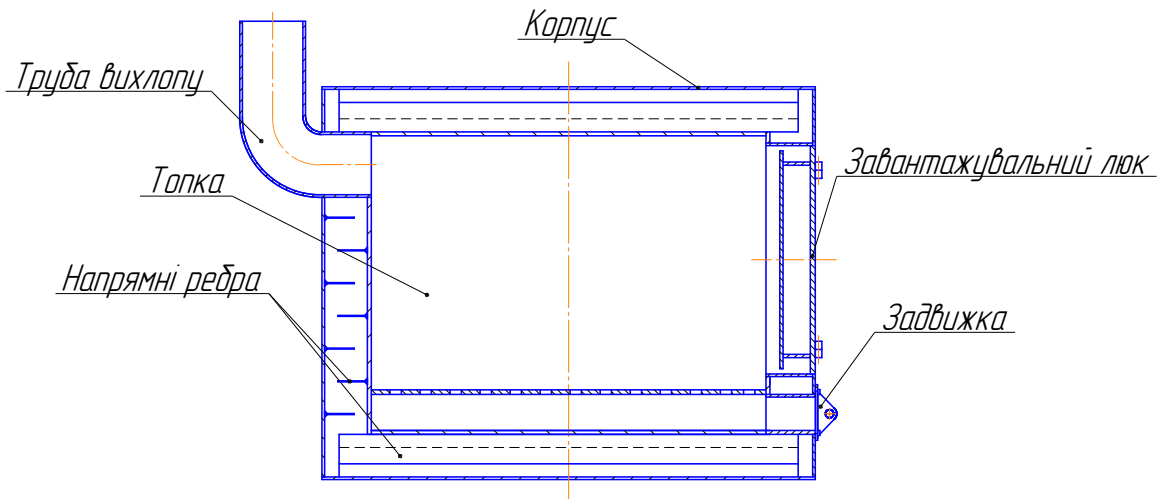


Рис. 7.9. Схема теплогенератора на соломі.

З цієї формули необхідна площа поверхні нагріву:

$$F = Q / k \cdot \Delta t_{cp}, \text{ м}^2$$

Середній температурний напор в нашому випадку розраховується за формулою:

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t' + \Delta t'') / 2 = (660 + 1200) / 2 = 930^\circ \text{ C} \quad (7.45)$$

$\Delta t'$ - більша різниця температур гріючого теплоносія і повітря, $^\circ\text{C}$;

$\Delta t''$ - менша різниця температур гріючого теплоносія і повітря, $^\circ\text{C}$;

Для теплогенератора, приймаючи до уваги, що повітря рухається по ребристій стінці коефіцієнт теплопередачі орієнтовно може бути розрахований:

$$k = A \cdot v_0^n = 8,35 \cdot 5^{0,36} = 14,9, \text{ Вт} / (\text{ м}^2 \cdot \text{ К}) \quad (7.46)$$

v_0 - швидкість повітря в теплогенераторі, $\text{ м} / \text{ с}$

A , n - конструктивні коефіцієнти, приведені в літературі [3]

Тоді, необхідна площа поверхні нагріву:

$$F = 118 \cdot 10^3 / 14,9 \cdot 930 = 8,5, \text{ м}^2$$

Найбільш простими у конструктивному співвідношенні являються теплогенератори на твердому паливі.

В теплогенераторах даного типу довжина і висота топочного простору повинна бути достатньою для повного згорання палива. В зв'язку з переходом виробництва на більш дешевші види палива, теплогенератори даного типу стали широко застосовуватись в різних галузях вітчизняного виробництва.

8. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Основою для проектування технологічних процесів (ТП) механічної обробки деталей і їх складання у вузли та вироби є виробнича програма, робочі креслення виробів і деталей та технічні умови на їх виготовлення.

Технологічний процес, який розробляється, повинен забезпечувати: підвищення продуктивності праці і якості виробу; скорочення трудових і матеріальних витрат; зменшення шкідливого техногенного впливу на навколишнє середовище; реалізацію значень базових показників технологічності конструкції даного виробу.

Проектування починається з аналізу вихідних даних для розробки ТП. Необхідно за наявними відомостями про програму випуску і з використанням конструкторської документації на виріб ознайомитися з його призначенням і конструкцією, з вимогами до його виготовлення й експлуатації.

Конструюючи, за класифікатором заготовок, методикою розрахунку і техніко-економічною оцінкою заготовок, виконується техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки, вибирається вихідна заготовка і методи її виготовлення.

Наступним етапом є вибір технологічної бази, виконується оцінка точності і надійності базування в залежності від виду технологічного процесу (використовуються класифікатори способів базування та існуючі методи вибору технологічних баз).

За документацією типового, групового чи одиничного ТП складається технологічний маршрут обробки, визначається послідовність технологічних операцій, номенклатура обладнання і склад технологічного оснащення.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Технологія виготовлення деталі	18-2012.ДП.14.008 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/16

8.1. Вибір методу одержання заготовки

Вихідним матеріалом деталі є сталь 35ГЛ ГОСТ 977-75. У малосерійному і одиничному виробництві заготовки із сталі 35ГЛ одержують за допомогою відкритого формування в землю чи формуванням в опоках. В умовах серійного чи масового виробництва дуже поширене машинне формування.

Вихідним документом для розробки креслення виливка є креслення деталі, на яке наноситься припуск на механічну обробку; технологічний припуск; технологічні вказівки по виготовленню виливка.

Припуск на механічну обробку призначають з врахуванням неточності виготовлення виливка. Припуск на механічну обробку також залежить від габаритів деталі. Величина припуску регламентується ГОСТ і складає 0,7 – 2 мм для алюмінієвих виливків і 0,7 – 5 мм для сталі. Приймаємо 3 мм на сторону і на верхню горизонтальну частину виливка напуск 4,5 мм. До технологічного припуску відносяться припуски, що спрощують процес виготовлення виливка. До них відносяться ливарні ухили, напуски, припливи, галтелі.

8.2. Розробка технологічного маршруту деталі типу «зірочка»

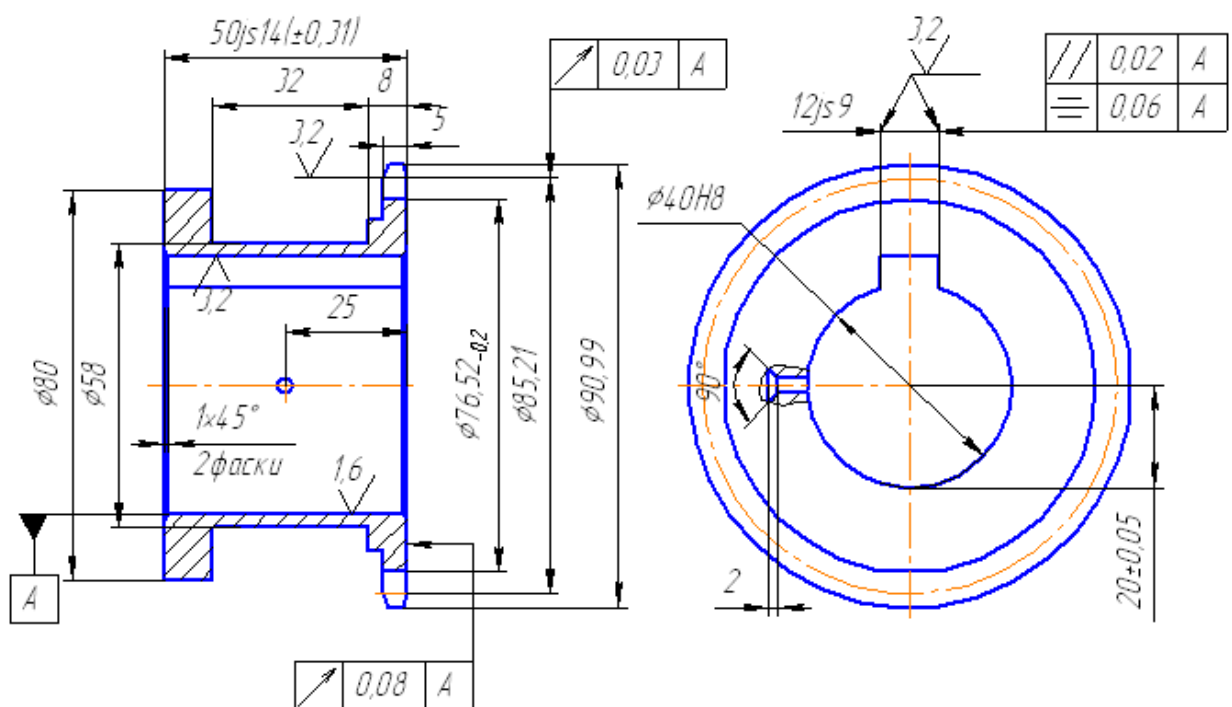


Рис. 8.1. Ескіз зірочки

Технологічний маршрут обробки деталі «зірочка»

Таблиця 8.1

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, оснащення, ріжучий і вимірний інструмент
10	Заготівельна.	Литво, 35ГЛ ГОСТ 1050-78
20	Токарна, УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон,
20.1	Торцювати пов.1 z=1.5мм	Різець прохідний відігнутий правий,Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
20.2	Точити пов.2 Ø80Н10 начорно	Різець прохідний відігнутий правий,Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
20.3	Точити пов.3 l=10мм, Ø58 начорно	Різець прохідний упорний лівий,Т15К6, $\varphi=90^{\circ}$, $\gamma=12^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
30	Токарна, УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон, упор
30.1	Торцювати пов.1 витримавши L=50js14	Різець прохідний відігнутий правий,Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
30.2	Точити пов.2 Ø90,99h10 начорно і начисто	Різець прохідний відігнутий правий,Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$;
30.3	Точити пов.3 Ø58 витримавши l=8 мм,	Різець прохідний упорний, лівий Т15К6, $\varphi=90^{\circ}$, $\gamma=12^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
30.4	Точити пов.4 Ø68h14 витримавши l=5 мм,	Різець прохідний упорний, лівий Т15К6, $\varphi=90^{\circ}$, $\gamma=12^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
30.5	Точити пов.5 Ø40 начорно і начисто	Різець прохідний відігнутий правий для розточування наскрізних отворів, Т15К6,
30.6	Розвернути отвір Ø40Н8 пов.6	Розвертка Ø40Н8, калібр пробка Ø40Н8
40.0	Токарна, УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, цанговий патрон, упор
40.1	Точити пов.1 під профіль зуба по ГОСТ591-69	Різець фасонний, правий Т15К6, ВхНхL=16x25x140
40.2	Точити пов.2 під профіль зуба по ГОСТ591-69	Різець фасонний, лівий Т15К6, ВхНхL=16x25x140
50.0	Протяжна, УЗЗ	Протяжний верстат

50.1	Протягнути шпоночний паз b=12 мм,	Протяжка b= js9, P6M5
60.0	Зубофрезерна, УЗЗ	Зубофрезерний верстат 53Л150
60.1	Фрезерування зубців колеса пов.1 m=3; z=29; h=7,23;	Черв'ячна фреза P6M5, D=63 d=22
70	Свердлильна, УЗЗ	Свердлильний верстат 2A125, кондуктор, лещата, упор
70.1	Свердлити отвір під Ø3H12, пов. 1	Свердло Ø3, P6M5
70.2	Зенкерувати отвір пов. 2 під Ø3H12 витримавши l=2	Зенківка α=90° P6M5
80.0	Слюсарна	Верстак
80.1	Зняти задирки і притупити гострі кромки	
90.0	Контрольна	Стіл контролера

8.3. Розрахунок припусків

Розрахунок загального припуску ведемо за найточнішим розміром $\phi 42H8$

Мінімальний припуск на розвертання

$$2 Z_{3\min} = 2 (R_{z3} + D_3 + \sqrt{(T_{\text{пр}3}^2 + \epsilon_{y3})}) \quad (8.1)$$

де $R_{z3}, D_3, T_{\text{пр}3}$ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова

похибка при розвертанні; ϵ_{y3} - похибка установлення при розвертанні.

$R_{z3} = 10$ мкм, $D_3 = 20$ мкм, $T_{\text{пр}3} = 0$ $\epsilon_{y3} = 0$ – (табл.12) [27].

Тоді

$$2 Z_{3\min} = 2 (10 + 20 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}) = 60 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{3\max} = 2 Z_{3\min} + T_1 - T_2 \quad (8.2)$$

де T_1 – допуск розміру при чорновому точінні, T_2 – допуск розміру при

напівчистовому точінні

$$T_1 = IT8 = 39_{\text{мкм}};$$

$$T_2 = IT6 = 16_{\text{мкм}};$$

$$2Z_{3\text{max}} = 60 + 39 - 16 = 84$$

$$2Z_{3\text{ном}} = \frac{2Z_{3\text{max}} + 2Z_{3\text{min}}}{2} = \frac{60 + 84}{2} = 72_{\text{мкм}} \quad (8.3)$$

Мінімальний припуск на напівчисте точіння

$$2 Z_{2\text{min}} = 2 (R_{z2} + D_2 + \sqrt{(T_{\text{пр}2}^2 + \epsilon_{y2})}) \quad (8.4)$$

де $R_{z1}, D_1, T_{\text{пр}1}$ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова

похибка при чорновому точінні; ϵ_{y2} - похибка установлення при напівчистовому точінні.

$$R_{z1} = 15 \text{ мкм}, D_1 = 20 \text{ мкм}, T_{\text{пр}1} = 100 \text{ мкм} - \text{ (табл.11) [27].}$$

$$\epsilon_{y2} = 100 \text{ мкм}$$

Тоді

$$2 Z_{1\text{min}} = 2 (15 + 20 + \sqrt{(100^2 + 100^2)}) = 352 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{2\text{max}} = 2 Z_{1\text{min}} + T_1 - T_2 \quad (8.5)$$

де T_1 – допуск розміру при чорновому точінні, T_2 – допуск розміру при напівчистовому точінні

$$T_1 = IT13 = 390_{\text{мкм}};$$

$$T_2 = IT11 = 160_{\text{мкм}};$$

$$2Z_{2\text{max}} = 352 + 390 - 160 = 582$$

$$2Z_{2\text{ном}} = \frac{2Z_{2\text{max}} + 2Z_{2\text{min}}}{2} = \frac{352 + 582}{2} = 467_{\text{мкм}} \quad (8.6)$$

Припуск на чорнове точіння:

$$2 Z_{1\text{min}} = 2 (R_{z0} + D_0 + \sqrt{(T_{\text{пр}0}^2 + \epsilon_{y1}^2)}) \quad (8.7)$$

де $R_{z0}, D_0, T_{\text{пр}0}$ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка.

Для заготовок виготовлених литтям $Rz_0 = 30\text{мкм}$, $D_0 = 100\text{мкм}$, $T_{\text{пр}0} = 500\text{мкм}$ (табл.9 [27])

$\epsilon_{y1} = 100\text{мкм}$ – похибка установлення при чорновому точінні.

$$2 Z_{\text{Imin}} = 2 (30 + 100 + \sqrt{(500^2 + 100^2)}) = 1280 \text{ мкм}$$

Загальний припуск

$$2Z_{\text{СУМ}} = \sum 2 Z_{i_{\text{ном}}} = 72 + 467 + 1280 = 1819 \text{ мкм} \quad (8.8)$$

Приймаємо $Z = 2 \text{ мм}$.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_{\text{ДЕТ}}}{M_{\text{ЗАГ}}} \quad (8.9)$$

де $M_{\text{дет}}$ – маса деталі, $M_{\text{заг}}$ – загальна маса деталі

Втрата металу (на стружку) = 13%

8.4. Розрахунок технологічних операцій

20 Токарна

Перехід 20.1. Торцювати пов. 1 $\varnothing 82$; припуск $z = 1,5\text{мм}$.

даному випадку це можливо, тому що припуск незначний). Глибина різання $t = z = 1,5\text{мм}$.

За нормативними таблицями призначаємо подачу в залежності від діаметра заготовки, прийнятої глибини різання, розмірів тіла різця, характеристик оброблюваного матеріалу.

При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром від 100 до 400 мм з глибиною різання до 3мм та перетином тіла різця 16×25мм подача повинна бути в інтервалі $S = 0,6 \dots 1,2 \text{ мм/об}$ (табл. 1, додаток А [27]). За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 (табл. 6, додаток А [27]) приймаємо подачу $S_v = 1,2\text{мм/об}$.

1. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} \quad (8.10)$$

де T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60 - 90хв для різців зі швидкоріжучої сталі і 90 – 120хв для різців із твердосплавною ріжучою пластинкою);

C_v – постійний коефіцієнт швидкості різання для даних режимів різання (табл. 4, додаток А [27]).

$$V = \frac{168}{120^{0,2} 1,5^{0,15} 1,2^{0,35}} = 56,9 \text{ м/хв} \quad (8.11)$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 56,9}{\pi 82} = 220 \text{ об/хв} \quad (8.12)$$

де $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм;

5. Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А [27]) вибираємо ближче менше значення $n_e = 250$ об/хв

6. За прийнятим значенням n_e визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_{заг} n_e}{1000} = \frac{\pi 82 \cdot 250}{1000} = 64,7 \text{ м/хв} \quad (8.13)$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3 \quad (8.14)$$

$$L_o = \frac{D_{заг}}{2} = \frac{82}{2} = 41 \text{ мм} - \text{довжина оброблюваної поверхні заготовки};$$

$L_1 = 2$ мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2$ мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 41 + 2 + 1,5 + 2 = 47,5 \text{ мм}.$$

$$1. \text{ Основний час на виконання переходу } t_{01} = \frac{L_p}{n_e S_e} = \frac{47}{250 \cdot 1,2} = 0,15 \text{ хв} \quad (8.15)$$

Допоміжний час для установки заготовки $t_{\text{доп.уст.}} = 0,25$ хв

(табл. 26, [27]).

Допоміжний час для переходу складається зі складових:

1. Комплексний час – 0,32 хв; (табл. 26, [27])

2. Час на установку частоти і подачі – 0,08 хв;

3. Час на поворот різцетримача – 0,05 хв;
4. Час на включення поперечної подачі – 0,08 хв;
5. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.

Усього $t_{\text{доп.1}} = 0,86$ хв.

Сили різання :

$$P_{Z1} = C_p \cdot t \cdot S^{0,75} = 200 \cdot 1,5 \cdot 1,2^{0,75} = 344 \quad (8.16)$$

$C_p = 200$ кг/мм²- сталь

$t = 1.5$ мм - глибина різання

$S = 1.2$ мм – подача

$$N_{e1} = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 102} \leq N_{\text{дв}}, \text{ де } N_{\text{дв}} = 11 \text{ кВт} - \text{потужність двигуна верстата 16K20} \quad (8.17)$$

$$N_{e1} = \frac{344 \cdot 46,7}{60 \cdot 102} \leq 3,6 \text{ кВт} \leq 11 \text{ кВт}$$

50.0 Протяжна

Перехід 50.1. Протягнути шпоночний паз шириною $b=12$ Js9 на поверхні з $\varnothing 40$ витримавши розміри згідно з ескізом деталі.

Визначаємо глибину різання, виходячи з ширини пазу: $t=b = 12$ мм.

Подача при протягуванні товщина шару матеріалу, яка зрізується, дорівнює різниці між висотами сусідніх зубів протяжки і називається подачею на зуб $S_z(0,1 \dots 0,2 \text{ мм})$.

Швидкість різання (м/хв), визначається за такою формулою:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^y} \quad (8.18)$$

$$V_p = \frac{65}{200^{0,2} \cdot 0,15^{0,25}} = 38 \text{ м/хв}$$

де T - період стійкості протяжки, хв (приймається в межах 100...500хв);

C_v - коефіцієнт, що залежить від якості оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини інструмента, умов різання та ін.;

m, y - показники степені (табульовані довідкові величини, які беруться з довідників).

Основний технологічний час визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L}{1000 \cdot V_p} K = \frac{483}{1000 \cdot 38} \cdot 1,5 = 0,02 \text{ хв} \quad (8.19)$$

де L - довжина робочого ходу протягування, мм;

K - коефіцієнт, що враховує зворотній хід ($K=1,4 \dots 1,50$).

$$L = L_o + L_p + L_k + L_l = 47 + 344 + 72 + 20 = 483 \text{ мм} \quad (8.20)$$

де $L_o = 47$ мм - довжина оброблюваної поверхні деталі, мм;

L_p - довжина ріжучої частини протяжки, мм;

$$L_p = \left[\frac{h}{2S} + (2 \dots 4) \right] \cdot t_p = \left[\frac{12}{2 \cdot 0,15} + 3 \right] \cdot 8 = 344 \text{ мм} \quad (8.21)$$

де h - припуск на обробку, мм; t_p - крок ріжучих зубів протяжки, мм;

L_k - довжина калібрувальної частини протяжки, мм;

$$L_k = z_k \cdot t_k = 6 \cdot 12 = 72 \text{ мм};$$

де z_k - кількість калібрувальних зубів протяжки ($z_k = 4 \dots 8$);

t_k - крок калібрувальних зубців протяжки, мм.

L_l - довжина перебігу протяжки (10...20 мм) за межі заготовки.

Допоміжний час:

На встановлення і зняття деталі

$$t_y = t_{y1} + t_{y2} \quad (8.22)$$

де $t_{y1} = 0,49$ хв — допоміжний час безпосередньо на встановлення і зняття деталі (табл.37 [27])

Маса деталі до 5 кг

$t_{y2} = 0,08$ хв — додаток на очищення місця від стружки.

Тоді $t_y = 0,49 + 0,08 = 0,57$ хв.

Допоміжний час пов'язаний з переходом

$t_d = 0,06$ хв.

Тоді допоміжний час

$$T_d = t_y + t_d = 0,57 + 0,06 = 0,63 \text{ хв} \quad (8.23)$$

Оперативний час

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d = 0,02 + 0,63 = 0,65 \text{ хв} \quad (8.24)$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} \quad (8.25)$$

де $T_{\text{об}} = 0,04T_{\text{оп}}$ і $T_{\text{пер}} = 0,07T_{\text{оп}}$

$$T_{\text{шт}} = 0,65 + 0,04 \cdot 0,65 + 0,07 \cdot 0,65 = 0,72 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на протягування однієї деталі

$$T_k = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}}/n \quad (8.26)$$

де $T_{\text{п.з}}$ – підготовчо-завершувальний час (сума часу налагоджування верстату – 12,7 хв. та

на одержання наряду – 7хв

$$T_{\text{п.з}} = 12,7 + 7 = 19,7 \text{ хв.}, \text{ тоді}$$

$$T_k = 0,72 + 19,7/200 = 0,73 \text{ хв}$$

Тоді норма виробітку:

$$N = 60/T_k = 60/0,81 = 74 \text{ деталей} \quad (8.27)$$

60.0 Зубофрезерна

Перехід 60.1 Фрезерування зубців колеса пов.1 $m=3$ $z=29$ $h=7,23$

Глибина при чорновій обробці становить $t=h=2,2$ $m=2,2$ $z=6$, $бм.м.$

Подача $S=1,6$ мм/об вибирається з урахуванням потужності головного привода верстата, заданій шорсткості оброблюваної поверхні і геометричних параметрів зубчастого колеса (табл. 1, додаток 3 [27]).

Швидкість різання розраховується за обраним значенням подачі з урахуванням величини модуля колеса за формулами (табл. 8.1 [27]).

$$V = \frac{285}{T^{0,25} \cdot S^{0,5} \cdot m^{0,25}} = \frac{285}{240^{0,25} \cdot 1,2^{0,5} \cdot 3^{0,25}} = 55 \text{ м/хв} \quad (8.28)$$

де T – стійкість черв'ячної фрези, яка призначається в залежності від чистоти обробки. Для чистової обробки період стійкості $T=240$ хв, а для чорнової обробки матеріалу із сталі $T=480$ хв, чавуна $T=960$ хв.

Швидкість обертання фрези (об/хв) визначається за формулою:

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 63} = 278 \text{ об/хв} \quad (8.29)$$

де D – зовнішній діаметр фрези, мм.

Частоту обертання фрези корегують по паспортним даним верстата і вибирається найближче менше значення приймаємо 240об/хв.

Основний (машинний) час при зубофрезеруванні визначається за формулою:

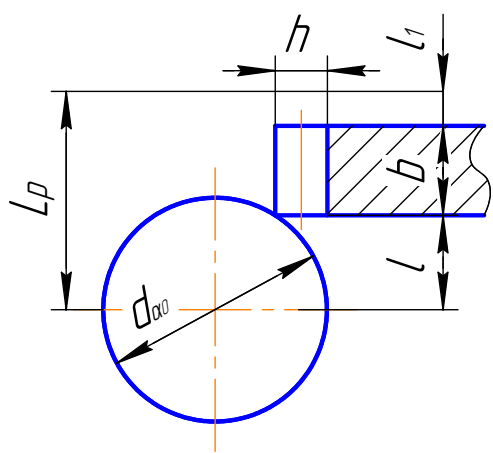


Рис. 6.5. Величини врізання (l) і перебігу (l_1) при нарізанні зубчастих коліс

$$T_o = \frac{L_p}{S_{xв}} i = \frac{45}{60} = 0,75 \text{ хв} \quad (8.30)$$

де L_p – розрахункова відстань, яку проходить фреза при обробці інструмента, мм; $S_{xв}$ – хвилинна подача, мм/хв; i – кількість робочих ходів.

При зубофрезеруванні черв'ячною фрезою розрахункову довжину визначається (рис. 8.5) так:

$$L_p = b + l + l_1 = 5 + 20 + 20 = 45 \text{ мм} \quad (8.31)$$

де b – ширина вінця, мм; l – величини врізання, мм;

$$l = \sqrt{h(d_{ao} - h)} = \sqrt{7,23(63 - 7,23)} = 20 \text{ мм} \quad (8.32)$$

де h – глибина фрезерування, мм; d_{ao} – зовнішній діаметр фрези; l_1 – перебіг фрези, який приймають в залежності від діаметра фрези та глибини різання, в нашому випадку $l_1 = 20$ мм (табл. 14, Б [27]).

Хвилинна подача розраховується за формулою:

$$S_{xв} = S \cdot K \cdot n_{\phi} / z_k = 1,2 \cdot 6 \cdot 240 / 29 = 60 \text{ мм/об} \quad (8.33)$$

де $S_{xв}$ – подача за один оберт фрези,; K – число заходів черв'ячної фрези; n_{ϕ} – число обертів фрези за хвилину, об/хв; z_k – число зубів колеса, що нарізається.

Допоміжний час:

1. Час операції - 0, 30 хв.
2. Час на установку і зняття заготовки - 0, 35 хв.
3. Час на чищення пристосування від стружки - 0,11 хв.
4. Час, зв'язаний з переходом - 0,26 хв.

Усього $t_{\text{доп.}} = 0,70$ хв.

Сумарний час на операцію

$$T_{\text{сум.}} = 0,75 + 0,70 = 1,45 \text{ хв.}$$

Враховуючи також час на обслуговування робочого місця та інші потреби $t_{\text{обс.}} = 0,2$ хв.

Загальний штучний час

$$T_{\text{шт.}} = T_{\text{сум.}} + T_{\text{пп.}} + t_{\text{обс.}} = 1,45 + 0,2 + 0,2 = 1,85 \text{ хв} \quad (8.34)$$

де $T_{\text{пп.}}$ – час на природні потреби; $T_{\text{пп.}} = 0,2$ хв.

Калькуляційний час, хв.

$$T_{\text{кальк.}} = T_{\text{шт.}} + t_{\text{пз.}} = 1,65 + 0,25 = 2,1 \text{ хв} \quad (8.35)$$

$t_{\text{пз.}}$ - підготовчо-завершувальний час

Норма виробітку за 1 годину становить:

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{2,1} \approx 28 \text{ деталей} \quad (8.36)$$

Свердлильна 70.0

Перехід 70.1. Свердлити отвір під Ø3H12

Приймаємо свердло діаметром $d_{\text{св.}} = 3$ мм з нормальною заточкою, матеріал ріжучої кромки – швидкорізальна сталь Р6М5.

1. Глибина різання при свердленні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору: $t = \frac{d_{\text{св.}}}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ мм}$

2. За нормативними даними вибираємо подачу в залежності від діаметра отвору та міцністних характеристик заготовки матеріалу. При свердлінні сталевих деталей з $\sigma_B \leq 800$ МПа подача вибирається з інтервалу $S = 0,04 \dots 0,05$ мм/об (табл. 1, додаток В [27]). За паспортними даними вертикально-свердлильного верстата 2А125 (табл. 3, додаток В [27]) корегуємо подачу $S_B = 0,1$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра свердла та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу (табл. 8, додатка В [27]), за емпіричною формулою:

$$V_c = \frac{5 \cdot d_{ce}^{0.4}}{T^{0.2} \cdot S^{0.4}} = \frac{5 \cdot 3^{0.4}}{45^{0.2} \cdot 0,1^{0.4}} = 9 \text{ м/хв} \quad (8.37)$$

де $T = 45 \text{ хв}$ – середнє значення періоду стійкості свердла $d_{ce} = 3 \text{ мм}$ (табл. 6, додатку В [27]).

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 9}{\pi \cdot 3} = 955 \text{ об/хв} \quad (8.38)$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_e = 1000 \text{ об/хв}$.

6. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_{ce} \cdot n_e}{1000} = \frac{\pi \cdot 3 \cdot 1000}{1000} = 9,42 \text{ м/хв} \quad (8.39)$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3 = 8 + 2 + 5 = 15 \text{ мм} \quad (8.40)$$

де $L_o = 15 \text{ мм}$ – глибина свердлення;

$L_1 = 2 \dots 3 \text{ мм}$ – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачею;
 L_2, L_3 – величина врізання і перебігу свердла: $L_2 + L_3 = 5 \text{ мм}$, (табл. 5, додаток В [27]).

1.8. Основний час на свердлення отвору:

$$t_{01} = \frac{L_p}{S_e \cdot n_e} = \frac{15}{0,1 \cdot 1000} = 0,15 \text{ хв} \quad (8.41)$$

Допоміжний час:

1. Час на установку і зняття заготовки в кондукторі – 0,2 хв.
2. Час зв'язаний з переходом $3 \cdot 0,08 = 0,24 \text{ хв}$.
3. Час на вихід свердла для знищення стружки і наступне введення його в отвір – 0,06 хв.

Допоміжний час всього $t_{\text{доп2}} = 0,5 \text{ хв}$.

8.5 Визначення похибки обробки отвору в кондукторі

Для обробки отвору діаметром $\varnothing 3H12$ мм в заготовці, спроектований кондуктор з швидкозмінною втулкою. Заготовка базується внутрішньою поверхнею на базовий вал з шпонкою до упору і фіксується гайкою з шайбою.

1. Параметри точності, які необхідно забезпечити в кондукторі:

На операції що розглядаємо необхідно забезпечити дві вимоги $\varnothing 3H12$, $4\pm 0,02$ мм. Пристрій впливає тільки на точність розміру $4\pm 0,02$ мм.

2. Основними розмірами кондуктора є:

- діаметр кондукторної втулки під свердло, d_1 (відповідно до рекомендацій з табл. 2, додаток М, діаметр отвору кондукторної втулки з полем допуску $F9$ становить $\varnothing 3^{+0,031}_{+0,006}$ мм);

- діаметр швидкозмінної кондукторної втулки в сполученні з постійною втулкою d_2 , становить за ГОСТ 18431 на змінні кондукторні втулки 8мм, а посадка в їх з'єднанні H7/g6 (табл. 11, додаток Л [27]);

- граничне відхилення відстані від упору до вісі отворів змінних кондукторних втулок повинне враховувати усі зазори, які виникають в сполученнях "заготовка – установча втулка", "змінна кондукторна втулка – постійна кондукторна втулка з плитою" та ексцентриситет змінної втулки, тобто цей допуск з сумарною похибкою пристрою, яка визначається за формулою:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_{n1} + \varepsilon_{n2} + \varepsilon_{n3} + \varepsilon_{n4} \quad (8.42)$$

де ε_{n1} - допуск положення осей кондукторних втулок відносно упорної поверхні установчої втулки.

Наближене значення величини похибки отримаємо, використовуючи співвідношення: $\varepsilon_{n1} \approx (0,3) 0,1 = 0,03$ мм.

Для знаходження точнішого рішення за табл. 1, додаток М знаходимо діаметр свердління для обробки отвору діаметром $\varnothing 3H12$ мм, який складає $\varnothing 3^{+0,1}_{+0,00}$ мм. Мінімальний діаметр розвертки $\varnothing 3,0$ мм.

По табл. 2, додатку М кількісне значення діаметра отвору кондукторної втулки з полем допуску $F9$ становить $\varnothing 3^{+0,031}_{+0,006}$ мм. Максимальний діаметр отвору втулки $\varnothing 3,031$ мм.

Максимальний зазор між свердлом і отвором кондукторної втулки:

$$S_{3\max} = 3,031 - 3,0 = 0,031 \text{ мм.}$$

Максимальне значення діаметра $\varnothing 8H7$ отвору під втулку складе $\varnothing 8,015$ мм.

Мінімальне значення зовнішнього діаметра $\varnothing 8g6$ втулки складе $\varnothing 7,986$ мм.

Максимальні зазори між втулкою і отвором у кондукторі:

$$S_{1\max} = 8,015 - 7,986 = 0,029 \text{ мм.}$$

Призначаємо допуски радіального биття отворів під втулки і самих втулок. Оскільки діаметри менші за 50 мм, то $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_3 = 0,007$ мм.

За формулою, похибка розміщення отвору кондукторної втулки $\varepsilon_{n1} = 0,8 \cdot 0,1 - 0,25(0,031 + 0,029 + 2 \cdot 0,007) = 0,0292$ мм.

ε_{n2} - похибка, яка викликається неперпендикулярністю осі кондукторної втулки до вісі отвору, розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{n2} = \frac{l+h}{L} a = \frac{8+3}{100} 0,2 = 0,022 \text{ мм} \quad (8.43)$$

де l – глибина оброблюваного отвору, мм;

h – відстань між торцем втулки і поверхнею заготовки, мм;

a – величина неперпендикулярності (непаралельності), задана на базовій довжині L ;

ε_{n3} – похибка, яка викликається зміщенням осі кондукторної втулки гнізда, враховується при використанні швидкозмінних втулок з урахуванням допуску на знос обох поверхонь (ми приймаємо 0,02 мм на сторону), цю похибку можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{n3} = \frac{S_{\max} + T_{zn}}{2} = \frac{0,029 + 0,04}{2} = 0,034 \text{ мм} \quad (8.44)$$

ε_{n4} – похибка, яка дорівнює ексцентриситету змінної або швидкозмінної втулки, $\varepsilon_{n4} = 0,005$ мм;

$$\varepsilon_n = \sqrt{0,029^2 + 0,022^2 + 0,034^2 + 0,005^2} = 0,049 \text{ мм} \quad (8.45)$$

3. Виконаємо перевірочний розрахунок:

$$T_3 \geq \frac{1}{K_c} \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_{\bar{v}3}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{ni}^2}, \quad (8.46)$$

де $T_3 = 0,1$ мм;

$K_c = 1,0$ мм – відповідно до рекомендацій, приведених вище;

$\varepsilon_{\bar{o}} = 0$, оскільки технологічна база (вісь установчої втулки) і вимірювальна (вісь заготовки) збігаються;

$\varepsilon_{\bar{v}3}$ – похибка встановлення заготовки дорівнює нулю, оскільки заготовка встановлюється до упора з торцевою поверхнею установчої втулки і затискається механізмом;

ε_{ni} - похибка налагодження інструмента, яка розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{ni} = S_{i.vt.zh} \left(\frac{l+h}{H} + \frac{1}{2} \right) = 0,051 \left(\frac{8+3}{9} + \frac{1}{2} \right) = 0,083 \text{ мм} \quad (8.47)$$

де $S_{i.vt} = 3,031 - 3,0 = 0,031$ мм – найбільший зазор між кондукторною втулкою і свердлом.

Призначаємо допуск на знос кондукторної втулки $T_{zn} = 0,02$, тоді

$$S_{i.vt.zh} = 0,031 + 0,02 = 0,051 \text{ мм}$$

Підставимо знайдені значення в нерівність і отримаємо:

$$0,1 \geq 1 \sqrt{0,049^2 + 0,083^2} = 0,096$$

Нерівність виконується, а тому кондуктор автоматично забезпечує задану точність положення отвору в межах допуску на знос робочих поверхонь пристрою.

На кресленні кондуктора вказується величина похибки пристрою $\varepsilon_n = 0,096$ мм, яка необхідна для перевірки його придатності.

9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Автоматизація процесу сушіння зерна забезпечує високу продуктивність сушарки і зберігання якісних показників зерна. Завдяки автоматизації збільшується коефіцієнт використання зерносушарок, підвищується надійність їх роботи, зменшення витрат палива, електроенергії, чисельність обслуговуючого персоналу.

Автоматизуючи процес, здійснюють: диспетчерський автоматичний контроль і керування сушінням зерна із стабілізацією основних параметрів процесу; комплексну автоматизацію контролю та регулювання режиму сушіння в цілому з використанням загальнопромислових засобів та регуляторів. Створюють систему автоматичного регулювання і керування процесом сушіння зерна, зокрема й на основі обчислювальної машини.

Система керування рециркуляційними сушарками забезпечує:

1. Контроль температури зерна та підтримувати її на заданому рівні, регулюючи кількість теплоти, що підводиться до зерна або повітря для його охолодження.
2. Перевірку вологості зерна на виході та випускати просушене зерно заданої кінцевої вологості при отриманні кратності його рециркуляції.
3. Регулювання надходження в шахту сирого зерна відповідно до кількості просушеного зерна.

Завдання системи автоматичного регулювання таке:

забезпечити максимальну продуктивність при повному збереженні якості просушеного зерна;

ведення процесу сушіння зерна при оптимальних режимах;

стабілізація заданого значення вологості просушеного зерна при потоковому надходженні його незалежно від початкової вологості та умов приймання.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Опис системи управління	18-2012.ДП.14.009 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/5

Зерно піднявшись по норії поступає в сушарку, де відбувається сушка зерна газами. У зерносушарці зерно проходить три зони, в яких визначається температура і вологість зерна. Після просушування зерно вивантажується з двох патрубків на скребковий конвеєр, який доставляє зерно до перекидного клапана. Далі частина зерна повертається на норію, і піднімається досушуватися в зерносушарку. А інша частина поступає в норію, звідки висипається у вентиляємий бункер.

Для контролю верхнього рівня сипких матеріалів в бункерах і силосах поставляється модифікація датчика Tse-04du з можливістю дистанційного регулювання зони спрацьовування. Датчики Tse-04du поміщені в захисний сталевий стакан, укріплений на штанзі завдовжки до 2 м. Штанга з датчиком кріпиться до верхньої поверхні бункера або силосу за допомогою монтажного куточка. Датчик Tse-04du комплектується вторинним приладом, за допомогою якого можна контролювати і регулювати момент спрацьовування чутливого елемента і затримку спрацьовування вихідного реле.

Стационарна зерносушарка з продуктивністю 100 т/г призначена для зниження вологості зерна до величини, що забезпечує тривале зберігання зерна. Застосовують на підприємствах зерноочищення і встановлюють на потокових лініях прийому, очищення і відвантаження зерна, а також біля елеваторів і складів. Відноситься до зерносушарок шахтного типу, тобто сушка зерна, що розсипається через секції, відбувається завдяки подачі потоків гарячого повітря через короби секцій.

Зерносушарка є установкою відкритого типу з двохступінчастим режимом сушки і складається з двох паралельно працюючих сушильних шахт із збірних металевих конструкцій. Кожна шахта має 10 секцій, і по висоті розділяється на 3 зони. Перша зона (сушки) розташована у верхній частині шахти, друга зона – в середній, а третя (охолодження) – в нижній частині шахти. Агент сушки в камеру нагріву нагнітається двома вентиляторами (В4, В5), для 1 зони і для другої зони. Для захисту шахт від попадання атмосферних опадів над відкритими торцями відвідних коробів встановлюються запобіжні козирки, виготовлені з оцинкованої сталі. Під охолоджувальними камерами

встановлені затвори періодичної дії і підсушительний бункер, з якого зерно попадає на конвеєр (Н3), і далі на перекидний клапан (ПК2), норію (Н3). Піднявшись висипається в перекидний клапан (ПК3), а звідти одна частина зерна на автотранспорт безтарного перевезення, а інша в бункер безтарного зберігання зерна (Б3).

У шахтах зерносушарки встановлені затвори під сушильною і охолоджувальними камерами. Затвор, що знаходиться під сушильною камерою, відкривається і закривається штурвалом вручну. Цей затвор закривають перед заповненням сушарки сирим зерном щоб уникнути попадання його в охолоджувальну камеру. Після просушування зерна затвор відкривають і зерно пересипається в охолоджувальну камеру. В процесі сушки цей затвор залишається весь час відкритим для проходу зерна з сушильної камери в охолоджувальну.

Нижній затвор служить для періодичного випуску просушеного і охолодженого зерна. У розподільних камерах зерносушарки встановлені горизонтальні залізобетонні перегородки, одна з яких розташована на висоті між першою і другою зоною сушки, а друга – на висоті охолоджувальної камери.

Призначення верхньої перегородки – не допустити змішування між собою двох потоків агента сушки, що подається в першу і другу зони сушки з різними температурами. Нижня перегородка перешкоджає змішуванню агента сушки з атмосферним повітрям. У першу зону агент сушки подає вентилятор (В4) середнього тиску через отвір, другу – вентилятор (В5) через отвір. Атмосферне повітря для охолодження зерна нагнітають в розподільну камеру вентилятором (В3) через отвір.

Відпрацьований агент сушки і повітря при виході з відвідних коробів поступають в загальну камеру з дверима, що щільно закриваються, звідки через жалюзійні отвори в стінці виходять назовні. У передньої стінки камери під дифузорами розташовані люки з кришками для доступу всередину камери.

Вимірник-регулятор ОВЕН ТРМ-138 призначений для вимірювання, реєстрації і регулювання температури, тиску або іншого фізичного параметра,

одночасного управління декількома (до 8-ми) виконавчими механізмами, а також для реєстрації змінних параметрів на ЕОМ. Прилад випускається в щитовому корпусі типу.

До восьми універсальних входів ТРМ-138 можуть бути підключені датчики різного типу в будь-якій комбінації, що дозволяє одночасно вимірювати і контролювати декілька різних фізичних величин.

Зміряні значення подаються на логічні пристрої (ЛП). ЛП можуть обробляти вхідні величини, обчислюючи різницю, середнє арифметичне значення або швидкість зміни вимірюваної величини.

На сьогоднішній день користувач може задати наступні режими роботи логічних пристроїв:

- двохпозиційний регулятор – ЛП порівнює зміряне значення і видає релейний сигнал, що управляє, відповідно до заданої логіки;
- реєстратор – ЛП видає аналоговий сигнал в діапазоні 4...20 мА, пропорційний значенню вимірюваного параметра.

Для роботи в режимі реєстратора для відповідного ЛП програмним шляхом повинен бути заданий цей режим і на виході встановлений ЦАП «параметр-струм 4...20 мА». Прилад має вбудований двонаправлений інтерфейс Rs-485 для передачі даних і прийому інформації від комп'ютера і інших приладів, оснащених таким же інтерфейсним зв'язком.

Багатоканальний блок живлення призначений для живлення стабілізованою напругою 24 В або 36 В датчиків з уніфікованим вихідним струмовим сигналом.

Табл.9.1.

<i>Найменування і технічна характеристика</i>	<i>Тип, марка, позначення документа, опитувального листа.</i>	<i>Од. вим.</i>	<i>Кіл.</i>
Автоматичний вимикач	ВА66-29	шт.	5
Автоматичний вимикач	АП-50	шт.	1
Автоматичний вимикач	А3-124	шт.	3
Магнітний пускач	ПМЕ	шт.	3
Теплове реле	ТРП	шт.	3
Шафа керування STL	STL200606	шт.	1
Перемикач на три положення	КЕА-5000	шт.	2
Перемикач на три положення	ПП-61	шт.	2
Світлові індикатори		шт.	33
Датчики руху зерна	МДУ-3	шт.	6
Датчики рівня зерна	СУС-11	шт.	7
Кінцевий вимикач	ВК-200	шт.	6
Термометр опору	ТОП-100	шт.	4
Вологомір		шт.	3
Датчик обрива цепи		шт.	6
Датчик контролю швидкості		шт.	6
Клемна коробка	У-614	шт.	5

10. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Законодавство та нормативно-технічна документація з охорони праці (ОП) основана на законі про охорону праці в Україні, який був прийнятий 14 жовтня 1992 року. Доповнений, перезатверджений 2002р від 21 листопада, конституція України. Нормативно-технічна документація з ОП представлена у вигляді стандартів, гостів і т.д.

Закон України з охорони праці визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів, відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Інструктажі.

Положення про навчання, інструктажі та перевірку знань працівників з питань ОП розроблено відповідно до Закону “Про охорону праці” та постанови Кабінету Міністрів України від 27 січня 1998 року № 64 “Про заходи щодо виконання Закону України “Про охорону праці”. Згідно даного положення працівники допускаються до самостійної роботи після вступного інструктажу, навчання, первинного інструктажу на робочому місці, стажування і набуття навичок безпечних методів праці.

Всі інструктажі з ОП за характером і часом проведення поділяються на: ввідний, первинний, періодичний, позаплановий і цільовий.

Всі інструктажі реєструються в спеціальному журналі, де вказується дата, прізвище кого інструктують і того хто проводить інструктаж, вид інструктажу та підписи.

Стан виробничого травматизму на підприємстві.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Заходи з охорони праці	18-2012.ДП.14.010 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/10

Зерносушильне відділення, на якому встановлено зерносушарку, нараховує 6 робітників, які працюють в дві зміни. Події, які можуть призвести до травм:

- ◆ падіння потерпілого, у тому числі – з висоти;
- ◆ падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, тощо;
- ◆ дія предметів та деталей, що рухаються, обертаються;
- ◆ ураження електричним струмом
- ◆ стихійне лихо;
- ◆ пожежа.

Метою дослідження виробничого травматизму є розроблення до запобігання нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини.

Для вивчення виробничого травматизму використовують різні методи. Найпоширеніші і взаємодоповнюючі:

- статистичний,
- монографічний,
- економічний,
- ергономічний,
- психофізіологічний.

Організація служби охорони праці на підприємстві

На підприємстві є відповідальна особа, яка забезпечує належну організацію охорони праці на підприємстві. На даному заводі такі обов'язки виконує інженер з охорони праці. Його основні обов'язки — проводити інструктажі з охорони праці, слідкувати за дотриманням вимог виробничої санітарії та гігієни праці на підприємстві

Фінансування заходів з охорони праці.

Фінансування заходів з ОП на підприємстві здійснюється з бюджету підприємства його власником, за рахунок 0,5 % від прибутку. Робітник не несе ніяких витрат на заходи з ОП. Підприємство відраховує кошти на поліпшення безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і комплексних заходів, що

опрацьовуються і реалізуються безпосередньо на підприємствах, в установах, організаціях. Фінансування заходів з ОП проводяться ще й за рахунок штрафів та спонсорської допомоги.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації.

Зерносушарки призначені для сушіння зерна, при якому спостерігається підвищена температура повітря, значний шум і вібрація від електродвигунів сушарки, можлива електробезпека у зв'язку з тим, що обладнання має електропривід.

Повітря робочої зони:

Мікроклімат. Для підвищення працездатності та збереження здоров'я робітників важливо створити стабільні кліматичні умови за ГОСТ 12.0.005-84 ССБТ. Мікроклімат виробничих приміщень визначаються такими параметрами: температурою повітря в приміщенні, °С; відносною вологістю повітря, %; рухливістю повітря, м/с; тепловим випромінюванням, Вт/м².

В приміщенні, де встановлені зерносушарки, допускаються такі оптимальні параметри:

- температура повітря 17...20 °С;
- відносна вологість 40...75 %;
- швидкість руху повітря 0,3 м/с.

Запиленість. На зерновому підприємстві підтримуються санітарні норми запиленості повітря — 4 мг/м³. Вибухонебезпечна концентрація пилу — 15...65%.

Вентиляція виробничого приміщення. На підприємстві для створення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці приміщення продуктового відділення обладнані припливно-витяжною вентиляцією, яка розрахована на асиміляцію шкідливого повітря, що виділяється від працюючого обладнання, а також надлишкового тепла від сонячного випромінювання з метою забезпечення метеорологічних та санітарно-гігієнічних умов у робочій зоні. Для періодичного провітрювання, особливо у літній час, в адміністративному та побутовому приміщеннях застосовується природна вентиляція.

Шум і вібрація.

Допустимий рівень шуму на робочих місцях регламентуються за ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». Цей стандарт також встановлює класифікацію шуму, вимоги до шумових характеристик і до захисту від шуму на робочих місцях.

За характеристиками спектру шум підрозділяється на широкосмуговий з безперервним спектром шириною більше однієї октави і тональний, в спектрі якого є виражені дискретні тони.

За часовими характеристиками шум підрозділяється на постійний, рівень звуку якого за 8-годинний робочий день змінюється в часі не більше ніж на 5.0 дБа при вимірах на часовій характеристиці «повільного» шумоміра; непостійний, рівень звуку якого за 8-годинний робочий день змінюється в часі більше ніж на 5.0 дБа при вимірах на часовій характеристиці «повільного» шумоміра.

Застосовують два методи нормування шуму:

- за граничним спектром, дБ;
- інтегрального показника рівня звуку, дБа.

Щоб запобігти шуму передбачаються такі заходи:

- звукоізоляція за рахунок огорожуючих конструкцій чи спеціальних пристроїв;
- повітродувні машини та вентилятори високого тиску, встановлені в окремому звукоізолюваному приміщенні;
- віброізоляція використовується для зниження вібрації за рахунок сталених пружин, прокладок з пружинних матеріалів (рези́на, войлок).

Виробничий шум у зерносушильному відділенні створюється вентиляторами, фактичний рівень шуму 75 дБа при допустимому 80 дБа.

Гігієнічне нормування вібрації передбачає встановлення найбільш допустимих рівнів віброшвидкості в м/с. ГОСТ 12.1012-78 ССБТ «Вибрация. Основные требования безопасности» є основним документом, який визначає гігієнічні норми вібрації.

За способом передачі на людину розрізняють локальну та загальну вібрацію. Загальна вібрація викликається коливанням опірних поверхонь і за джерелом її виникнення поділяються на транспортну, транспортно-технологічну та технологічну. Локальна вібрація передається безпосередньо через руки людини і виникає при роботі з окремими інструментами, які потрібно тримати в ході технологічного процесу.

Освітлення.

Освітлення виробничих приміщень забезпечує добру видимість та мінімальне втомлення зору і безпеку ДБН В 2.5 – 28 – 2006 „Естественное и искусственное освещение”.

У виробничих, адміністративних та допоміжних приміщеннях заводу застосовується бокове природне та загальне штучне освітлення. На території заводу передбачено штучне охоронне освітлення. Для робочого освітлення у зерносушильному відділенні застосовуються люмінесцентні лампи, для охоронного освітлення лампи розжарювання. Інтенсивність робочого та охоронного освітлення не менше 75 Лк. Крім того в зерносушильному відділенні передбачено аварійне освітлення (інтенсивність не менше 5 Лк), яке використовується у аварійних ситуаціях. Світильники аварійного освітлення вмикаються автоматично.

На підприємстві передбачено також евакуаційне освітлення в основних проходах та сходових клітинах для евакуації персоналу у надзвичайних ситуаціях. Інтенсивність даного освітлення 2 Лк.

Передбачено встановлення біля кожного пожежного гідранта світильника-показника на висоті не менше 2,5 м від нього.

Випромінювання.

На зерновому підприємстві джерелами теплового випромінювання є технологічне обладнання та матеріали. Для зменшення кількості надлишкової теплоти, що надходить від них у приміщення, зовнішні поверхні покриті теплоізоляційними матеріалами. Теплова ізоляція є ефективним та найбільш економічним засобом щодо зменшення інтенсивності випромінювання від нагрітих поверхонь,

загальних тепловиділень, а також засобом запобігання опікам при доторканні до цих поверхонь. Згідно ГОСТ 12. 1. 005-88 ССБТ температура на поверхні обладнання не повинна перевищувати 45 °С, а в приміщеннях із пожежо- та вибухонебезпечним середовищем, як у нашому випадку, – 35 °С (за протипожежними нормами).

Санітарно – побутові приміщення

Всі побутові приміщення повинні відповідати санітарним нормам та нормам мікроклімату. Вони поділяються на загальні та спеціальні. До загальних санітарно-побутових приміщень відносять: їдальні, гардероби, душеві, санвузли та ін. Роздягальні для робочого одягу розміщені ізольовано від роздягалень для верхнього одягу. В них передбачено відокремлені побутові кімнати площею не менше 3,0 м² для зберігання чистого та забрудненого одягу.

Душові розміщені в приміщеннях суміжних з роздягальнями, вони обладнані відкритими кабінами розмірами 0,9х0,9.

Умивальники розміщені на відстані не більше 75,0 м від найбільш віддаленого робочого місця в будівлі і 150,0 м від робочого місця на території підприємства.

Площа приміщень для відпочинку в робочий час – 0,2 м² на одного працюючого в найбільш чисельній зміні, але не менше 18 м². Кімнати для паління суміжні з їдальнями . При кількості робочих місць в найбільш чисельній зміні більше 250 чоловік слід передбачати їдальні, менше 250 чоловік – буфетами. Площа кімнат для харчування визначається з розрахунку 1,0 м² на одну людину, але не менше 12 м². Для медичного обслуговування на території підприємства передбачаються медичні пункти. Висота приміщень не менше 2.6 м ,температура повітря в побутових приміщеннях 19-25 °С, відносна вологість не більше 75 %, а швидкість не більше 0.2 м/с.

Таблиця 10.1 - Норми санітарно-побутових приміщень

Приміщення	Норми
Приміщення для обігріву	0,1м ² на 1 людину
Знепилення одягу	Не менше 9м ² на 1 людину
Сушка і знезараження	0,15м ² на 1 людину
Душові(одна сітка)	3...12 жінки,3...15 чоловіків
Умивальні та туалети	15 чоловік на один санітарний прибор

Електробезпека.

ГОСТ 12.1.019–76. ССБТ “Електробезопасность. Общие требования”. В цехах використовується електронезбезпечне обладнання і всі виробничі приміщення по електробезпеці відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою.

Електробезпека являє собою систему організаційних, технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

До небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносять підвищене значення напруги в електричному колі, замкнення якої може відбутися через тіло людини, підвищений рівень статичної електрики, електромагнітні випромінювання, підвищену напруженість електричного та магнітного полів,

супроводжується термічним, електролітичним та біологічними впливами. При цьому можливі незворотні порушення функціональної діяльності життєво важливих органів людини.

Термічний вплив характеризується нагріванням тканин тіла, кров'яних судин, нервів серця та інших органів, які знаходяться на шляху струму.

Електролітичний вплив розкладає кров, лімфу та плазму, порушує їх фізико-хімічний склад.

Біологічний вплив виявляється у порушенні біологічних процесів, які відбуваються в організмі, що супроводжуються подразненням або

руйнуванням нервових та інших тканин та опіками, аж до повного припинення діяльності органів дихання та кровообігу. За наслідками електротравми поділяються на місцеві, що супроводжуються явно визначеними місцевими ушкодженнями організму, та загальні, або електричні удари, які призводять до ураження всього організму через порушення функцій життєдіяльності найважливіших органів та систем. Більшість електроуражень (-55%), це сукупність місцевих електротравм та електричних ударів.

В зерносушильному відділенні передбачається захист від ураження блискавкою. Устрій блискавкозахисту починається із заземлення, тому, що незаземлений струмопровід збільшує небезпеку ураження блискавкою. Блискавковідвід складається з блискавкоприймача, струмовідвода і заземлення.

Виробничі приміщення за типом блискавкозахисту поділяються на три категорії в залежності від класу приміщень за вибухо- та пожежонебезпекою. Борошномельний завод відноситься до другої категорії.

Пожежна безпека.

Відповідно до норм технологічного проектування НАПБ Б 03.002.07 приміщення млина відноситься за вибухонебезпекою до категорії Б. В зв'язку із змінами нормативних документів, зокрема умов які пред'являються до приміщень категорії Б виконується комплекс заходів по забезпеченню вибухопожежної безпеки.

1. Побутові приміщення виносяться за межі млина. На звільнених площадках розміщуються технологічне і сантехнічне обладнання.

2. Зі всіх приміщень передбачено не менше двох евакуаційних виходів.

3. Виробничі приміщення відділяються від сходової клітини тамбур-шлюзами, з постійним підпором повітря 20 Па.

Двері тамбур-шлюзів – вогнестійкі з обладнанням, приладами для самозакривання.

4. Двері – зовнішні, які виходять на пожежно-евакуаційні сходи, повинні з середини відкриватися ключем, зовні без ключа. Двері вогнестійкі.

Органічний пил, що виділяється в зерноочисному відділенні являє собою велику небезпеку, так при визначених умовах він призводить до вибуху.

Зерносушильне відділення заводу за пожежонебезпекою відноситься до П-ІІ, за вибухонебезпекою до категорії В-ІІа.

Джерелом загорання пилепоповітряних сумішей є:

- електродуга, факел газового пальника або інших вогняних робіт;
- розжарені елементи поверхонь конструкцій;
- розряди статичної електрики.

Загорання сумішей може призвести як при допоміжних виробничих операцій, так і при проведенні основних технологічних процесів.

Засоби для запобігання вибухів та пожеж:

- автоблокування приводів груп машин;
- засоби зв'язку;
- вільний доступ до обладнання;
- датчик рівня заповнення бункерів;
- герметичність обладнання;
- аспірація мережі забезпечення вибухорозрядниками.

На першому поверсі в теплопункті є пожежні насоси які у випадку пожежі подають воду на кожний поверх. На всіх поверхах знаходяться пожежні гідранти. Витрата води на пожежогасіння залежить від вогнестійкості будівлі. Для виробництв категорії В-ІІ складає на зовнішнє гасіння 20 л/с, на внутрішнє 5 л/с. Запас води на пожежогасіння визначають за формулою:

$$Q = (3 \cdot 3600 \cdot N) / 100, \text{ м}^3$$

$$N = \Pi_1 + \Pi_2$$

де, Π_1 – витрати води на внутрішнє гасіння, л;

Π_2 – витрати води на зовнішнє гасіння, л;

3600-1000 – переведені коефіцієнти відповідно в години і літри;

3 – витрати води з врахуванням 3-х годинного пожежогасіння.

$$Q = 3 \cdot 3600 \cdot (20 + 5) / 100 = 270 \text{ м}^3$$

площа приміщення цеху $15 \cdot 40 = 600 \text{ кв.м.}$

Знаходимо кількість і тип вогнегасників. Так для гасіння пожежі на площі 1000 кв.м потрібно:

Повітряно-пінних вогнегасників місткістю 10 л – 2, порошкових місткістю 10 л – 2, порошкових місткістю 5 кг – 2 відповідно для площі 600 кв. м треба вдвічі менша кількість вогнегасників, тобто ОВП-10 – 1, ОПС-10 – 1, ОП-2А – 1.

Пропозиції по покращенню умов праці.

1. Використовувати в основному на заводі пневмотранспорт для покращення умов праці.

2. По можливості застосовувати високопродуктивне обладнання, яке в максимальному обсязі виключає ручну працю.

3. Застосовувати засоби контролю рівнів шкідливих і небезпечних факторів на робочих місцях.

11.ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

В процесі роботи зерносушарки в теплогенераторі спалюється паливо, а саме солома, при цьому утворюються такі шкідливі речовини як: вуглекислий газ, чадний газ, окиси азоту, вуглеводні, сажа.

Вуглекислий газ відіграє дуже важливу роль в «парниковому ефекті».

Оксид вуглецю, або чадний газ – продукт неповного згоряння палива легший за повітря й не має кольору та запаху. У кисні й на повітрі оксид вуглецю горить голубуватим полум'ям, виділяючи багато тепла й перетворюючись на вуглекислий газ.

Оксид вуглецю має виражену отруйну дію, що обумовлюється його здатністю вступати в реакцію з гемоглобіном крові, приводячи до утворення карбоксигемоглобіну, який позв'язує кисень. Внаслідок цього порушується газообмін в організмі, з'являється кисневе голодування й виникає порушення функціонування всіх систем організму. Характер отруєння оксидом вуглецю залежить від його концентрації в повітрі, тривалості дії та індивідуальної сприйнятливості людини. При дуже великих дозах чадного газу (понад 1%) настають втрата свідомості й смерть.

Окис азоту і двоокис азоту – це гази, що утворюються в камері згоряння. Окис азоту — безбарвний газ, не взаємодіє з водою і мало розчинний в ній, не вступає в реакції з розчинами кислот і лугів. Легко окислюється киснем повітря й утворює двоокис азоту.

Для людського організму окиси азоту ще більш шкідливі, ніж чадний газ. Загальний характер дії міняється залежно від змісту різних окисів азоту.

При контакті двоокису азоту з вологою поверхнею (слизисті оболонки очей, носа, бронхів) утворюються азотна й азотиста кислоти, які дратують слизисті оболонки і вражають альвеолярну тканину легенів.

При високих концентраціях оксидів азоту (0,004...0,008%) виникають астматичні прояви й набряк легенів.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Охорона довкілля	18-2012.ДП.14.011 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/4

Вдихаючи повітря, що містить окисли азоту у високих концентраціях, людина не має неприємних відчуттів і не припускає негативних наслідків. При тривалій дії окислів азоту в концентраціях, що перевищують норму, люди захворюють хронічним бронхітом, запаленням слизистої оболонки, шлунково-кишкового тракту, страждають серцевою слабкістю, а також нервовими розладами.

Вторинна реакція на дію окислів азоту виявляється в утворенні у людському організмі нітритів і всмоктуванні їх у кров. Це викликає перетворення гемоглобіну в метабемоглобін, що приводить до порушення серцевої діяльності. Окисли азоту виявляють негативну дію і на рослинність, утворюючи на листових пластинах розчини азотної та азотистої кислот. Цією ж властивістю обумовлений вплив окислів азоту на будівельні матеріали й металеві конструкції.

У відпрацьованих газах містяться вуглеводні різних гомологічних рядів: парафінові (алкадани), нафтонові (циклани) і ароматичні (бензоліві), всього близько 160 компонентів.

Вуглеводні токсичні й чинять несприятливу дію на серцево-судинну систему людини. Вуглеводневі з'єднання відпрацьованих газів, разом з токсичними властивостями, мають канцерогенну дію.

Вуглеводні під дією ультрафіолетового випромінювання сонця вступають в реакцію з окислами азоту, в результаті утворюються нові токсичні продукти — фотооксиданти, що є основою «смогу». Головним токсичним компонентом смогу є озон. До фотооксидантів також відносяться чадний газ, з'єднання азоту. Фотооксиданти біологічно активні, чинять шкідливу дію на живі організми, ведуть до зростання легеневих і бронхіальних захворювань людей, руйнують гумові вироби, прискорюють корозію металів, погіршують умови видимості.

Сажа — частинки твердого вуглецю чорного кольору, що утворюються при неповному згоранні й термічному розкладанні вуглеводнів палива. Вона не являє безпосередньої небезпеки для здоров'я людини, але може дратувати дихальні шляхи.

Найбільша шкода сажі полягає в адсорбції на її поверхні бензапірена, який у цьому випадку надає сильнішу негативну дію на організм людини, ніж у чистому вигляді.

Таким чином для зниження концентрації даних шкідливих речовин використовується додаткова очистка газоповітряної суміші яка утворюється в процесі спалювання соломи.

При спалюванні палива в котельнях і зерносушарках розрахунок планових показників за викидами в навколишнє природне середовище забруднювальних речовин з газоподібними продуктами спалювання потрібно проводити відповідно до методичних вказівок по розрахунку викидів забруднюючих речовин при спалюванні палива в котлах потужністю до 30 т/год.

Кількість пилу, що відходить з відпрацьованим агентом сушіння та від коробів шахтних зерносушарок і шахт охолодження зерна пневмогазових та рециркуляційних сушарок, визначається виразом:

$$M_{\text{п}} = 10^{-2} \cdot P_c \cdot z, m / \text{добу} \quad (11.1)$$

$M_{\text{п}}$ - кількість пилу, який відходить від зерносушарки підчас її роботи т/добу;

P_c - план сушіння зерна, т/добу;

z - засміченість зерна, %

Для шахтної зерносушарки кількість пилу, який відходить від зерносушарки підчас її роботи:

$$M_{\text{п}} = 10^{-2} \cdot 72 \cdot 1,2 = 0,86, m / \text{добу}$$

Для шахтних зерносушарок $z = z_0 = 1.2\%$, де z_0 — засміченість зерна, що надходить на сушіння після попереднього очищення, % (при розрахунках значення z_0 приймають за даними виробничої лабораторії підприємства за останній рік роботи сушарки).

Для нашої шахтної зерносушарки, де відбувається рециркуляція відпрацьованого агента сушіння $z_p = 0,65 z_0$, тоді кількість пилу дорівнює:

$$M_{\text{п}} = 10^{-2} \cdot 72 \cdot 0,65 \cdot 1,2 = 0,55, m / \text{добу}$$

Концентрацію пилу, що викидається з відпрацьованим повітрям в атмосферу аспіраційними установками зерносушарок після циклонів типів ЦОЛ і 4БЦШ, наведено в табл.11.1 та 11.2.

Таблиця 11.1. Залежність концентрації зернового пилу ($г/м^3$), що викидається в атмосферу поодинокими циклонами типу ЦОЛ, від вхідної швидкості повітря та його запиленості

Концентрація пилу в повітрі на вході в циклон, $г/м^3$	Швидкість повітря на вході в циклон, $м/с$		
	16	17	18
0,5	0,0521	0,0459	0,0411
1,0	0,0675	0,0593	0,0525
1,5	0,0727	0,0638	0,0568
2,0	0,0925	0,0838	0,0750
2,5	0,1076	0,0956	0,0867
3,0	0,1150	0,1015	0,0925

Таблиця 11.2. Залежність концентрації зернового пилу ($г/м^3$), що викидається в атмосферу батарейними установками циклонів типу 4БЦШ, від вхідної швидкості повітря та його запиленості

Концентрація пилу в повітрі на вході в циклон, $г/м^3$	Швидкість повітря на вході в циклон, $м/с$		
	16	17	18
0,5	0,0393	0,0343	0,0305
1,0	0,0513	0,0450	0,0403
1,5	0,0550	0,0475	0,0425
2,0	0,0661	0,0576	0,0514
2,5	0,0715	0,0625	0,0558
3,0	0,0825	0,0725	0,0647

Запропонована модернізація зерносушарки ЗСШ-1, а саме рециркуляція відпрацьованого агента сушіння сушильної та охолоджувальної камери, дає змогу зменшити кількість забруднювальних речовин, які викидаються в навколишнє середовище на 35%.

Висновки

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності роботи зерносушарки ЗСШ-1 та зменшення енергозатрат на процес сушіння.

В ході роботи було проведено аналітичний огляд обладнання для сушіння зерна. Визначено, що найбільш універсальними, зручними та найбільш поширеними є шахтні прямоточні зерносушарки. Тому в якості об'єкту модернізації була прийнята зерносушарка шахтного типу ЗСШ-1.

В якості обладнання для нагріву сушильного агента до заданої температури було запропоновано використати теплогенератор на соломі, який дозволяє зменшити на 65 % витрати невідновлювальних енергоресурсів на процес сушіння.

Крім цього запропоновано модернізацію розподільної камери та забезпечення часткової рециркуляції агента сушіння;

Вищенаведені пропозиції не вимагають значних капіталовкладень, що свідчать про доцільність впровадження даної розробки.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва Висновки	18-2012.ДП.14.000 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/1

Список використаних літературних джерел

1. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств.: конспект лекцій / П.Г. Черниш. – К.: НУХТ, 2007.- 86с.
2. Малин, Н.І. Енергозберігаюча сушка зерна.: підруч. / Н.І.Малин. – КолосС, 2004. – 240с.
3. Шаповаленко, О.І. Сушіння зерна: конспект лекцій для студ. Спец.6.091700 «Технологія зберігання і переробка зерна» ден. та заоч. Форм навчання / О.І. Шаповаленко. – К.: НУХТ, 2007. – 100с.
4. Гинзбург, А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности.- М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
5. Станкевич, Г.М. Сушіння зерна.: підручник / Г.М. Станкевич, Т.В. Страхова, В.І. Атаневич. – К.: Либідь, 1997. – 352с.
6. Мельник, Б.Е Справочник по сушке и активному вентилированию зерна. / Б.Е. Мельник, Н.И. Малин. – М.: Колос, 1980. – 175 с.
7. Пунков, С.Г., Стародубцева А.И. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение: підруч. / С.Г. Пунков, А.И. Стародубцева. – М.: Агропромиздат, 1990.
8. Мерко, И.Т. Проектирование зерноперерабатывающих предприятий с основами САПР: навч. посіб. / И.Т. Мерко и др. – М.: Агропромиздат, 1989.
9. Черняев, Н.П. технология комбикормового производства: підруч. / Н.П. Черняев. – М.: Агропромиздат, 1985.
10. Гулий, І.С. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / І.С. Гулий та ін. – Вінниця: Нова книга, 2001.
11. Мирончук, В.Г. Розрахунок обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / В.Г. Мирончук та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004.
12. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – К.: КІХП, 1998.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Покрасьон Д.А.	Назва, додаткова назва	18-2012.ДП.14.000 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.	Список використаних літературних джерел	Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/4

13. Демский, А.Б. Комплектное оборудование мукомольных заводов: підруч. / А.Б. Демский, Г.Е. Птушкина, М.А. Борискин. – М.: Агропромиздат, 1985.

14. Баранцев, В. И. Сборник задач по процессам и аппаратам пищевых производств: навч. посіб. / В.И. Баранцев. – М.: Агропромиздат, 1985.- 136с.

15. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики пищевых производств: підруч. / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. – М.: Пищевая промышленность, 1980.- 288 с.

16. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушылки: підруч. / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. – М.: Колос,1982.- 239 с.

17. Самочетов, В.Ф. Зерносушение: підруч. / В.Ф. Самочетов, Г.А. Джорогян. – М.: Колос, 1970. – 287 с.

18. Лебедев, П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок: навч. посіб. / П.Д. Лебедев. – М.: Госэнергоиздат,1963.- 320 с.

19. Мороз, В.К. Курсовое и дипломное проектирование по курсу «Эксплуатация оборудования предприятий пищевой промышленности»: навч.підруч. / В.К. Мороз. - М.: «Пищевая промышленность», 1984.

20. Харламов, С.В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств: навч. підруч / С.В. Харламов. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1991.

21. Дунаев, П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование: Учебное пособие для машиностроительных ВУЗов. - 2-е изд., перераб. и доп. / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – Высш. шк., 1993.

22. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. - 5-е изд., перераб. и доп. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1978.

23. Никитин, В.С. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности: Справочник. / В.С. Никитин, Ю.М. Бурашов. – М.: Агропромиздат, 2001.

24. Стрельцов, В.К. Охрана окружающей среды: підруч. / В.К. Стрельцов, П.С. Воронин. – М.: «Эколог», 2005.

25. Гапонюк, О.І. Активне вентилювання та сушіння зерна: навч. підруч. / О.І. Гапонюк, М.В. Остапчук, Г.М. Станкевич, І.І. Гапонюк. – К.: С.324 з табл.

26. Гапонюк, І.І. Вдосконалення режимів та модернізація конструкцій шахтних зерносушарок // Зернові продукти та комбікорма.: І.І. Гапонюк - 2007 № 4 – С.41 – 44.

27. Шаповаленко, О.І. Рекомендації щодо сушіння продовольчої та кормової кукурудзи в шахтних зерносушарках / О.І.Шаповаленко, І.І.Гапонюк, Т.І.Янюк, Г.М Станкевич// Зерно і хліб, 2004 № 1. – С. 18–19.

28. Азаров, Б.М. Назаров Н.И. Реология пищевых масс: підруч. / Б.М. Азаров, Н.И. Назаров. – М.: МТИПП, 1980. – 90 с.

29. Альхоган, Адель Кинетика сушки некоторых зернобобовых культур: автореф. дис. канд. техн. наук / Адель Альхагон; Одесса, ОТИПП, 1995. – 23 с.

30. Бадай, В.Т. Научное обоснование и синтез оптимальных режимов и технологических схем зерносушилок: автореф. канд. техн. наук. / Віталій Тимофійович Бадай; Одесса, ОТИПП, 1990. – 16 с.

31. Веселов, О.А. Проектирование вентиляционных установок предприятий по хранению и переработки зерна: підруч. / О.А. Веселов. – М.:Колос, 1974.- 228 с.

32. Гинсбург, А.С. Технология сушки пищевых продуктов: підруч. / А.С. Гинсбург. – М.:Пищевая пром-ть, 1976. – 249 с.

33. Гришин, М.А. Установки для сушки пищевых продуктов: довідник / М.А Гришин, В.И. Атаназевич, В.Г. Семенов. – М.:Агропромиздат, 1989. -215 с.

34. Охримено, А.А. Зернохранилища универсальные досушивающие// Хранен. и перераб.зерна: підруч. / А.А. Охрименко – 2001. -№5. – С.46-47.

35. Егоров, Г.А. Практикум по технологии муки, крупы и комбикормов: навч. посіб. / Г.А. Егоров, В.Т. Ливниченко, Е.М. Мельников, Т.П. Петренко. – М.:Агропромиздат, 1991. – 208 с.

36. Карасюк, И.М. Справочник по зерновым культурам.: підруч / И.М.Карасюк, А.И.Хоровцев, В.П.Гордиенк и др. –К.:Урожай, 1991. – 318 с.

37. Уразов, М.Ю. Расчет кинетики сушки зерна кукурудзы//Хлебопродукты: підруч. / М.Ю. Уразов. – 1998. - №9. –С 14-15.

38. Чурсинов, Ю.А. Анализ технологических решений и оборудования по сушке зерновых продуктов//Хранение и перераб. зерна: підруч. / Ю.А. Чурсинов. -2000. №11.–С27-30.

39. Справочник по качеству зерна. – К.Урожай, 1988. – 216 с.