

**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'ютерних технологій
проектування**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Якимчук М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

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

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв
на тему Удосконалення конструкції зерносушильного комплексу на основі
застосування рециркуляції теплоносія

Виконав: здобувач II курсу, групи 4

Черкасенко Володимир Леонідович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Миколів Іван Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
М.В.Якимчук

« ___ » _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Черкасенка Володимира Леонідовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення конструкції зерносушильного комплексу на основі застосування рециркуляції теплоносія

керівник проекту (роботи) Миколів Іван Михайлович, доц., канд. тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 02» 11 2021 р. № 869-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2022р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Анотація; Зміст; Вступ; Аналітичний огляд стану питання; Методика проведення досліджень; Дослідна частина та узагальнення результатів; Обґрунтування модернізації; Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Технологія машинобудування; Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання; Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці; Охорона довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел; Додатки

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

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 1 аркуш; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 6 аркушів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 14.09.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	30.09.2021	
2	<i>Аналітичний огляд стану питання</i>	08.10.2021	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	15.10.2021	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	22.10.2021	
5	<i>Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>	29.10.2021	
6	<i>Розрахункова частина</i>	12.11.2021	
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	12.11.2021	
8	<i>Технологія машинобудування</i>	19.11.2021	
9	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>	30.11.2021	
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	10.12.2021	
11	<i>Заходи по охороні праці</i>	18.12.2021	
12	<i>Охорона довкілля</i>	18.12.2021	
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	30.12.2021	
14	<i>Висновки</i>	15.01.2022	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	15.01.2022	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	25.01.2022	

Здобувач

(підпис)

Черкасенко В.Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Миколів І.М.

(прізвище та ініціали)

Анотація

В представленій магістерській роботі на тему: «Удосконалення конструкції зерносушильного комплексу на основі застосування рециркуляції теплоносія» розглянуто питання по зменшенню витрати палива при сушінні зерна.

Аналіз витрат на сушіння показує, що 50% витрат приходить на паливо. Тому особливо важливим завданням є економія палива. Практично встановлено, що більше половини тепла втрачається з відпрацьованим агентом сушіння, решта – з відпрацьованим охолоджуючим повітрям та зерном, що виходить з зони охолодження.

В магістерській роботі ми пропонуємо досягти зменшення витрат палива шляхом повторного використання сушильного агента. Цього можна досягнути завдяки побудові трубопроводу, який транспортує гаряче відпрацьоване повітря і подає його в економайзер, в якому відбувається початкове нагрівання повітря, яке надходить з навколишнього середовища.

Модернізований комплекс дасть можливість частково вирішити проблеми зниження собівартості сушіння зерна та підвищити ефективність роботи даної галузі.

Розрахунки та більш детальне пояснення сутності модернізації викладено в пояснювальній записці на аркушах. Будова ,теоретичні, експериментальні та конструктивні особливості наведено в графічній частині на листах формату А1.

Ключові слова: зерносушарка, економайзер, шнек, теплоносій, зерно.

Відповідальна особистість	Технічне проєктування	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Анотація	18-0232.KP.07.000 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Summary

In the presented master's thesis on the topic: "Improvement of the design of the grain drying complex of the recirculation type in order to save energy" the issue of reducing fuel consumption during grain drying is considered.

Analysis of drying costs shows that 50% of fuel costs. Therefore, fuel economy is a particularly important task. It is practically established that more than half of the heat is lost with the spent drying agent, the rest - with the spent cooling air and grain leaving the cooling zone.

In the master's thesis, we propose to achieve a reduction in fuel consumption by reusing the drying agent. This can be achieved by building a pipeline that transports hot exhaust air and feeds it to the economizer, which is the initial heating of the air coming from the environment, and mixing with the exhaust.

The modernized complex will provide an opportunity to partially solve the problem of reducing the cost of drying grain and increase the efficiency of the industry.

Calculations and a more detailed explanation of the essence of modernization are set out in the explanatory note on the sheets. The structure, theoretical, experimental and design features are shown in the graphic part on sheets of A1 format.

Key words: grain dryer, economizer, auger, heat carrier, grain.

Зміст

стор.

Анотація.....	
Вступ.....	
1. Аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання	
2. Експериментальні дослідження	
3. Теоретичні дослідження процесу сушіння зерна	
4. Сутність модернізації . Будова та принцип роботи обладнання.....	
5. Підбір конструкційних матеріалів	
6. Розрахункова частина.....	
7. Правила монтажу, ремонту та експлуатації	
8. Заходи з охорони праці	
9. Охорона довкілля	
10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування.....	
11. Технологія машинобудування.....	
12. Маркетингове обґрунтування проекту.....	
Висновки.....	
Список використаних джерел.....	

Відповідальна особа	Технічне завдання	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Зміст		18-0232.KP.07.000 ПЗ			
	Документ затверджено			Інд.	Дата	Мова	Арку

Вступ

Розвиток харчової промисловості в нашій країні ставить перед експлуатаційниками й конструкторами нові завдання по розробці й удосконалюванню технологічних процесів, по модернізації існуючого устаткування й по створенню раціональних конструкцій машин й апаратів.

Зернова промисловість займає важливе місце в харчовому раціоні населення. В зв'язку з цим стоїть задача більш повно задовольнити потреби населення в цій продукції, постійно підвищувати її якість зробивши при цьому мінімальні затрати на сировину і енергію. В умовах ринкової економіки стоїть задача створити підприємства, які за своїми техніко – економічними показниками були б конкурентноспроможними щодо діючих закордонних заводів.

Вирішальне значення для підвищення ефективності виробництва і перш за все для росту продуктивності праці в зерновій промисловості має місце впровадження нової техніки, сприяючої інтенсифікації технологічних процесів, скорочення тривалості виробничих циклів та зменшення технологічних втрат сировини.

На сучасному етапі розвитку зерносушіння в Україні та світі постала нагальна потреба в створенні та розробці високоефективної зерносушильної техніки, яка б забезпечувала мінімальні витрати енергії та високу схожість насіннєвого матеріалу.

Зернова промисловість є однією із стратегічного важливих галузей харчової промисловості України. Кінцевим продуктом цього величезного агропромислового комплексу є хліб, макаронні вироби.

Головними задачами для галузі є: підвищення обсягів виробництва, зменшення кількості ручної праці, підвищення якості продукції та підвищення екологічності обладнання та технологій.

Відповідальна особа	Технічне завдання	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	18-0232.KP.07.000 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	
		Rcmvn			***		

Основною задачею інженерів – конструкторів при проектуванні обладнання є забезпечення зернової промисловості сучасним обладнанням з високим технічним рівнем, високим ступенем автоматизації та можливістю його уніфікації, зменшити кількість ручної праці.

При сушінні тони зерна в середньому необхідно видалити 70...80 кг вологи, що при врожаї в 35...40 млн. тонн приводить до витрат умовного палива від 0,4 до 0,7 млн. тонн.

Витрати часу на сушіння зерна складають до 70% від часу збирання врожаю.

При сушінні зерна насінневого призначення витрати теплоти збільшуються в 1,3 рази в порівнянні з продовольчим та технічним зерном, це пов'язано з якістю насіння. Тому одним з напрямком інтенсифікації та зниження енергоспоживання при сушінні зерна міститься у використанні теплонасосного методу сушіння і створення на його базі енергоефективних та екологічно безпечних апаратів для термічної обробки зерна.

Отже, проблему інтенсифікації та енергозбереження під час сушіння насінневого зерна необхідно розглядати і вирішувати у нерозривному зв'язку з технологічною задачею найбільш повного збереження якості насіння.

В представленій магістерській роботі виконуємо модернізацію зерносушильного комплексу з встановленням двох зерносушарок У13-СШ-25. Модернізація заключається в наступному: повітря з навколишнього середовища, і повітря, що подаємо на повторне використання, за допомогою побудованого трубопроводу, надходить в економайзер. В економайзері розташовані трубочки в які заходить гаряче повітря, а в між трубний простір поступає повітря з навколишнього середовища.

Гаряче повітря нагріває холодне, і за рахунок конденсації виходить з апарата у вигляді крапель. На початку побудованого трубопроводу був

встановлений бункер, який очищує повітря від домішок, і завадить виникненню загорання в топці.

З всього вище перерахованого можна зробити висновок, що температура повітря що надходить в топку після модернізації буде вища, і за рахунок цього знизяться витрати на паливо.

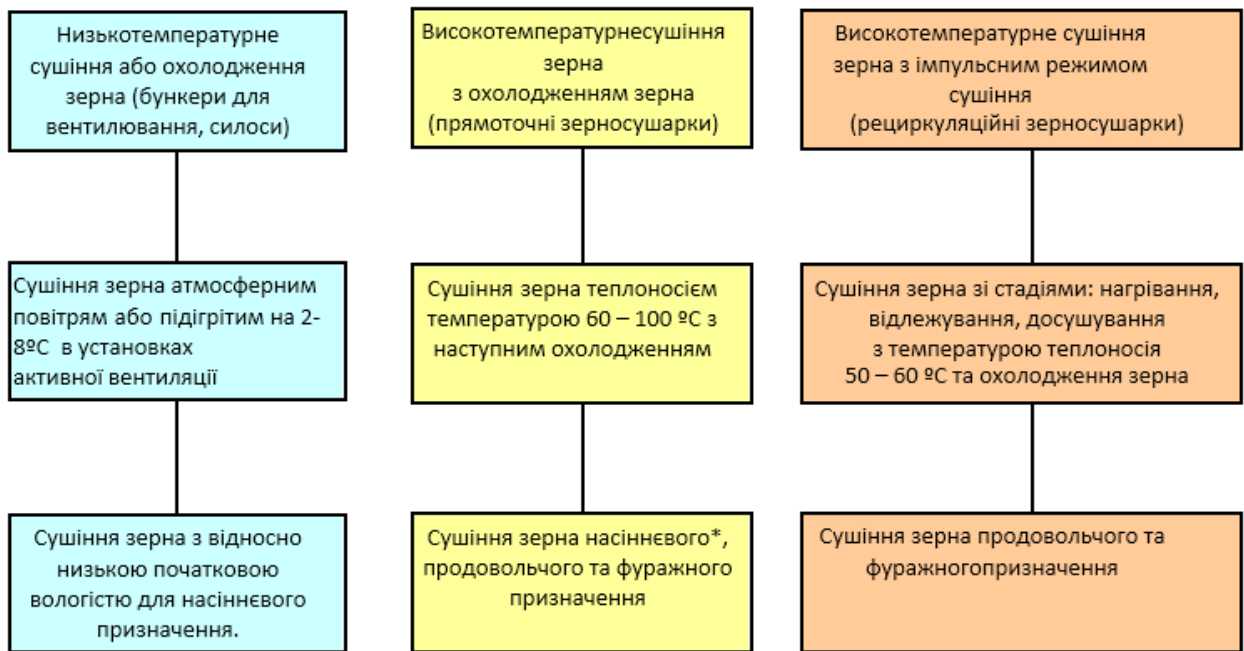
1. Аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання.

Сучасний стан обладнання для сушіння зерна доцільно класифікувати за основними типами зерносушарок (табл. 1.1) [2, 33 – 49] та за способами конвективного сушіння зерна, як найбільш розповсюджений (рис.1.1).

Таблиця 1.1. Класифікація основних типів зерносушарок [2,33 – 49]

Класифікаційна ознака	Тип сушильної установки	Класифікаційна ознака	Тип сушильної установки	
Режим роботи	періодичної дії	За типом теплоносія	повітряна	
	безперервної дії		топкові газы	
За конструктивним виконанням	стаціонарні		Величина тиску в камері	суміш повітря з топковими газами
	пересувні			атмосферна
Спосіб підведення теплоти	конвективний	Спосіб циркуляції теплоносія	вакуумна	
	кондуктивний		природна	
	контактний	Напрямок потоку матеріалу та теплоносія	примусовою	
	вакуумний		прямотечійний	
	радіаційний		протитечійний	
	За станом зернового шару	високочастотний	Особливості конструкції	перехресний
		комбінований		бункери та силоси для вентилявання
елементарний				шахтні
щільний нерухомий		колонкові		
щільний рухомий		карусельні		
псевдозріджений		барабанні		
віброкиплячий		конвеєрні		
падаючий	камерні			
завислий	баштові			

Відповідальна особа	Технічне виконання	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Аналітичний огляд існуючих конструкцій	18-0232.KP.07.001 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	



* – при умові сушінні насінневого зерна з температурою теплоносія 60 – 70°C.

Рис. 1.1. Класифікація способів конвективної сушки зерна

Для сушіння зерна насінневого призначення найбільше використовують безперервно діючі зерносушарки шахтного та колонкового типів. Використання зерносушарок барабанного, карусельного та інших типів обмежено вимогами до якості насінневого матеріалу. Також сушіння насіння можливо в сушарках періодичної дії – порційних, камерних, в бункерах для вентилявання.

В бункерах для вентилявання сушіння насіння відбувається зовнішнім або злегка підігрітим повітрям (низькотемпературне сушіння), основане на принципі гігроскопічної рівноваги між вологістю матеріалу та відносною вологістю повітря, який продувається крізь шар матеріалу. Вентилювати зерно з метою сушіння можливо в тому випадку, коли відносна вологість повітря обумовлює поглинання випареної вологи.

Для досягнення кондиційної вологи зерна відносна вологість повітря в умовах гігроскопічної рівноваги повинна складати 65 – 70%. Підігрів повітря на 1°. Знижуючи його відносну вологість на 4-5%. Якщо врахувати,

що в вентиляторі він нагрівається (за рахунок сил тертя) на $1 - 2^{\circ}\text{C}$, то навіть при 100% відносної вологості достатньо додатковий підігрів повітря всього на $5 - 7^{\circ}\text{C}$.

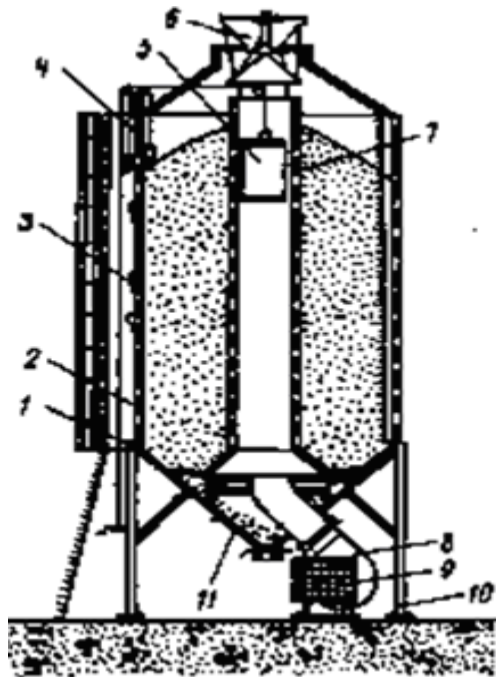
Забезпечення якісного зберігання зерна залежить від поєднання таких показників, як температура та вологість повітря і матеріалу, що необхідно враховувати при реалізації даного методу.

Наприклад в умовах Англії для висушування зерна до кондиційної вологи рекомендують підігрівати повітря в холодну вологу погоду – до $4,5 - 5,5^{\circ}\text{C}$; в помірну – до $3,5 - 4,5^{\circ}\text{C}$ і в теплу суху – до $3,5^{\circ}\text{C}$. Питома витрата повітря повинна складати $200 - 300 \text{ м}^3 / (\text{т} \cdot \text{год.})$ [50].

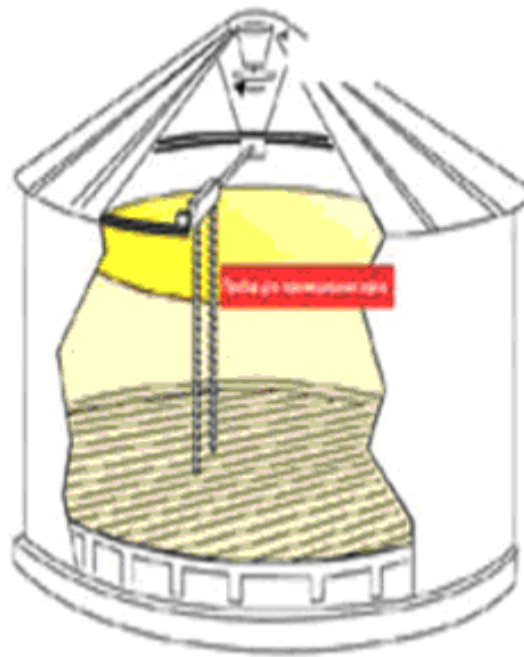
В довіднику для канадських фермерів, які сушать зерно атмосферним повітрям, рекомендують значно менші витрати повітря – $30 - 80 \text{ м}^3 / (\text{т} \cdot \text{год})$ в залежності від часу збирання та призначення зерна. Для насіннєвого зерна рекомендована витрата повітря вище на 35%.

Найбільш розповсюджений технічний засіб для низькотемпературного сушіння зерна – вентиляований бункер циліндричної форми з вертикальним або радіальним повітряним потоком [2] та силос для вентиляування зерна [51] (рис. 1.5). В бункері БВ – 25 (рис. 1.5,а) повітря нагнітається в розподільну трубу 7 вентилятором 8 з питомою витратою повітря $420 \text{ м}^3 / (\text{т} \cdot \text{год})$. Повітря нагрівають на $5 - 6^{\circ}\text{C}$ електрокалорифером 9 потужністю 24 кВт. Усередині повітродіальної камери встановлений рухомий клапан 5, для запобігання витоку повітря з верхньої частини бункера при зниженні рівня зерна під час сушіння.

В силосах для вентиляування зерна (рис. 1.5,б) передбачено встановлення перфорованого днища, яке необхідно для підводу повітря від вентилятора до шару зерна. Для низькотемпературної сушки днище повинно бути перфоровано на всій площі і забезпечувати рівномірний прохід повітря у всіх місцях товстогошару.



а)



б)

Рис. 1.2. Бункер БВ – 25 (а) та силос для вентиляювання зерна з перемішуючим пристроєм (б):

1 – кільцева рама; 2 – циліндр; 3 – регулятор вологості; 4 – датчик рівня зерна; 5 – рухомий клапан; 6 – пристрій для рівномірного завантаження зерна; 7 – розподільна труба; 8 – вентилятор; 9 – електрокалорифер; 10 – стояки; 11 – конусоподібне днище.

Для кращого сушіння зерна в силосі також передбачений перемішуючий пристрій та електрокалорифер для нагрівання повітря на рівні поверхні днища в межах $0,22 \text{ кВт/м}^2$.

Установки для низькотемпературного сушіння використовують не тільки для сушіння, але і для тимчасової консервації зерна перед сушінням, охолодженням його після сушіння, зберігання висушеного матеріалу.

Переваги низькотемпературного сушіння – невеликі витрати теплоти (за рахунок використання теплоти зовнішнього повітря) на рівні 3000 кДж/кг випареної вологи, зрівноваження висушеного матеріалу по вологості, простота технічних засобів для його виконання.

Недоліки низькотемпературного сушіння – тривалість процесу вологовіддачі триває декілька діб, що пов'язано з ризиком псування матеріалу.

З підвищенням температури теплоносія збільшується швидкість сушіння

зерна і відповідно продуктивність сушильного обладнання.

Для *високотемпературного сушіння* зерна можна використовувати більшість конструкцій вентиляційних установок (закройні, напільні та ін.), в робочій камері якої зерно розташовується нерухомим щільним шаром. Проте режими сушіння будуть іншими: товщина зернового шару – 0,4 – 0,6 м; питома витрата повітря 500 – 1500 м³/(т год) зерна; повітря нагрівають до температури 35 – 60°C (в залежності від вологості та призначення насіння) [52].

Іноземні фірми випускають сушарки періодичної дії з нерухомим зерновим шаром бункерного типу, лоткові, колонкові і інші. В сушарках механізовані процеси завантаження і вивантаження зерна

В США розроблений ряд конструкцій стаціонарних і пересувних сушарок періодичної дії, в яких для інтенсифікації процесу сушіння та покращення її рівномірності відбувається за рахунок циркуляції зерна в сушильній камері. Сушарки фірми Gilmore – Tatge Mfg.,CO (США) мають циліндричну форму, в нижній частині конусоподібну (рис. 1.6) [57].

Сушильна камера виконано з оцинкованої сталі з круглими отворами діаметром 2,4 мм; перфорація складає 33% всієї площі стінок. Зерно знаходиться між перфорованими зовнішніми стінками і стінками нагнітаючої камери.

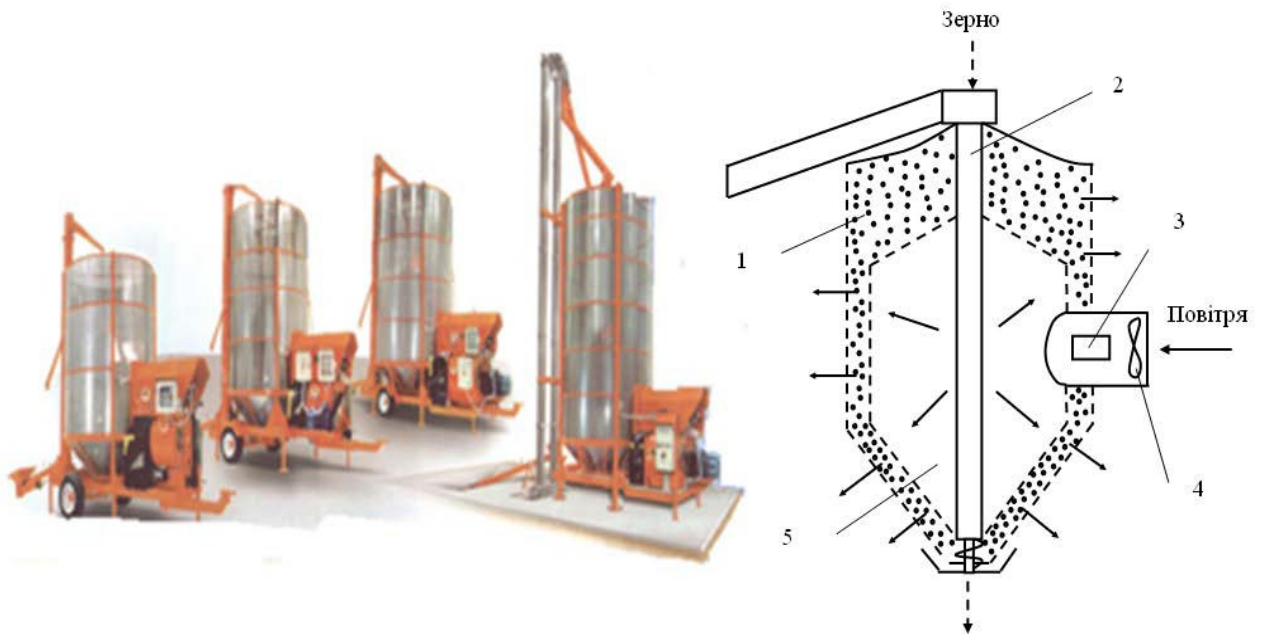


Рис. 1.3. Схема сушарки періодичної дії з циркуляцією зерна фірми Gilmore – Tatge Mfg.,CO (США)

1 – зерно; 2 – шнек; 3 – підігрівач повітря; 4 – вентилятор; 5 – нагнітаюча камера.

Сушарки оснащені підігрівачами повітря з осьовими вентиляторами. Передбачений контроль температури теплоносія і зерна, блокування роботи вентилятора та подачі палива, контроль горіння в топці. Циркуляція зерна відбувається за допомогою вертикального центрального шнеку. При розвантаженні сушарки зерно подається у вивантажувальну трубу.

Конструкція сушарок з циркуляцією зерна в сушильній камері забезпечує високі питомі подачі теплоносія в зернову масу ($2100 - 2800 \text{ м}^3/(\text{т год})$). Час сушіння зерна продовольчого використання біля 2 годин.

Для сушіння насінневого зерна розроблені використовують зерносушарки безперервної дії. Розроблені технологічні схеми прямоточного та рециркуляційного сушіння зерна в зерносушарках шахтного типу.

Прямоточну схему сушіння показано на прикладі зерносушарки типу ДСП – 32 ОТ (рис. 1.7) [2,36].

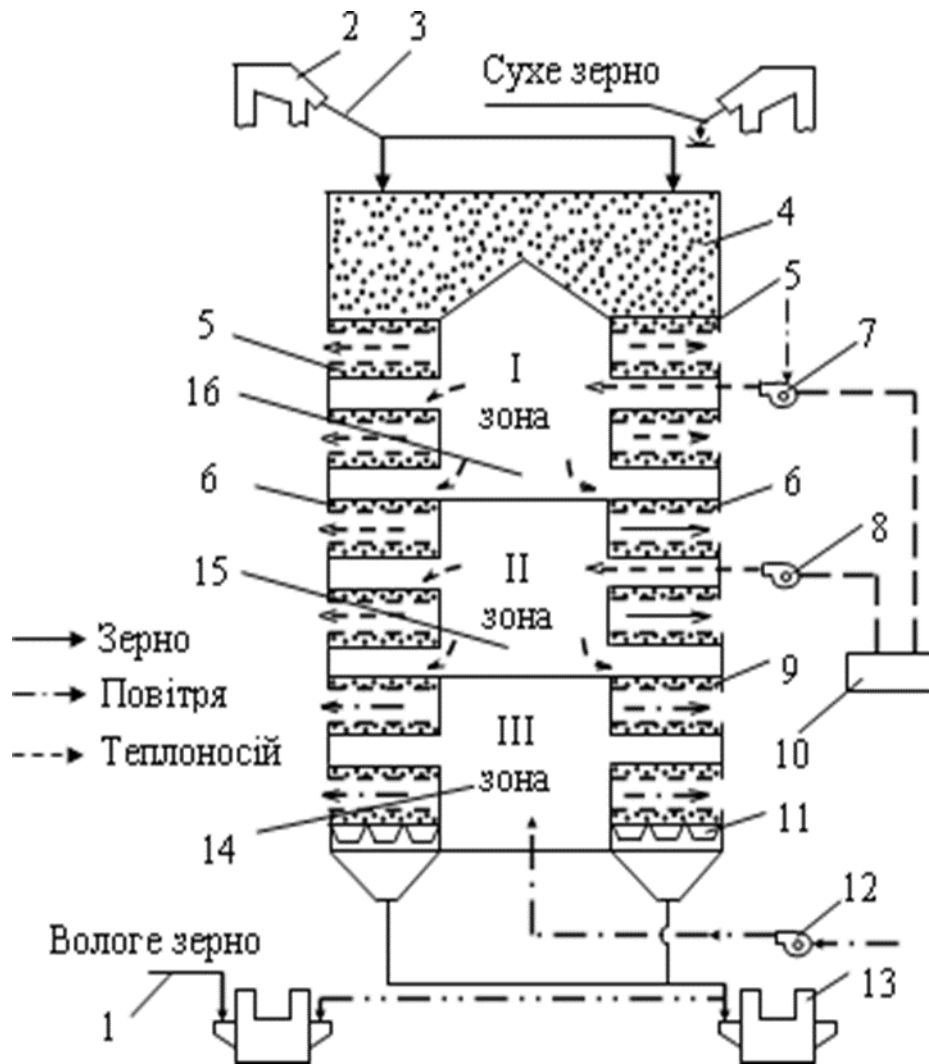


Рис. 1.4. Прямоточна шахтна зерносушарка типу ДСП – 32 – ОТ:
 1,3 – самопливні труби; 2– норія; 4 – надсушительний бункер; 5,6 – сушительні шахти I та II зони сушіння; 7,8 – вентилятори; 9 – охолоджувальна шахта;
 10 – топка; 11 – випускний механізм періодичної дії; 13 – норія;
 14, 15, 16 – напірно-розподільні камери зон охолодження I та II зон сушіння.

Сире зерно по трубі 1 надходить у норію 2, а потім по самопливній трубі 3 в надсушительний бункер і далі рівномірно розподіляється між сушительними шахтами 5, 6 (відповідно першої та другої зони сушіння), а також охолоджувальною шахтою 9. Агент сушіння з топки 10 вентилятором 7 і 8 подається у напірно-розподільні камери першої 16 та другої 15 зон сушіння зерна. Атмосферне повітря вентилятор 12 нагнітає у напірно-розподільну

камеру 14 охолоджувальної шахти 9. Випуск зерна з шахт здійснюється випускним механізмом 11 періодичної дії. Сухе охолоджене зерно з зерносушарки спрямовується до елеватора або складу конвеєром і норією 13.

Прямоточна шахтна зерносушарка фірми ARAJ показана на рис. 1.8 [52].

Холодне повітря надходить в теплогенератор з запальником 11 [52], де підігрівається до температури 75°C для ріпаку і надходить в сушильну камеру

- Зверху через секцію завантаження 2 зерно надходить в сушильну секцію 3 і поступово рухаючись висушується. Після сушіння зерно надходить в охолоджувальну секцію 4, де зерно охолоджується. Для зміни потоку повітряна вході і виході з зерносушарки передбачені регулюючі засувки 9 – 11.

Фірма Stela та RIELA (Німеччина) випускає пересувні порційні та прямоточні зерносушарки (рис. 1.9) [55,56].

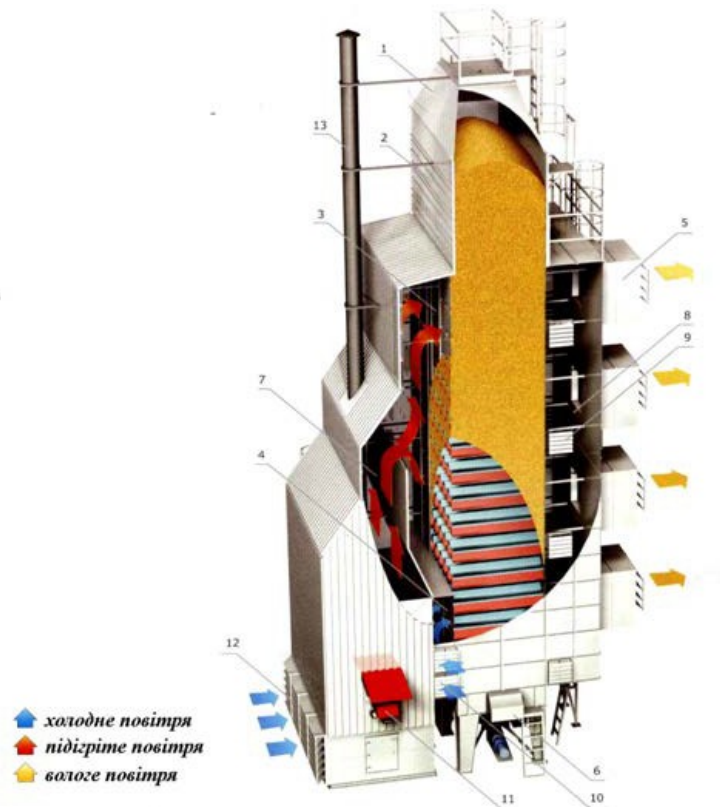


Рис. 1.5. Прямоточна шахтна зерносушарка фірми АRAJ (Польща):
 1 – верхня частина; 2,3,4 – відповідно секції завантаження, сушіння та охолодження; 5 – витяжні вентилятори; 6 – система вивантаження; 7,8 – камера входу та виходу повітря; 9 – регулюючі засувки повітря на виході; 10,12 – регулюючі засувки; 11 – теплогенератор; 13 – труба.



Рис. 1.6. Пересувні порційні та прямоточні зерносушарки фірми Stela (Німеччина) та RIELA (Німеччина)

Недоліки прямоточної схеми сушіння:

1. Потребує партії зерна з однаковою початковою вологістю.
2. Для запобігання перегріванню та погіршенню якості зерна його вологість у прямоточних сушарках знижують не більш як на 6...8 %.

У рециркуляційних сушарках в замкненому контурі безперервно рухається великий потік сухого рециркуляційного зерна [2,38]. До цього потоку додають сире зерно в об'ємі продуктивності сушарки з безперервним виведенням з контуру циркуляції відповідної кількості сухого зерна (рис. 1.10).

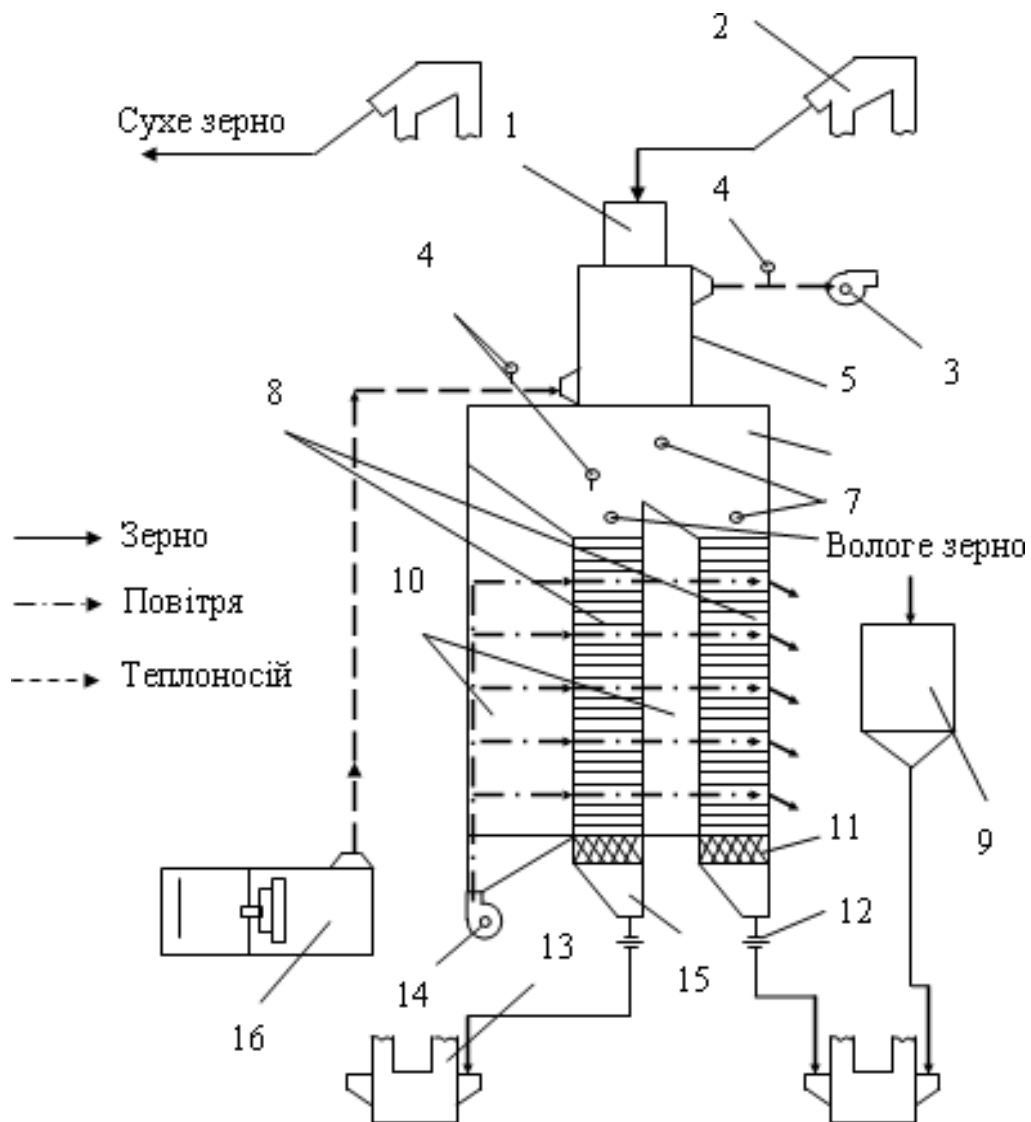


Рис. 1.7. Технологічна схема зерносушарки РД – 2х25–70:

1,9 – бункер; 2,13 – норії; 3,14 – вентилятори; 4 – термометр опору; 5 – камера нагрівання; 6 – тепломасообмінник; 7 – датчики рівня; 8 – охолоджувальна шахта; 10 – напірно-розподільні камери; 11 – випускний пристрій; 12 – засувка; 15 – підсушувальний бункер; 16 – топка.

Сире зерно з бункера 9, а рециркуляційне з охолоджувальної шахти проміжного охолодження подається в норію 2, звідки їх суміш спрямовується в бункер 1 розташований над камерою нагрівання зерна 5. За допомогою завантажувального механізму зерно у вигляді «дощу» надходить у камеру нагрівання 5 з гальмівними елементами (19 рядів металевих труб), де воно зустрічним потоком агента сушіння нагрівається і частково сушиться. Гальмівні елементи повинні забезпечити перебування зерна в камері нагрівання протягом 2...3 с. Температура агента сушіння на вході

250...350°, на виході – 80°C.

З камери нагрівання зерно подається у тепломасовологообмінник 6, де відбувається вирівнювання температури зерна та частково перерозподіл вологи між рециркулюючим та сирим зерном. Із тепломасовологообмінника 6 зерно спрямовується в шахти проміжного та кінцевого його охолодження. Із шахти проміжного охолодження зерно надходить у норію 2, де воно змішується з сирим зерном, а із шахти кінцевого охолодження — в норію 14 і далі у склад.

За таким принципом працюють шахтні рециркуляційні зерносушарки 2хА1 – ДСП – 50, А1 – ДСП – 50 та ДСП – 25 Карлівського МЗ (Україна) (рис. 1.11) [57].

Недоліки рециркуляційної схеми сушіння:

1. З збільшенням початкової вологості зерна збільшується кратність рециркуляції.
2. При зниженні температури атмосферного повітря при сушінні відбувається охолодження зерна, що приводить до зниження продуктивності сушарки.

Технічна характеристика прямоочних та рециркуляційних зерносушарок представлена в таблиці 1.22.



Рис. 1.8. Рециркуляційні зерносушарки Карлівського МЗ (Україна)
2хА1 – ДСП – 50 (а), А1 – ДСП – 50 (б) та ДСП – 25 (с)

Таблиця 1.2. Технічна характеристика прямоочних та рециркуляційних шахтних зерносушарок при сушінні пшениці від 20 до 14% [2,38,57]

Назва	Прямоточні			Рециркуляційні		
	Стаціонарні		Пересувні	РД-2х25-70	У2-УЗБ-50	А1 – ДСП – 50
	ДСП – 16	ДСП – 32 ОТ				
Продуктивність, т/год	16	32	10	50	50	50
Встановлена потужність, кВт	44/40*	125/99,2*	37,8/31,5*	119,7/112,7*	160/139,2*	150/120*
Витрата умовного палива, кг/т	12,0	12,2	14,4	12,3	12,5	11,0
Випаровувальна здатність, кг / год	2300		700	3500		
Витрата теплоти на випаровування, кДж /кг	5000	5040	5000	5330	5456	4760
Витрата	8,3	8,5	8,5	8,4	8,6	7,5

дизельного палива, кг/т						
Питома витрата електроенергії, кВт год/т	2,5	3,1	4,0	3,4	2,8	2,4
Габаритні розміри, мм	3250 x 1000 x 11338	15500 x 8300 x 18724	9300 x 2750 x 4000	6400 x 6300 x 21700	11000 x 7600 x 25784	10000 x 7000 x 20000
Маса, кг	22000	32600	10800	71100	66680	55000

Основним недоліком зерносушарок колонкового типу – нерівномірність сушіння зерна по товщині шару. Шар зерна в колоні складає 350 – 400 мм. Для підвищення рівномірності сушіння використовують наступні методи:

- 1) зміна напрямку руху теплоносія відносно зернового шару;
- 2) зміна положення і характеру руху шарів прилеглих до стінок.

На рис. 1.14 представлені схеми більш рівномірного сушіння зерна [2,60,64]

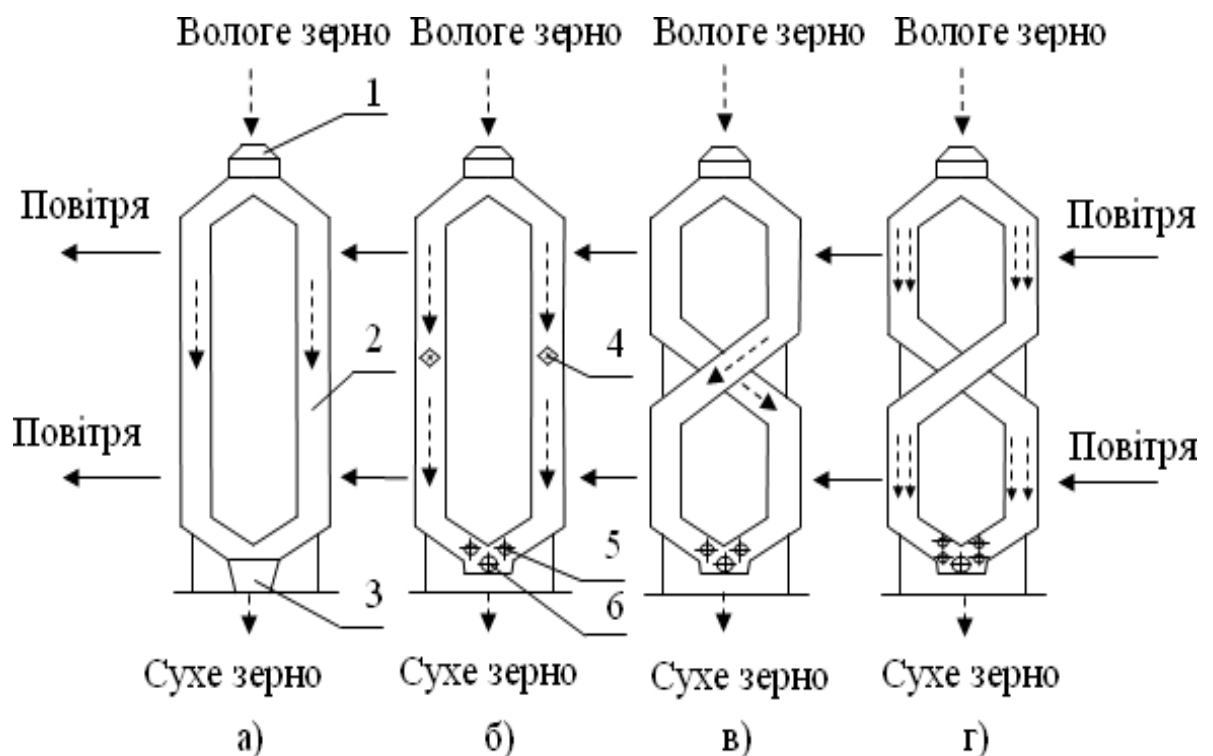


Рис. 1.9. Схеми вивантаження зерна з колонкових сушарок.а) з простим вивантаженням зерна;
б) з інверторами для перемішування зерна і двома дозуючими валками;
в) з хрестоподібним рухом зерна і з двома дозуючими валками;
г) з хрестоподібним рухом зерна і з чотирма дозуючими валками;
1 – завантажувальний бункер; 2 – колона для зерна; 3 – вивантажувальний бункер; 4 – інвертори; 5 – дозуючі валки; 6 – вивантажувальний шнек.

Колонкова сушарка з простим вивантаженням зерна представлена на рис. 1.14 а. Зерно завантажується в бункер 1 рухається по колонам 2, при цьому на внутрішній поверхні колони відбувається пересушування зерна.

Встановлення в середній частині колонок перемішуючих пристроїв 4 (інверторів) (рис. 1.14 б) [64] або хрестоподібного виду колонок [63] запобігає перегріванню та збалансовує рівень вологості зерна. Для необхідності більш рівномірного регулювання швидкості руху зерна по перерізу колони передбачені два (рис. 1.14 б, в) або чотири дозуючих валків 5 (рис. 1.14 г). Вивантаження зерна відбувається за допомогою шнекового пристрою 6 в бункер 3.

Колонкова зерносушарка типу СЗК – 8, розроблена в Білорусії, забезпечує сушіння по двом способам використання теплоносія (рис. 1.15) [63,64]:

прямоточному, коли відроблений теплоносій з секції нагрівання, сушіння і охолодження випускають в атмосферу;

з рекуперацією теплоти, коли теплоносій, відпрацьований в секції сушіння, та повітря, підігріте в охолоджувачі, направляють на вхід теплогенераторів, де суміш підігрівають до заданої температури і таким чином невикористане тепло повертається в цикл сушіння.

Топкові агрегати АТ – 0,3 [63] мають автономне керування, яке автоматично забезпечує пуск і підтримує температуру теплоносія на заданому рівні в межах 40 – 100 °С. Перший агрегат з'єднаний з секцією нагрівання зерна, друга працює з секцією сушіння.

Автоматична система змінює пропускну можливість сушарки в залежності від початкової та кінцевої вологості зерна. Сигнал від датчика температури

та вологості зерна надходить в мікропроцесор та задає режим роботи теплогенератора № 1, а також встановлює спосіб сушіння. При вологості зерна менше 22% спеціальний пристрій перемикає потоки теплоносія на рекуперацію. Датчик контролює температуру нагрівання та вологість висушеного зерна. При відхиленнях від норми сигнал надходить в мікропроцесор , який видає команду випускним пристроям збільшити (зменшити) швидкість переміщення зерна по колонкам або змінити режим роботи теплогенератора № 2 .

Технічні характеристики колонкової зерносушарки СЗК – 8 представлена в таблиці 1.23. Аналіз наведених даних, показує що в колонковій зерносушарці СЗК – 8 витрати теплоти на випаровування 1 кг вологи становить 4600 кДж/кг, питома витрата рідкого палива 7,0 кг/т, питома витрата електроенергії 4,9 кВт/т.

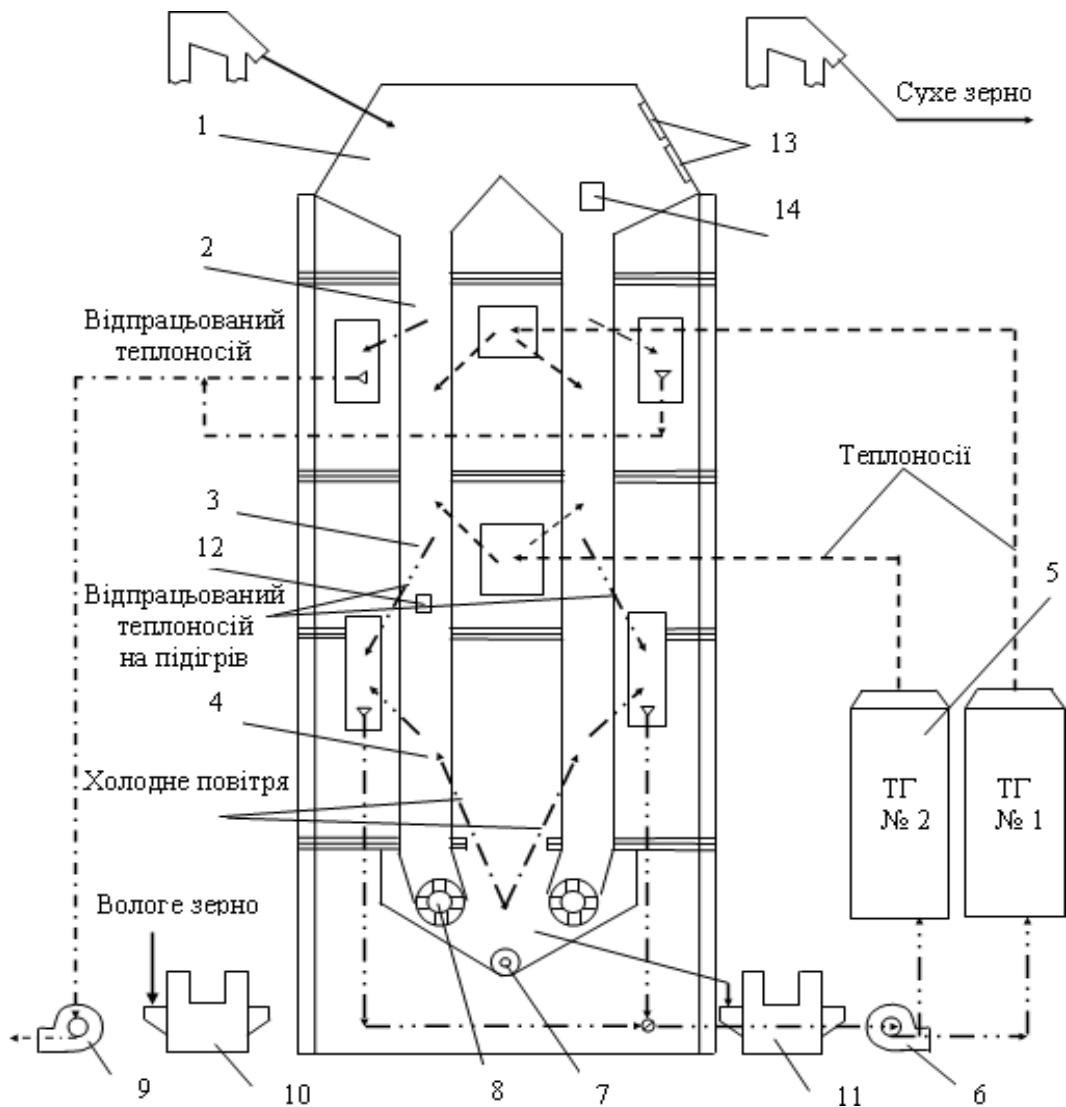


Рис. 1.10. Технологічна схема колонкової сушарки СЗК – 8:

1 – надсушильний бункер; 2 – камера нагріву; 3 – камера сушіння; 4 – охолоджувач; 5 – теплогенератори; 6 – вентилятор рекуперації; 7 – вивантажувальний шнек; 8 – випускні пристрої; 9 – витяжний вентилятор; 10, 11 – норії вологого та сухого зерна; 12, 14 – датчики температури нагрівання і вологості сухого та волого зерна; 13 – датчик заповнення бункера; 15 – пристрій перемикання способів сушіння (прямоток, рекуперація).

Для сушіння насінневого зерна виробники також пропонують карусельну зерносушарка (рис.1.16) [65], яка виконана у вигляді обертаючої круглої платформи.

Платформа 3 являє собою перфороване днище, на неї навантажується зерно. Теплоносій підігрітий в топковій камері 1, повітропроводом 2

подається на платформу 3, який через отвори днища надходить в шар зерна, і пронизуючи його, виходить в атмосферу. Під час того як відбувається обертання платформи

з нижній шар зерна зневоднюється і виводиться шнеком 5 на подальшу переробку. Час обертання платформи підібрано таким чином, щоб за один оберт нижній шар міг висохнути до кондиційної вологості.

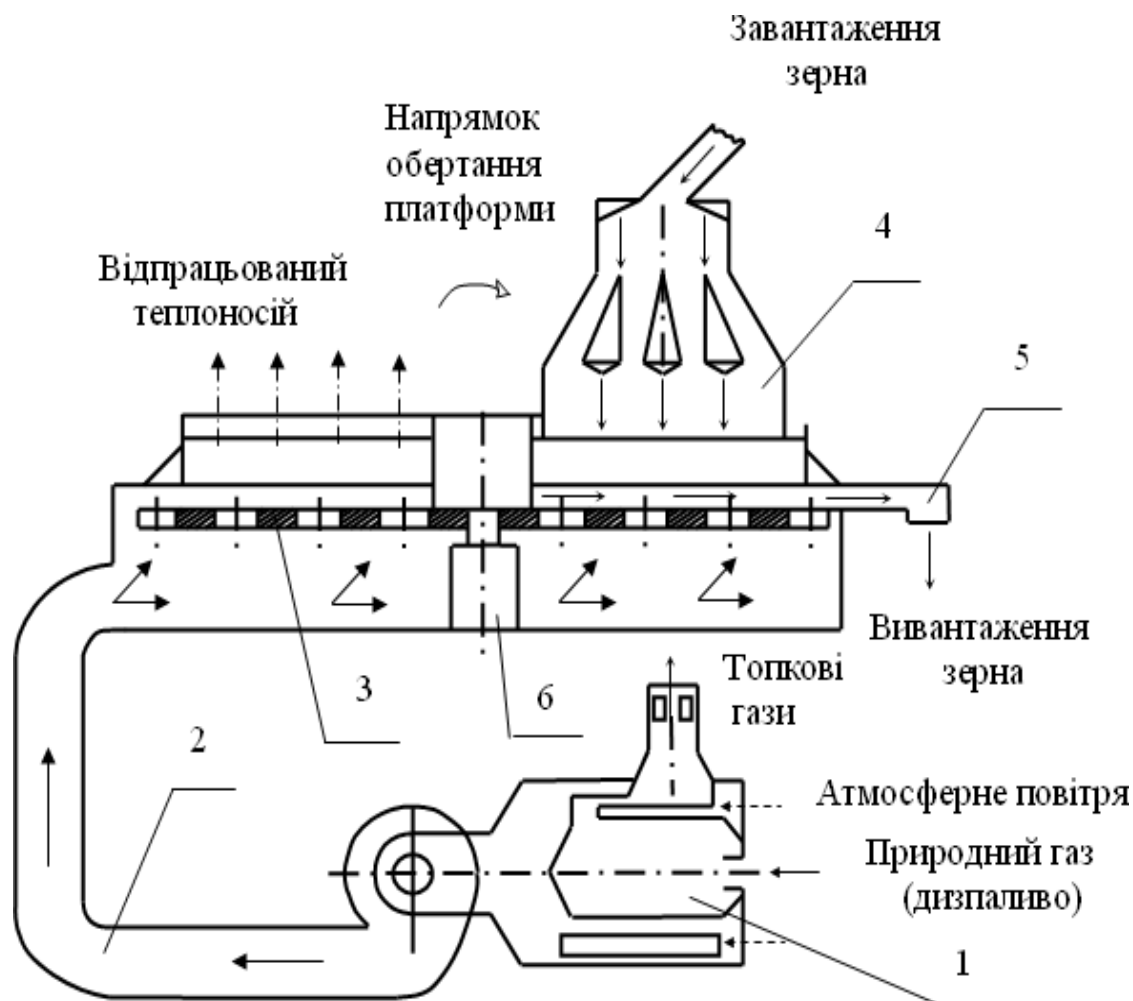


Рис. 1.11. Карусельна сушарка СКЗ – 8.

1 – топкова камера; 2 – повітропровід; 3 – обертаюча перфорована платформа;

4 – бункер завантаження зерна; 5 – вивантажувальний шнек; 6 – вал.

Зерно можна також сушити в *барабанних* (стаціонарні та пересувні) та *конвеєрних* установках. До вітчизняних барабанних зерносушарок відносять СЗСБ – 8 та СЗПБ –2,5 [2]. Основним елементом барабанних

сушарок є горизонтальний або трохи похилий циліндричний барабан, що обертається з частотою $2..6 \text{ хв}^{-1}$ і в середині якого пересувається по довжині і сушиться зерно.

Всередині барабану встановлюють різного типу насадки або повздовжні лопаті, для інтенсифікації процесу.

Найбільш відомі іноземні фірми, які випускають барабанні сушарки: Buttner (Німеччина), Heil –Arnold (США), Van den Brock (Нідерланди). Топки барабанних сушарок забезпечують, як правило, високу температуру теплоносія (до $800 - 1000^{\circ} \text{C}$). Кожна фірма випускає декілька моделей сушарок різної продуктивності. Фірма Buttner (Німеччина), випускає 8 типів зерносушарок, продуктивність яких від $3 - 20 \text{ т/год}$ [53].

Оригінальний пристрій барабана розроблений фірмою Newell Dunford Eng. Lim. (Великобританія). Теплоносій в зерновий шар подається (радіально) крізь пластини – жалюзі, які закріплені по колу барабану. Пластини – жалюзі ввігнутою частиною підхоплюють матеріал, розташований на вході теплоносія, і викидають його на зовнішню поверхню шару (яка розташована під кутом природного ухилу матеріалу). Таким чином відбувається протитокове сушіння матеріалу по товщині шару. Рух матеріалу повздовж барабану відбувається завдяки нахилу його вісі.

Значення вологонапруження для вітчизняних зерносушарок типу СЗСБ – 8, залежить від типу, ступеню заповнення та частоти обертання барабану, теплофізичних властивостей і розмірів зерна, а також від температури, вологості, швидкості агента сушіння коливається в межах $6..44 \text{ кг вип. вол./м}^3 \text{ год}$. Питома витрата становить $5230 ..12500 \text{ кДж/ кг}$, а питома витрата електроенергії – $0,1..0,2 \text{ кВт год./ кг}$.

В табл. 1.24 – 1.25 наведені дані відомих виробників зерносушарок [52,55,57,59 – 62,65 – 71] щодо продуктивності, питомих витрат електроенергії та енергоносіїв в сушарках, які випускаються на сьогодні в

різних країнах світу. Із узагальнення техніко-економічних показників витікає, що для більшості сушарок питомі витрати газу лежать в межах 0,6...4,6 м³/(т□%), дизельного пального – 1,11...3,43 кг/(т□%), електроенергії – 0,85...5,3 кВт/т.

Шахтні рециркуляційні зерносушарки, призначені для сушіння зерна як продовольчого, так і насінневого 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 вологості при цьому досягає 12...14 %).

Зерносушарка ДСП-32от.

Зерносушарка відкритого типу застосовується на хлібоприймальних підприємствах і встановлюється на поточних лініях приймання, очищення, сушіння та відвантаження зерна, а також безпосередньо біля елеваторів і складів.

Такі зерносушарки розташовуються 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.

Сушіння зерна у сушарці ДСП – 32от здійснюється агентом сушіння – сумішшю топкових газів з повітрям, що подається вентиляторами ВЦ- 4-76 відповідно до зон сушіння та виноситься в атмосферу.

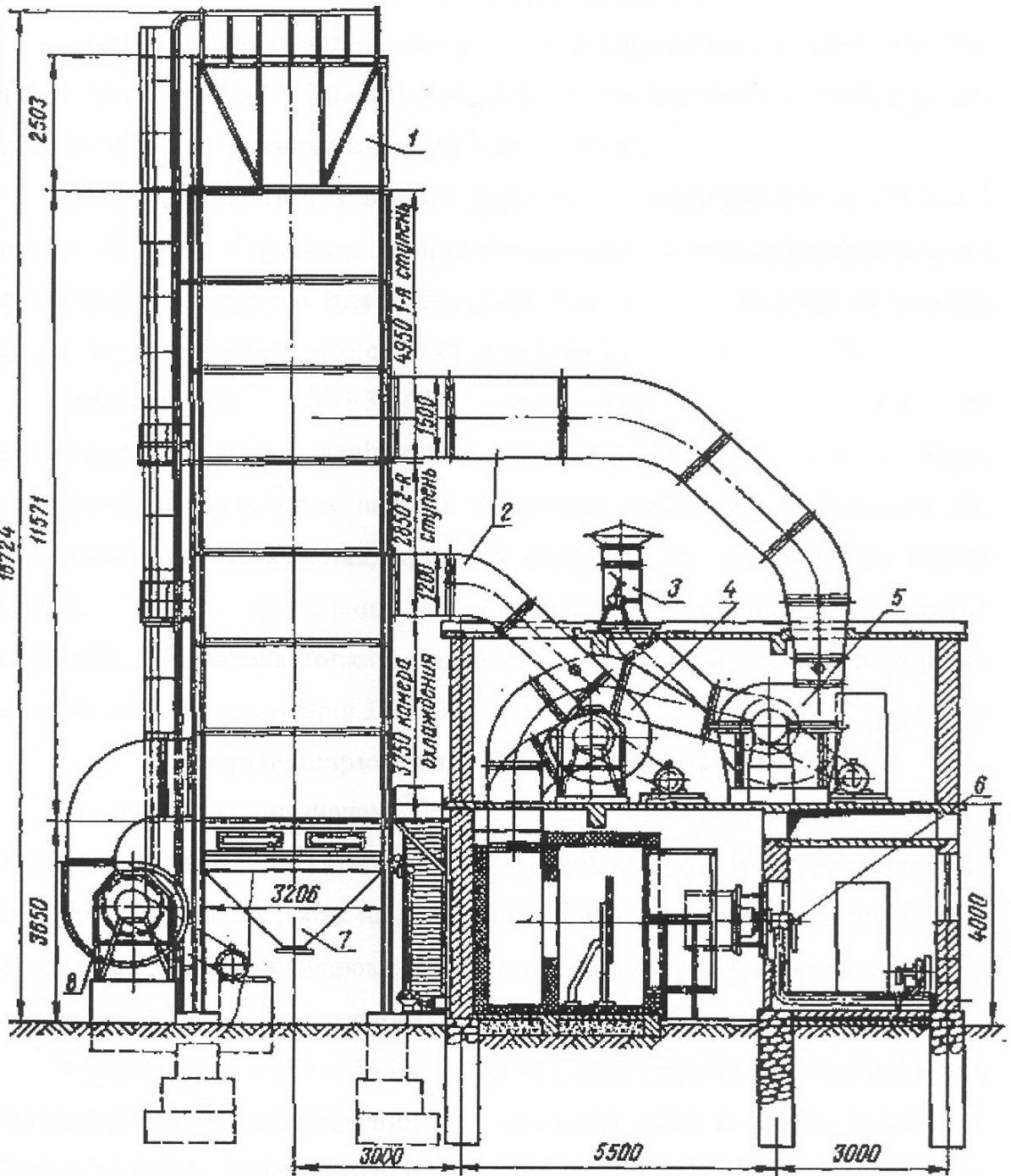


Рисунок 1.12. Зерносушарка ДСП-32от.

1 – надсушильний бункер; 2- воздухопроводи; 3- патрубок; 4- вентилятор другої ступені сушки; 5 - вентилятор першої ступені сушки; 6- топка; 7- підсушувальний бункер; 8- вентилятор камери охолодження .

Зерносушарка є установкою відкритого типу з двоступінчастим режимом сушіння і складається з двох паралельно працюючих шахт

заввишки 11 571 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 (зон охолодження) – в нижній частині шахти.

Сушильні й охолоджувальні секції містять підвідні та відвідні короби, виготовлені з оцинкованої сталі й покриті всередині антикорозійним лаком. Для захисту шахт від потрапляння атмосферних опадів над відкритими торцями відвідних коробів встановлено запобіжні козирки, виготовлені з оцинкованої сталі.

Зерносушарка К4-УСА

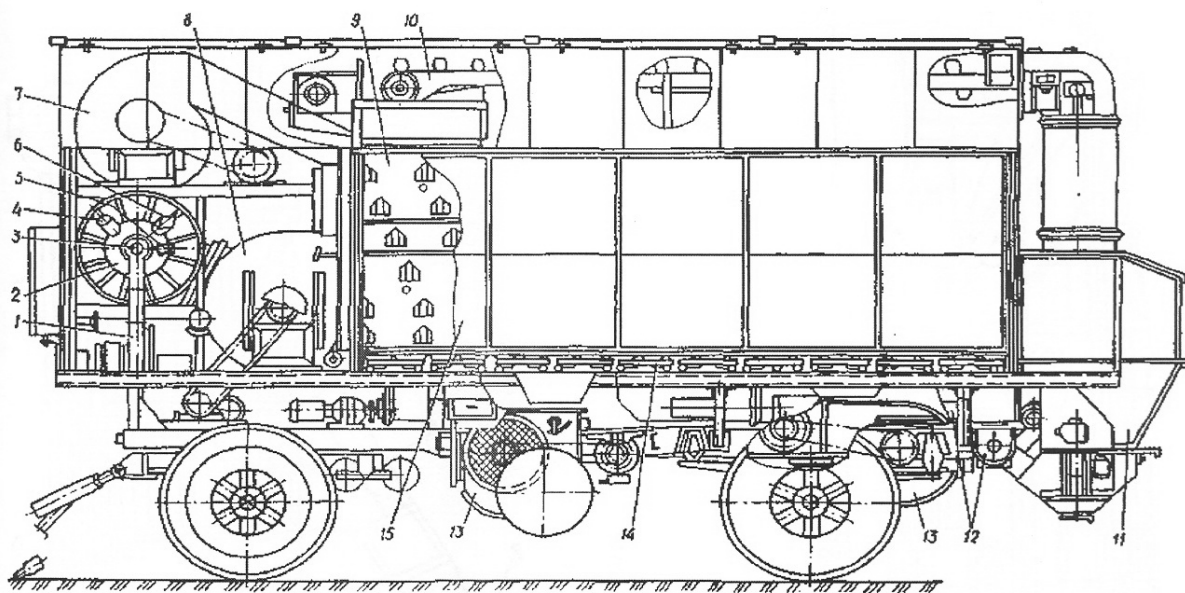


Рисунок 1.13.Зерносушарка К4-УСА

1 – вентилятор ВВД №5; 2- топка; 3- форсунка; 4- електрозпальювач; 5-палипровід; 6- контроль полум'я ;7- вентилятор першої сушильної зони; 8-вентилятордругої сушильної зони; 9- сушильна й охолоджувальна шахти; 10-ковшовий конвеєр; 11- бункер; 12 – шнек; 13- вентилятор охолоджувальної шахти ;14- випускний механізм; 15- крила.

Сушарка неперервної дії шахтного типу, призначена для сушіння відносно

невеликих порції зерна, розміщеного в зерноскладах і на асфальтових площадках. Сушарка розрахована на сушіння сирих та вологих зерен пшениці, жита, рису і насіння соняшника.

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. Топкова частина складається з топки, форсунки, вентиляторів сушильних і охолоджувальних зон, паливної системи, електророзподільвача та іншого устаткування.

Сушильна частина сушарки має дві шахти з повітророзподільним пристроєм, два ковшових Г-подібних конвеєри, два випускних механізми, три шнеки, бункер сирого зерна та вентилятори охолоджувальної зони із засувками. Наявність двох Г-подібних ковшових конвеєрів і трьох розвантажувальних шнеків дає змогу сушити зерно як одночасно у двох шахтах, так і спочатку в одній, а потім у другій шахті. Сире зерно завантажують у приймальний бункер, розміщений із заднього боку шахт. Надлишок зерна через зливні самопливні труби зсипається у приймальний бункер.

Зерносушарка К4-УСА має випускний механізм неперервної дії, який складається з нерухомої лоткової рами та розташованої під нею рухомої каретки. Остання приводиться у зворотню – поступальний рух від ексцентрикового механізму. Рама з лотками розміщується між рухомою та нерухомою каретками. Рама має чотири частини, кожна з яких установлюють на певній висоті від полиць рухомої каретки, що дає змогу регулювати потоки зерна на різних ділянках шахти. Після випускного механізму зерно надходить у підсушувальні бункери, звідки поздовжніми, а потім поперечними шнеками подається на пересувний конвеєр і далі у склад сухого зерна.

Щоб у зерносушарку не потрапляли сторонні предмети, приймальні пристрої бункера закрито сітками , які необхідно періодично очищати. На передній стінці бункера є оглядові вікна для спостереження за наповненням його зерном.

Електроустаткування зерносушарки включає електророзпалювач та апаратуру керування і контролю. Електророзпалювач складається з уміщених у кожух двох електродів Ø6 мм, виконаних із окалиностійкого дроту, які проходять через фарфорові ізолятори. На електроди подається напруга 10 000 В від високовольтного трансформатора.

Апаратура керування та контролю зерносушарки встановлено у двох шафах . Електроживлення подається кабелем КРПТ від мережі змінного струму напругою 380 В. Кабель приєднується до розподільного ящика. Для подачі живлення служить встановлений у ящику пакетний вимикач . Пуск і призупинення електродвигунів здійснюється кнопками керування і магнітними пускачами.

Для захисту електродвигунів від перевантаження та короткого замикання передбачено автоматичні вимикачі з тепловими й електромагнітними розчеплювачами . При зриванні факела або вимиканні одного з електродвигунів вентиляторів автоматично вимикаються всі електродвигуни зерносушарки. Пуск їх можна здійснити тільки після вмикання електродвигунів вентиляторів першої та другої сушильних зон, а також після приєднання електророзпалювача . Паливний бак установлюють на відстані не менше як 15 м від зерносушарки.

Шахти мають вигляд ємностей прямокутного перерізу , приварених до рами зерносушарки. На бічних стінках шахт виштамповано вікна, зміщені на півкроку одне відносно одного.

Зерносушарка РД-2×25-70

18-0232.КР.07.001 ПЗ

Інд.

Дата

Арку
///

Зерносушарка призначена для сушіння засміченого та з високою вологістю зерна пшениці, жита, вівса, ячменю. Сушарка складається з двох агрегатів продуктивності 25 пл. т/год кожний, що дає змогу сушити одночасно дві партії зерна. Встановлюють її поза будівлями у прив'язці до силосного корпусу елеватора.

Зерносушарка РД-2×25-70 виготовляється у вигляді окремих сталевих секцій. Кожний агрегат сушарки складається з таких основних вузлів : камери нагрівання 1; вентилятора 5 цієї камери; бункера 4 над камерою нагрівання; завантажувального пристрою 3; тепловологообмінника 7; шахт 8 проміжного та кінцевого охолодження; осадної камери 2 з циклонами; без - приводних випускних пристроїв 9; топки 11; повітропроводів 6; вентиляторів 19; дифузорів тепло вентиляційної системи . Шахти охолодження мають вентилятори Ц4-70 №12, а камери нагрівання – вентилятори Ц9-55 №8. Зерносушарку обслуговують дві норії, прзначені для рециркуляції зерна, продуктивністю 175 т/год.

Бункери над камерою нагрівання забезпечують накопичення суміші зерна , що подається в них норіями .Бункери зварено з листової сталі розмірами 3000×2000×2730 мм. Стінка однієї секції над осадною камерою нагрівання через два переливних патрубки перерізом 200×200 мм.

У нижній частині бункера встановлено завантажувальний пристрій, який служить для рівномірного 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 1 з випускними отворами розмірами 200×200 мм кожний і двох горизонтально розташованих рам. У кожній рамі є шість опорних роликів для її горизонтального переміщення по напрямним за допомогою гвинтового механізму з приводом від електродвигуна. Дистанційне керування засувками

завантажувального пристрою забезпечується електродвигуном з потужністю 0,6 кВт з частотою обертання 910 хв^{-1} через гвинтовий механізм 2.

Камера нагрівання зерносушарки призначена для нагрівання суміші рециркулюючого та сирого зерна агентом сушіння. Вона з'єднана з осадною камерою та складається по висоті з чотирьох секцій. Як гальмівний елемент 2 в камері нагрівання застосовується 19 рядів металевих труб $\text{Ø } 27 \text{ мм}$ з вертикальним кроком 200 мм і горизонтальним 400 мм. У кожному ряду труб є шість – сім стержнів, розташованих у шаховому порядку, що дає змогу рівномірно розподіляти зерно по камері нагрівання.

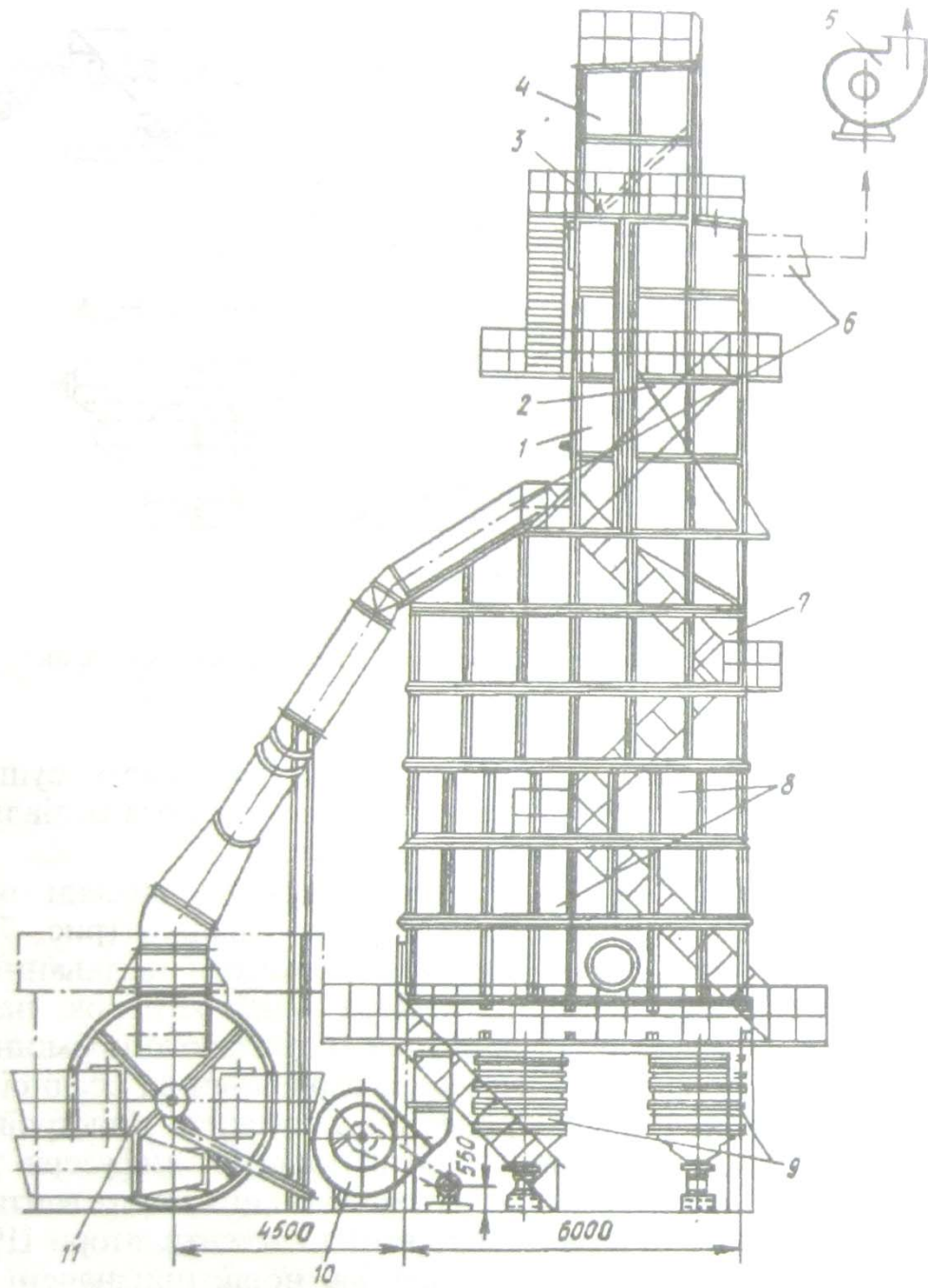


Рисунок 1.14.Зерносушарка РД-2×25-70

Останнім часом як гальмівні елементи використовуються гірлянди з вільно висячих конусів .Ці елементи мають забезпечувати перебування зерна в камері нагрівання протягом не менш як 2...3 с. Для зменшення втрати теплоти у зовнішнє середовище камеру нагрівання теплоізолювано від

корпуса скловатою завтовшки 50 мм, яку для запобігання її від механічного пошкодження обшивають листовою сталлю завтовшки 1 мм.

Агент сушіння в камеру нагрівання подається через дифузор , розташований у її нижній частині над тепловологообмінником. Відпрацьований агент сушіння відводиться від камери нагрівання через отвір в осадну камеру. Температура агента сушіння на вході в камеру нагрівання 250- 350 °С, а на її виході – не більше як 80 °С.

Осадна камера зерносушарки призначена для відокремлення легких домішок із відпрацьованого агента сушіння . Вона складається з чотирьох секцій розміром 3000×200×5500 мм. кожна і має вигляд прямокутного бункера , що переходить у зрізану піраміду. Всередині верхньої секції осадної камери встановлено відбивний щит і зроблено отвір для відведення відпрацьованого агента сушіння. У верхній частині камери змонтовано люк і сходи для її обслуговування.

Тепловологообмінник зерносушарки служить для вирівнювання температури та часткового перерозподілу вологи між рециркулюючими і сирим зернами, що надходить на сушіння , а також для вирівнювання вологи та температури в зерні. Він складається з трьох секцій і має висоту 4240 мм, розміри в плані 6000×3000 мм, об'єм 60,4 м³. Його верхню секцію виконано з нахилом 30° в обидва боки від камери нагрівання. Щоб запобігти переповненню тепловологообмінника зерном, передбачено зливні самопливи, по яких надлишки зерна надходять у рециркуляційну норію.

Для дистанційного контролю за температурою та рівнем зерна у тепловологообміннику встановлено терморезистори і два датчики (мембранних вимірювальних перетворювачів) МДУ-3. В його верхній частині зроблено покритий шаром теплоізоляції люк для огляду, очищення та ремонту тепловологообмінника.

Шахта охолодження зерносушарки призначена як для охолодження нагрітого зерна , так і для часткового випаровування вологи з нього. Одна з

них служить для кінцевого охолодження зерна при встановленому режимі сушіння, інша (рециркуляційна) – для часткового охолодження зерна та випаровування вологи з нього. Шахти однакової висоти (4250 мм) мають розміри в плані 3000×1500 мм. Кожна з них по висоті складається із трьох ланок, які онтують на залізобетонних опорах. У кожній шахті розміщено по 24 ряди коробів змінного перерізу, встановлених у шаховому порядку касетами по два короби в кожній. Всього в шахті є 52 підвідних короби та 14 напівкоробів, 56 відвідних коробів і вісім напівкоробів. Захисні козирки, виготовленні з оцинкованої сталі, перешкоджають потраплянню у відвідні короби шахти проміжного охолодження атмосферних опадів.

Напірно – розподільну камеру зерносушарки розміщено збоку шахти кінцевого охолодження зерна. Атмосферне повітря продувається послідовно, спочатку через шахту кінцевого охолодження (охолоджуючи зерно, що випускається із сушарки), а потім через рециркуляційну шахту. В середині напірно- розподільної камери є дифузор для рівномірного розподілу повітря між коробами.

Для випуску зерна із шахт у зерносушарці встановлено безприводні випускні пристрої. Регулювання пропускної здатності сушарки забезпечується двостулковою гвинтовою засувкою, встановленою у випускному патрубку. Безприводний випускний пристрій виготовлено з окремих вузлів, які складають на місці монтажу зерносушарки. Повітря для охолодження зерна нагнітається вентилятором у напірно – розподільну камеру. Відпрацьований агент сушіння відводиться по повітропроводу Ø 640 мм у два циклони ЦОЛ – 12. Аспіраційні відходи з-під осадних камер спрямовується безроликівим конвеєром у бункер.

Зерносушарка РД-2×25-70 працює так: сире зерно з бункера (зі складу, елеватора або безпосередньо з автомобіля чи залізничного транспорту), а рециркуляюче з охолоджувальної шахти проміжного охолодження подаються в норію, звідки їх суміш спрямовується в бункер,

розташований над камерою нагрівання зерна. За допомогою завантажувального механізму зерно у вигляді «дощу» надходить у камери нагрівання з гальмівними елементами, де воно зустрічним потоком агента сушіння нагрівається і частково сушиться. З камери нагрівання зерно подається у тепловологообмінник, де відбувається вирівнювання температури зерна та частково перерозподіляється волога як у зернині, так і по всій зерновій масі. Рециркуляційне сухе більш нагріте зерно передає теплоту сирому, а сире зерно – вологу рециркуляційному.

Із тепловологообмінника зерно спрямовується в шахти проміжного та кінцевого його охолодження. Із шахти проміжного охолодження зерно надходить у норію, де воно змішується з сирим зерном, а із шахти кінцевого охолодження – в норію далі у склад або елеватор.

Зерносушарка У13-СШ-25

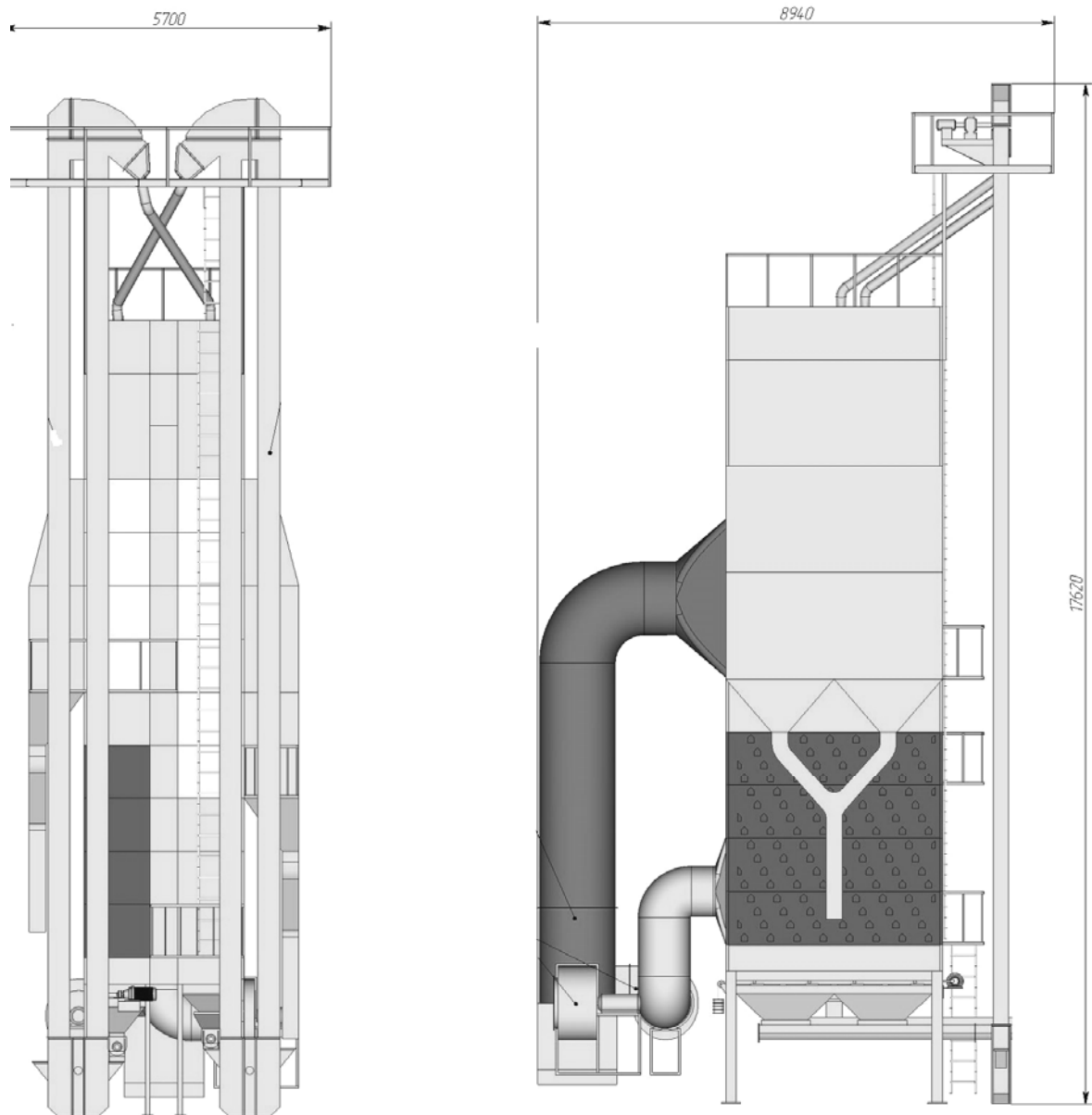


Рисунок 1.15.Зерносушарка У13-СШ-25

Зерносушарка складається з двох сушильних шахт , теплообмінника і охолоджувальної камери, складаючи одну конструкцію з металевих секцій, а також випускний механізм, над сушильний бункер, вентиляторне обладнання, тепло генератор, шафа керування, система очищення відпрацьованого агента сушіння.

Зерносушарка У13-СШ-25 рециркуляційного типу .Агентом сушіння є суміш топкових газів з атмосферним повітрям. Сушильні секції працюють

за принципом нагнітання агента сушки, охолоджувальні – на всмоктування повітря.

Вологе повітря з оперативного бункера, і сухе з шахти №2 поступає в завантажувальну норію , яка направляє його в над сушильний бункер шахти №1 і безпосередньо в шахту №1. Через шнек зерно подається на рециркуляційну норію, яка завантажує його в над сушильний бункер шахти №2. В другій шахті зерно, пройшовши сушильну зону, потрапляє в секцію охолодження. Далі, через випускний механізм , розвантажується гвинтовим конвеєром . Режим роботи випускного механізму другої шахти корегується в залежності від вологості зерна на виході з сушарки.

Зерносушарка «Целинная 50»

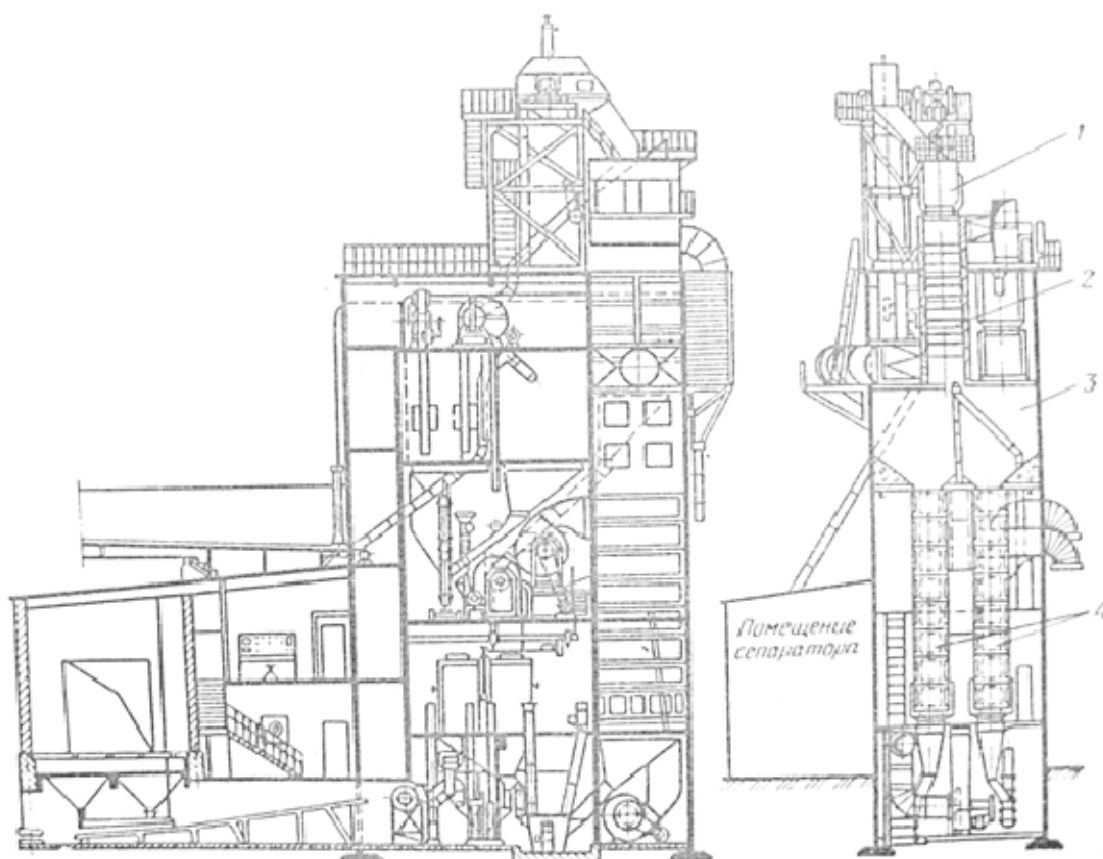


Рисунок 1.16.Зерносушарка «Целинная 50»

Зерносушарка «Целинна 50 » створена на базі сушарки ДСП-24-сн. Надсушильний бункер розташований на висоті 4300 мм, об'ємом до 30 т, і бункер виконує функцію теплообмінника. Над ним встановлено залізобетонна камера нагрівання розмірами 1500×3200 мм висотою 6000мм. Вона зміщена в сторону рециркуляційної шахти на 500 мм .В камері нагрівання в поперечному напрямку змонтовано 20 рядів труб, діаметром 400 мм, по вертикалі – 200 мм по 7-8 шт.в ряду.

Зверху над камерою нагрівання встановлений металевий бункер об'ємом 11 м³ розмірами 1000×3000 мм, висотою 2000 мм. В нижній її частині розташований випускний механізм безперервної дії, за допомогою якого зерно рівномірно завантажується в камеру нагрівання .

Продування шахт паралельне. Одна з шахт сушарки переведена на рециркуляційний режим роботи; тобто, все зерно , випущене з неї змішується з вологим зерном і надходить в приймальний бункер, а з нього в камеру нагрівання. Друга шахта працює в звичайному режимі. Просушене і охолоджене зерно направляється на зберігання.

Для підйому суміші вологого і рециркуляційного зерна змонтована норія , головка з приводом якої розташована винесена на кришу і встановлена на станині, передаючи навантаження на стіни робочої башні. Висота норії 27м.

Висновок

При ознайомленні з зерносушарками ,що були наведені вище, для магістерської роботи була обрана сушарка типу У13-СШ-25. Це зерносушарка рециркуляційного типу, що має такі габаритні розміри: довжина 9500 мм; ширина 6100 мм; висота 19120 мм.

Зерносушарка цього типу користується великим попитом в зерновій промисловості, і тому ми будемо робити її економічно вигіднішою ніж вона є зараз.

2. Експериментальні дослідження

Конвективний сушильний стенд

Визначення режимів сушіння насінневого зерна на конвективному сушильному стенді проводилось в «елементарного» шару і потім відбувався перехід до товстого шару з роботою на цих режимах в теплонасосній зерносушарці (розділі 3).

Найбільш точно під елементарним шаром необхідно розуміти шар товщиною в одне зерно, який безпосередньо контактує з теплоносієм і є найбільш небезпечною ділянкою зернового шару, підігрів і сушка якого відбувається з максимальною (в порівнянні з всім шаром) швидкістю. Зміна якості зерна при сушінні в шарі любої товщини і при будь-якому стані визначається зміною якості в елементарному шарі.

Крім того, в елементарному шарі найбільш просто забезпечуються умови рівномірного прогрівання зерна, відповідно, для цього шару найбільш достовірно може бути визначена допустима температура теплоносія в залежності від якісних показників насіння.

Опис експериментальної установки

Для дослідження кінетики процесу сушіння насіння ріпаку розроблений експериментальний конвективний стенд (рис. 2.1).

Відповідальна особа	Технічне завдання	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Експериментальні	18-0232.KP.07.002 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

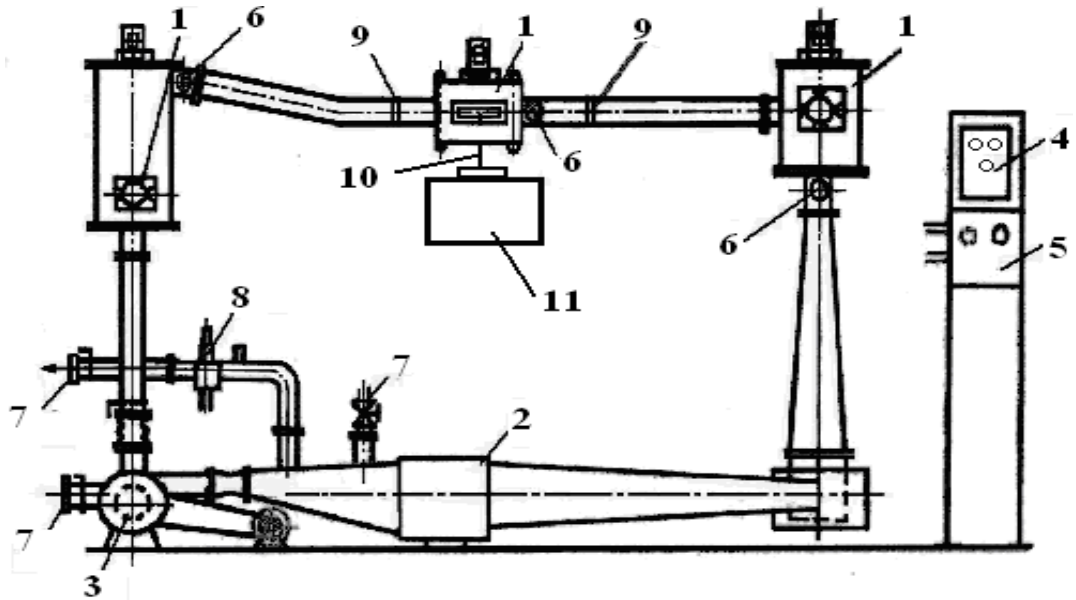


Рис. 2.1. Схема експериментального стенду:

1 – сушильна камера; 2 – калорифер; 3 – вентилятор; 4 – регулятор температури; 5 – щит керування; 6 – термометри опору; 7 – патрубки з шиберами; 8 – психрометр; 9 – спеціальні решітки; 10 – штанга терезів; 11 – терези.

Технічна характеристика конвективного сушильного стенду:

Температура теплоносія	30
– 150°C	
Швидкість руху теплоносія	0,5 – 5
м/с	

Експериментальний стенд складається із системи ізольованих повітропроводів з пристроями для нагрівання та циркуляції теплоносія, сушильних камер, системи контролю і підтримання температури теплоносія, автоматичного збору і обробки інформації про перебіг процесу зневоднення матеріалу [73,74].

Ділянка теплової підготовки повітря (2) виконана у вигляді прямокутного короба, в якому розміщений трьохсекційний електропідігрівач потужністю 10 кВт (рис.2.1). Для точної підтримки заданої температури

калорифер підключений до автоматичної системи регулювання, яка складається з електричного регулятора температури ЕРТ – 4 (4) та термометрів опору ТСМ- 50 (6).

Рух теплоносія відбувається за допомогою відцентрового вентилятора (3) середнього тиску. Зміна швидкості руху теплоносія досягається регулюванням частоти обертання вентилятора (3) на щиті керування (5). Співвідношення між відпрацьованим та свіжим повітрям можна регулювати за допомогою шибєрів на патрубках (7).

Стенд доукомплектований допоміжним обладнанням (рис. 2): аналоговим цифровим перетворювачем *i-7018*, конвертором-інтерфейсом *i-7520* та персональним комп'ютером, що дозволяє проводити процес сушіння насіння ріпаку в автоматичному режимі за допомогою розробленої прикладної програми "Sooshka".

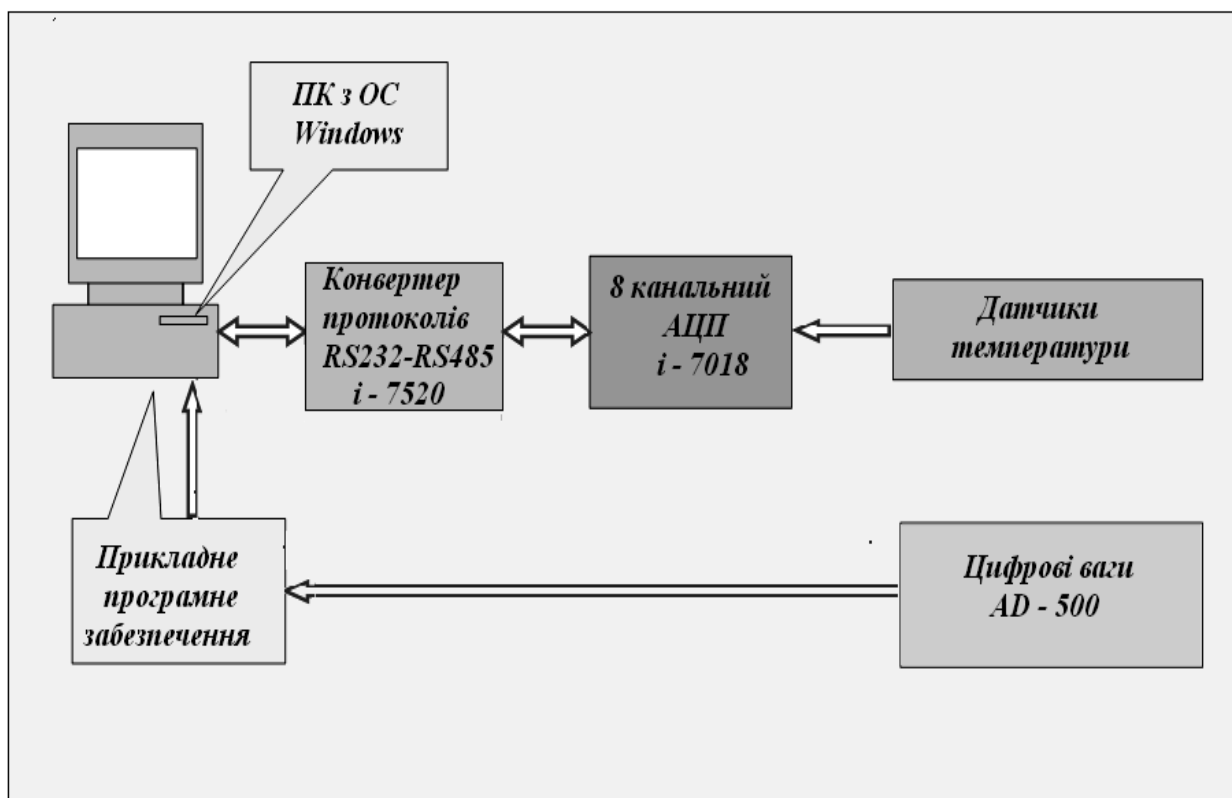


Рис. 2.2. Структурна схема автоматизованого збору та обробки інформації із конвективного сушильного стенду

Температура теплоносія і матеріалу під час сушіння реєструється за

допомогою термоелектричних перетворювачів (тип L), які вмонтовані в спеціальні голчаті зонди. Аналогові сигнали з термоелектричних датчиків перетворюються в АЦП в цифрову форму і за допомогою інтерфейсу передаються на комп'ютер. Точність виміру температур $\pm 1^\circ\text{C}$.

Розроблена програма автоматичного збору та обробки інформації про зміну маси та температури зразка в ході видалення вологи, розрахунки кінетики та динаміки сушіння в абсолютних та відносних координатах. Це дає змогу більш точно, оперативно та надійно одержувати та порівнювати кінетичні та швидкісні характеристики сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів.

Методика проведення експерименту:

1. За об'єкт досліджень вибрано насіння озимого ріпаку сорту ЧорнийВелетень, сорт селекції Вінницької державної сільськогосподарської дослідної станції. Сорт інтенсивного типу, належить до родини капустяних (хрестоцвітих) Brassica, виду ріпакових Narus, середньостиглий 300 – 323 днів, олійного і кормового використання, двонульовий (00). Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2000 року. Авторське свідоцтво №0343 [75].

2. Перед проведенням досліджень визначаємо початкову вологість ріпаку за ДСТУ 4138 – 2002 [76]. Ріпак засипаємо в бюкси і висушуємо в сушильній шафі при температурі 105°C на протязі 5 годин. Після закінчення сушіння бюкси виймають з сушильної шафи і ставлять в ексікатор для охолодження на 15 – 30 хв. Охолоджені бюкси з ріпаком зважують у закритому стані на аналітичних вагах.

Вологість ріпаку відносно маси сухої речовини обчислюють у відсотках:

m_1 – маса порожньої бюкси (з кришкою), г; m_2 – маса бюкси з наважкою до сушіння, г; m_3 – маса бюкси з наважкою після сушіння, г;

3. Після встановлення на стенді режиму сушіння на штангу терезів в сушильній камері 1 кладуть корзину з ріпаком і вмикається комп'ютерна програма збору та обробки інформації, яка безперервно реєструє час досліду, температуру теплоносія, температуру на поверхні та в середині шару матеріалу, зміну маси навіски.

4. Висушений ріпак виймають з сушильної камери і проводять аналіз на схожість та кислотне число олії, а також визначають кінцеву вологість матеріалу за пунктом 1 та формулою 2.1.

5. Після визначення абсолютно сухої маси зразка комп'ютерна програма визначає поточну вологість матеріалу W під час сушіння та розраховує і будує криві сушіння та швидкості сушіння: $W = f(\tau)$, $dW/dt = f(W)$.

Визначення режимів сушіння та вплив на кінетику процесу

Основними факторами від яких залежить вибір раціонального режиму сушіння насінневого зерна є інтенсифікації процесу сушіння та висока якість насінневого матеріалу.

Дослідження кінетики сушіння насінневого зерна в елементарному шарі проводились на експериментальному конвективному стенді, показаному на рис. 2.1, від зміни параметрів теплоносія: температури – від 50 до 80 °С, швидкості – від 0,6 до 1,5 м/с та вологовмісту – від 10 до 12 г/кг с. п.. Як об'єкт дослідження вибрано насіння вівса, ячменю, пшениці та ріпаку [73,74,77].

Перед проведенням дослідів зерно штучно зволожували та визначали початкову вологість, згідно методики проведення експерименту. Зволоження насіння відбувалось до його природної вологості під час збирання врожаю. Так початкова вологість для пшениці, ячменю та вівса – 20%, для ріпаку – 17%.

З літературних джерел відомо, що нагрівання насіння не повинно

перевищувати граничнодопустиму температуру. Так для насіння ріпаку вона складає 30 – 40°C, для насіння пшениці, вівса та ячменю 35 – 45°C, а для насіння кукурудзи 45 – 55°C. [2,24,25,26,30]. Сушіння зерна проводили при температурі теплоносія 70°C і вище, при цьому відбувались значні втрати схожості насіння, що недопустимо при високих цінах на насіннєве зерно.

Тому знижуючи температуру теплоносія до 50 °С, ми намагаємося як найменше знизити вплив температури теплоносія на насіннєві властивості зерна, і підвищуючи його до 80°C - спостерігаємо підвищення інтенсивності процесу за рахунок зменшення якості матеріалу (див. п. 2.3).

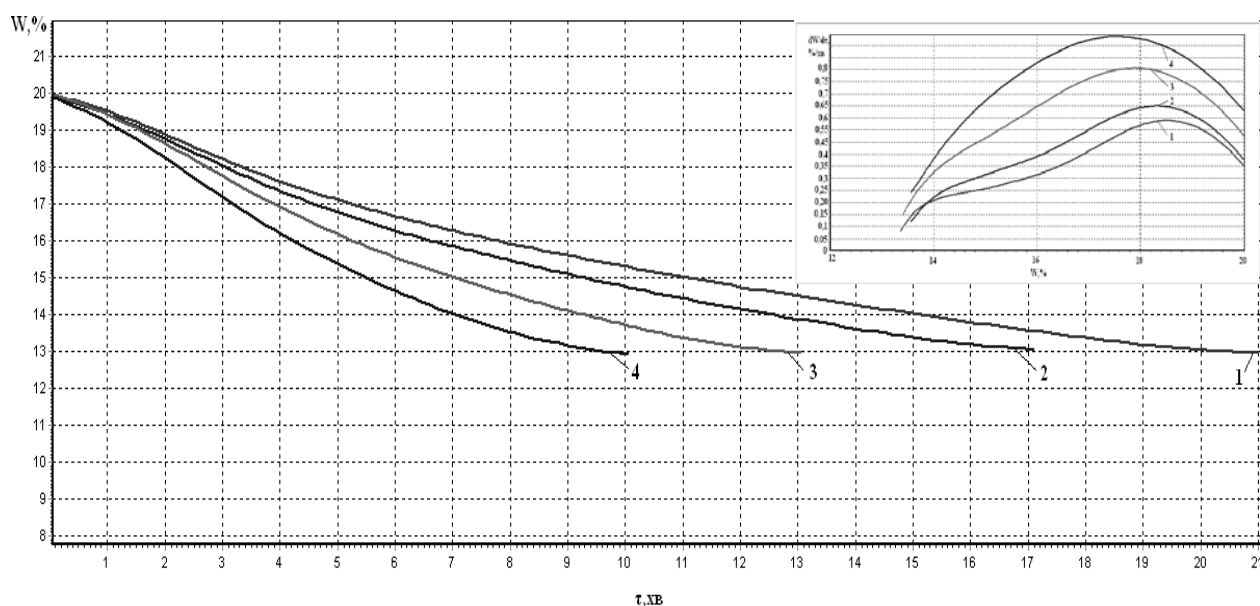


Рис.2.3. Вплив температури теплоносія на кінетику сушіння насіння вівса в елементарному шарі:

$V = 1,5$ м/с, $W = 20\%$; $d = 10$ г/кг с. п.: 1 – 50°C; 2 – 60°C; 3 – 70°C; 4 – 80°C.

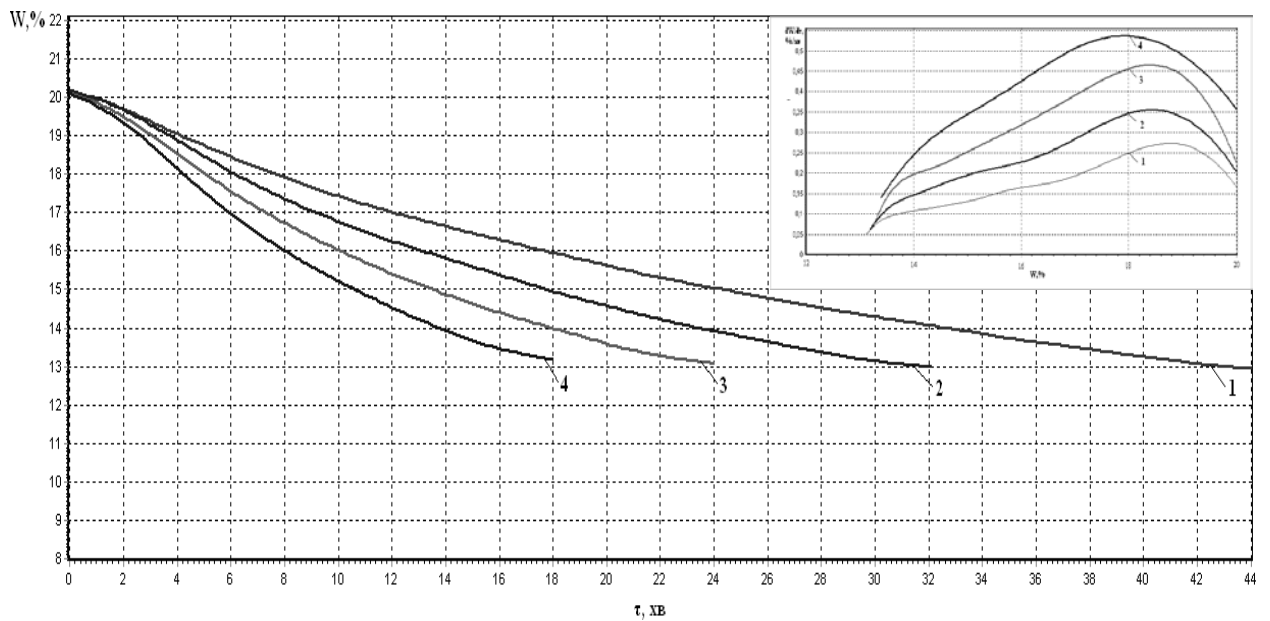


Рис. 2.4. Вплив температури теплоносія на кінетику сушіння насіння пшениці (а) та ячменю (б) в елементарному шарі:

$V = 1,5 \text{ м/с}$, $W = 20\%$; $d = 10 \text{ г/кг с. п.}$: 1 – 50°C ; 2 – 60°C ; 3 – 70°C ; 4 – 80°C .

Зменшення температури теплоносія з 80 до 50°C збільшує тривалість сушіння ріпаку в $2,4$ рази (рис.2.5) Процес проходить в періоді падаючої швидкості сушіння з попереднім прогріванням матеріалу до максимальної швидкості сушіння в точці К. Максимальна швидкість сушіння при підвищенні температури теплоносія збільшується і зміщується в область високої вологості і при температурі теплоносія 80°C складає $1,28\%/ \text{хв}$.

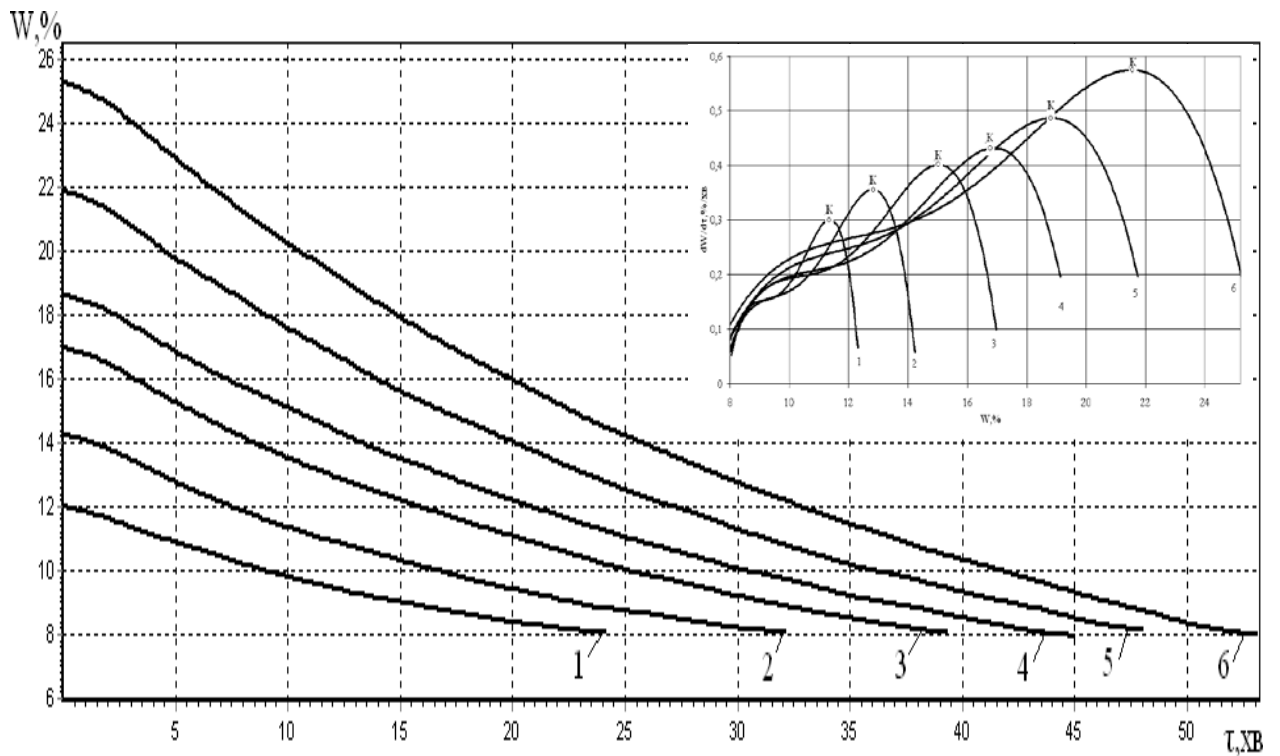


Рис. 2.5. Вплив початкової вологості насіння на кінетику сушіння ріпаку в елементарному шарі:

$t = 50^{\circ}\text{C}$, $V = 1,5 \text{ м/с}$, $d = 10 \text{ г/кг с. п.}$

:1 – 12%; 2 – 14,2%; 3 – 17%; 4 – 18,6 %; 5 – 22%; 6 – 25,6 %.

При збільшенні температури теплоносія з 50 до 80 °С тривалість процесу сушіння вівса зменшується в 2,1 рази, для ячменю в 2,27 рази, для пшениці 2,44 рази (рис.2.3, 2.4). Сушіння відбувається в періоді падаючої швидкості сушіння з попереднім прогріванням вівса для температур теплоносія 50°С до максимальної швидкості сушіння 0,59%/хв, для ячменю – 0,25%/хв., для пшениці – 0,27%/хв, тобто сушіння вівса проходить в 2,36 – 2,19 рази швидше за ячмінь та пшеницю відповідно. Період постійної швидкості сушіння не спостерігається.

Проведені теоретичні дослідження показали, що фактором, здатним впливати на інтенсивність процесу тепломасопереносу особливо при низьких температурах, є вологовміст теплоносія, що особливо важливо

при низькотемпературному сушінні зерна насінневого призначення [2,51,78].

Збільшення вологості теплоносія на 8% від 16 до 24% при сушінні зернових культур: вівса, пшениці та ячменю (рис. 2.15 – 2.17) – збільшує тривалість сушіння в 2,8 – 3 рази. Тривалість сушіння ячменю найбільша і при початковій вологості 24% складає 85 хвилин, що в 2,8 рази більше за тривалість сушіння вівса та в 1,3 рази більше за тривалість сушіння пшениці.

Експериментальні дослідження в рекуперативних зерносушарках.

Традиційні конвективні сушильні установки, разом з безперечними перевагами, що відображаються в простоті конструкції та експлуатації, мають ряд істотних недоліків, основними з яких є низька інтенсивність процесу, значні витрати теплоти з відпрацьованим теплоносієм, залежність ефективності роботи сушарки від вологовмісту атмосферного повітря.

При використанні ТН обладнання для сушіння різноманітних матеріалів волога, що вилучається з матеріалу, не виноситься теплоносієм в навколишнє середовище, як це має місце в конвективних сушарках, а конденсується на холодній поверхні випарника ТН і вилучається в скрапленому вигляді. Таким чином, з'являється можливість утилізувати теплоту конденсації і повернути її в процес сушіння на більш високому температурному рівні, що суттєво знижує витрати енергії на вилучення вологи з матеріалу в порівнянні з традиційними конвекційними сушарками.

Здатність ТН знижувати вологовміст теплоносія робить їх незамінними при вирішенні питання інтенсифікації вологовидалення, особливо при низькотемпературному сушінні насінневого зерна.

В залежності від схем підключення ТН в циркуляційний контур сушарки їх можна поділити на рекуперативні та зневоднюючі (або конденсаційні) (рис.2.6.) [89].

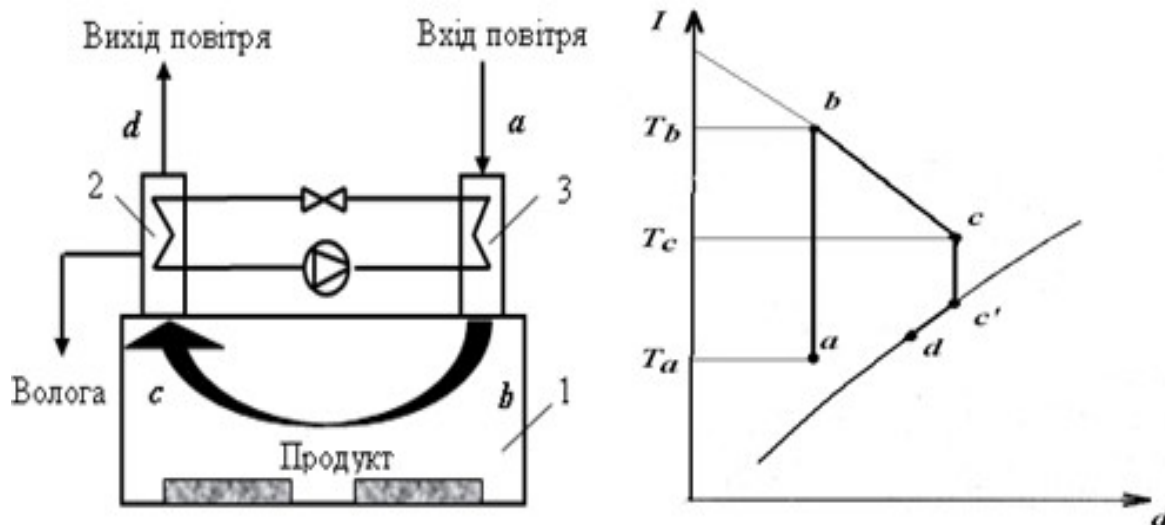


Рис. 2.6. Схема рекуперативної теплонасосної зерносушарки (а) і принцип роботи в I-d діаграмі (б):

1 – сушарка; 2 – випарник; 3 – конденсатор.

Теплонасосна сушарка рекуперативного типу працює наступним чином: атмосферне повітря надходить на конденсатор 3 теплового насосу, де відбувається нагрів теплоносія (лінія а – b), потім відбувається сушіння продукту (лінія b – c). Теплоносій охолоджується до точки роси (лінія c – c') і на випарнику теплового насосу 2 відбувається його зневоднення на виході з рекуперативної сушарки.

Теплонасосна сушарка конденсаційного типу (рис. 2.7.) відрізняється від сушарки рекуперативного типу тим, що теплоносій знаходиться в замкнутому контурі, де відбувається постійне відведення вологи через випарник теплового насосу 2.

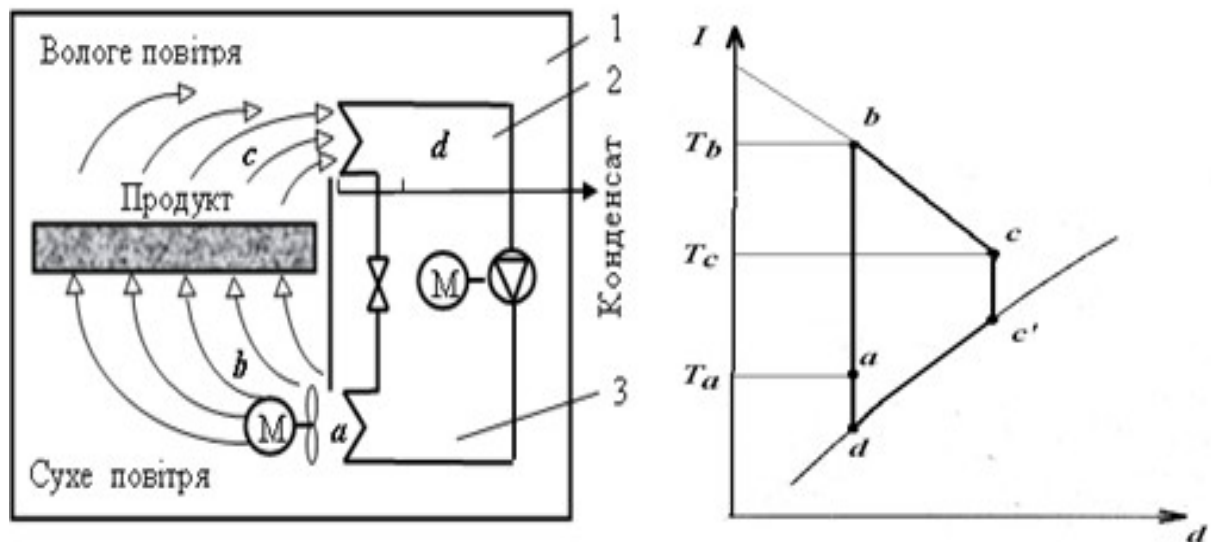


Рис. 2.7 . Схема конденсаційної теплонасосної зерносушарки (а) і принцип роботи в I-d діаграмі (б):

1 – сушарка; 2 – випарник; 3 – конденсатор.

Теплонасосна сушарка конденсаційного типу працює наступним чином: Вологе повітря подається на випарник теплового насосу 2, де відбувається охолодження теплоносія до точки роси $c - c'$ і його зневоднення $c' - d$. На конденсаторі теплового насосу 3 відбувається нагрівання теплоносія, після чого циркуляційним вентилятором направляється на сушіння продукту $a - b$. Зволожений теплоносій після сушіння надходить на випарник теплового насосу 2 і сушильний цикл повторюється.

При проектуванні теплонасосної зерносушарки нами були враховані ці схеми і вибрана схема рекуперативного типу з розімкнутою схемою із-за високої засміченості зерна, що в свою чергу ускладнює експлуатацію зерносушарки.

Теплонасосна дослідна зерносушарка

Принцип дії теплонасосного агрегату оснований на використанні низкопотенційної теплоти, яка з витратою необхідної роботи в компресорі

перетворюється в теплоту більш високого потенціалу. Від холодильних машин теплові насоси відрізняються призначенням – для підігрівання об’єкту та межами

робочих температур. Температура теплоносія для сушіння насінневого зерна на виході з теплонасосної зерносушарки регулюється в діапазоні $t = 25 - 50^{\circ}\text{C}$.

Теплонасосна зерносушарка працює наступним чином: повітря з оточуючого середовища (рис. 2.8.) через фільтр подається на вхід циркулюючого вентилятора, проходить рекуперативний теплообмінник 3 (а – а') і прямує до випарника 4, де зневоднюється за рахунок охолодження нижче температури роси (а' – о), а скраплена волога відводиться до збірника конденсату [90,91].

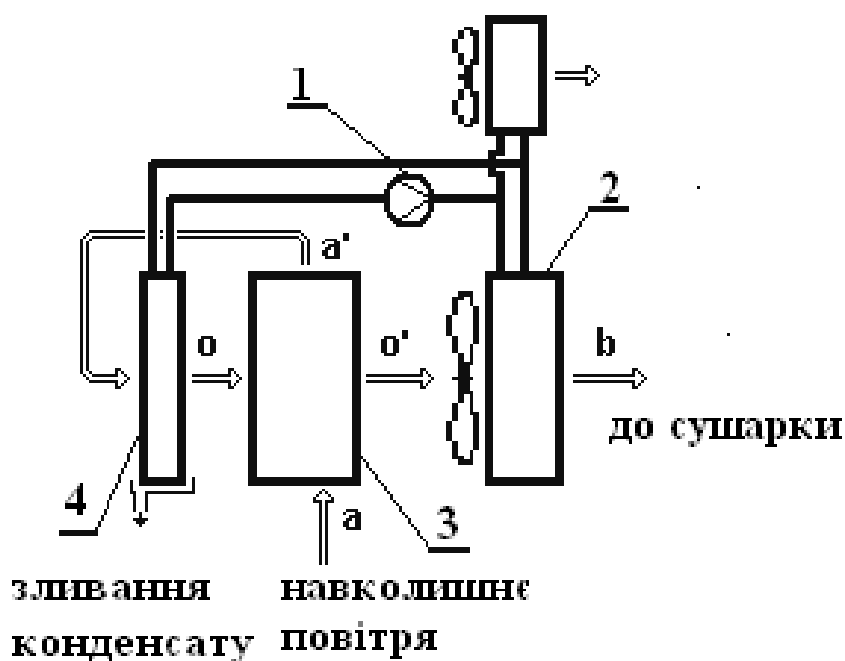


Рис. 2.8. Схема роботи теплонасосної зерносушарки:

- 1 – компресор; 2 – повітряний конденсатор; 3 – рекуператор; 4 – випарник
- а – а' – попереднє охолодження навколишнього середовища в рекуператорі;
- а' – о – зневоднення навколишнього середовища;
- о – о' – часткове відновлення температури повітря;
- о' – б – нагрівання в конденсаторі до заданої температури.

Зневоднене повітря прямує до регенеративного теплообмінника 3, частково відновлює свій температурний потенціал ($\theta - \theta'$) і направляється до конденсатора 2, де нагрівається до заданої температури ($\theta' - \theta$). Нагріте зневоднене повітря через повітропровід поступає до сушильної камери, де вступає в тепломасообмінний контакт з вологим зерном. Проходячи крізь шар вологого зерна, гаряче сухе повітря забирає з зерна зайву вологу і викидається взовнішнє середовище.

Для дослідження та відпрацювання технологічного режиму сушіння насінневого зерна виготовлений експериментальний зразок теплонасосної сушарки періодичної дії (рис.2.9.) обладнаний контрольно-вимірювальними приладами та системою автоматики, які дозволяють автоматично підтримувати заданий режим зневоднення, вимірювати та фіксувати необхідні параметри робочого процесу (температуру, вологовміст і швидкість руху теплоносія, витрати енергії та зменшення маси зерна), а також температуру і тиск випаровування та конденсації холодоагенту. Розроблена програма "Cooler" дозволяє автоматично знімати інформації про зміну часу та температури шару насіння ріпаку в ході видалення вологи.

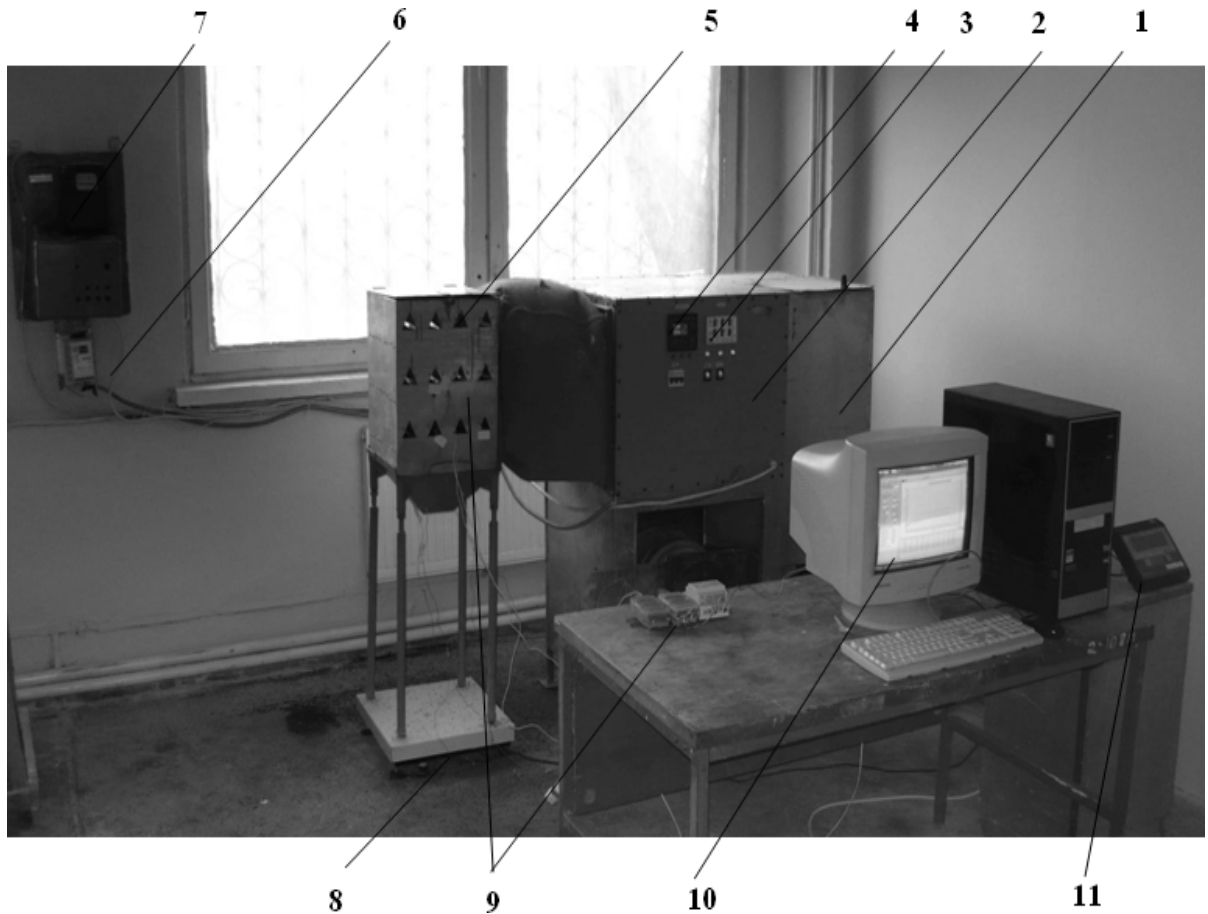


Рис. 2.9. Експериментальна теплонасосна зерносушарка:

1 – теплонасосний агрегат; 2 – щит керування; 3 – реле часу; 4 – термореле; 5 – сушильна шахта; 6 – регулятор швидкості; 7 – лічильник електроенергії; 8 – напільні терези; 9 – аналоговий цифровим перетворювачем *i-7018*, конвертор- інтерфейс *i-7520* та хромель-копелеві термоелектричні перетворювачі; 10 – персональним комп'ютер; 11 – цифрове табло терезів.

Технічна характеристика експериментальної теплонасосної зерносушарки

1. Продуктивність по вилученій волозі	2 кг/год
2. Температура теплоносія на вході в сушильну камеру	25±50 °С
4. Температура випаровування холодоагенту	5±10 °С

5. Холодоагент	R22
6. Вологовміст теплоносія на вході в сушильну камеру	10-14 г/кг с.п.
7. Місткість сушильної камери	0,05 м ³
8. Витрати теплоносія	250-800 м ³ /год
9. Встановлена потужність	4,75 кВт

Порядок роботи експериментальної теплонасосної зерносушарки

1. Після встановлення в теплонасосній зерносушарці режиму сушіння засипаємо партію насінневого ріпаку в сушильну шахту і проводимо сушіння докінцевої вологості ріпаку – 8%.

2. З партії отриманого висушеного насінневого ріпаку відбираємо дві проби:

2.1. Перша проба йде на визначення насінневих властивостей матеріалу.

2.2. Друга – визначає кінцеву вологість матеріалу за пунктом 1.

3. Після визначення абсолютно сухої масі зразка розраховуємо і будуємо криві сушіння та швидкості сушіння ріпаку: $W = f(\tau)$, $dW/d\tau = f(W)$.

Вплив режимів сушіння на кінетику процесу

4. При виборі режимів сушіння в теплонасосній зерносушарці використовувались дані експериментальних досліджень на конвективному сушильному стенду та результати лабораторних досліджень з якості насіння ріпаку.

5. Інтенсифікувати процес сушіння насіння ріпаку в теплонасосній зерносушарці при підвищенні температури теплоносія можна за рахунок

зменшення вологовмісту теплоносія.

6. Значення вологовмісту теплоносія визначаємо за I – d діаграмою на лінії насичення $\phi = 100\%$ і вибираємо в залежності від температури випарника теплового насосу (рис. 3.5) [92,93].
7. За даними досліджень на конвективному сушильному стенді найкраща схожість насіння ріпаку відбувається при температурі теплоносія 50°C , тобто при температурі випарника $+5^{\circ}\text{C}$ і температурі конденсатора 50°C – коефіцієнт перетворення теплового насосу складає 3,2 (рис. 3.6). Як видно з рис. 4.2 зменшення температури теплоносія на конденсаторі теплового насосу до 40°C приводить до збільшення коефіцієнту перетворення теплової енергії до 4,3. Таким чином необхідно визначити, наскільки зменшення температури теплоносія від 40 до 50°C впливає на кінетику процесу з визначенням енергетичних витрат та якості насіння ріпаку.
8. Значення коефіцієнту перетворення теплового насосу також залежить від виду холодоагенту. В тепловому насосі з компресором ZR49K3E – TFD фірми Copeland ZR використовуються два виду фреону: R 22 та R 407 (рис. 3.7).
9. Як видно з рис. 3.7, при використанні холодоагенту R 407 маємо кращий коефіцієнт перетворення при низьких температурах конденсації теплового насосу, ніж при фреоні R 22 . При температурі конденсації теплового насосу 50°C найбільший коефіцієнтом перетворення в холодоагенту R 22, тому вибираємо його для роботи в тепловому насосі.

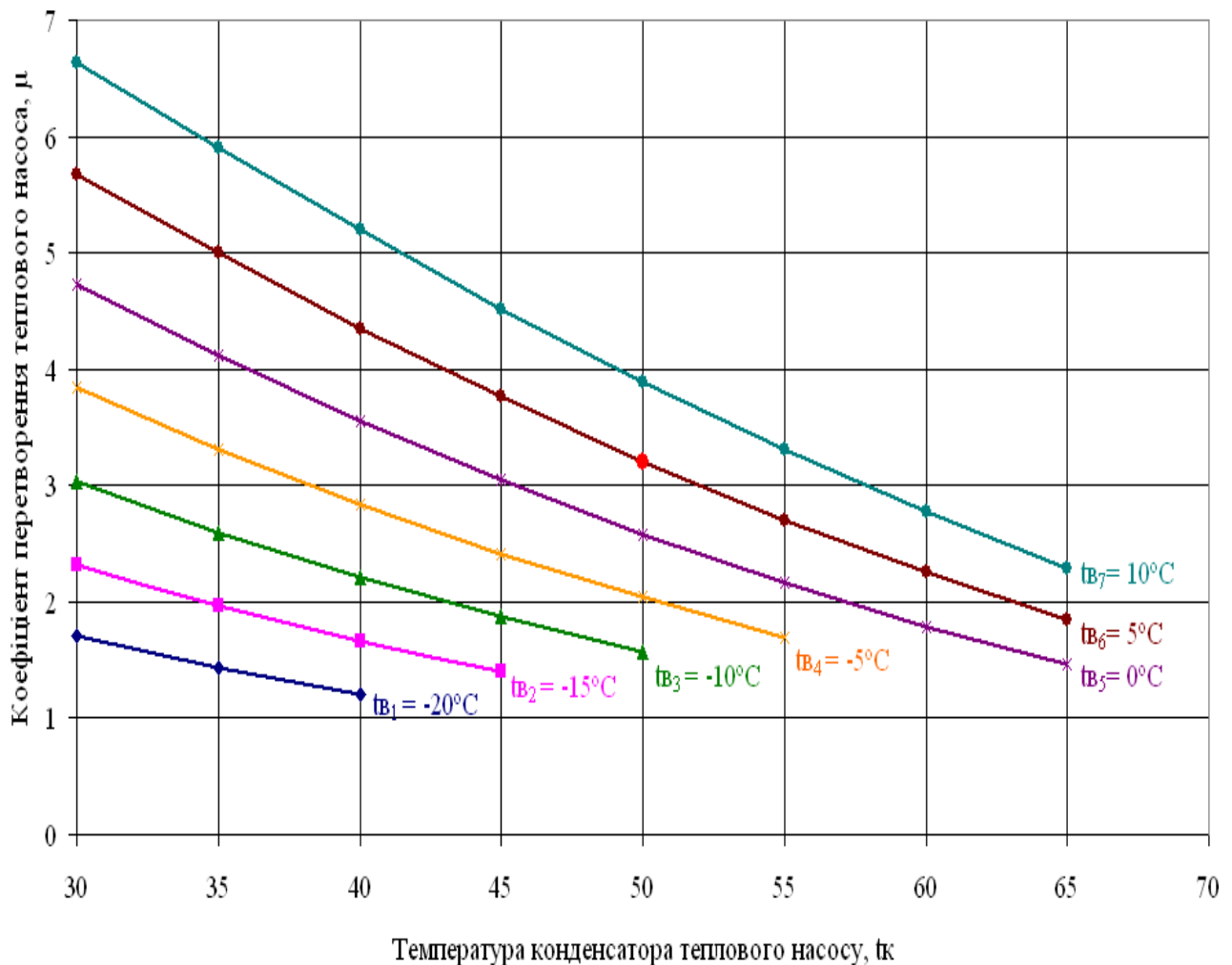


Рис. 2.10. Залежність вологовмісту теплоносія від температури випарника теплового насосу з компресором ZR49K3E – TFD фірми Copeland ZR при роботі на фреоні R 22.

Значення коефіцієнту перетворення теплового насосу також залежить від виду холодоагенту. В тепловому насосі з компресором ZR49K3E – TFD фірми Copeland ZR використовуються два виду фреону: R 22 та R 407 (рис. 3.7).

Як видно з рис. 3.7, при використанні холодоагенту R 407 маємо кращий коефіцієнт перетворення при низьких температурах конденсації теплового насосу, ніж при фреоні R 22. При температурі конденсації теплового насосу 50 °C найбільший коефіцієнт перетворення в холодоагенту R 22, тому вибираємо його для роботи в тепловому насосі.

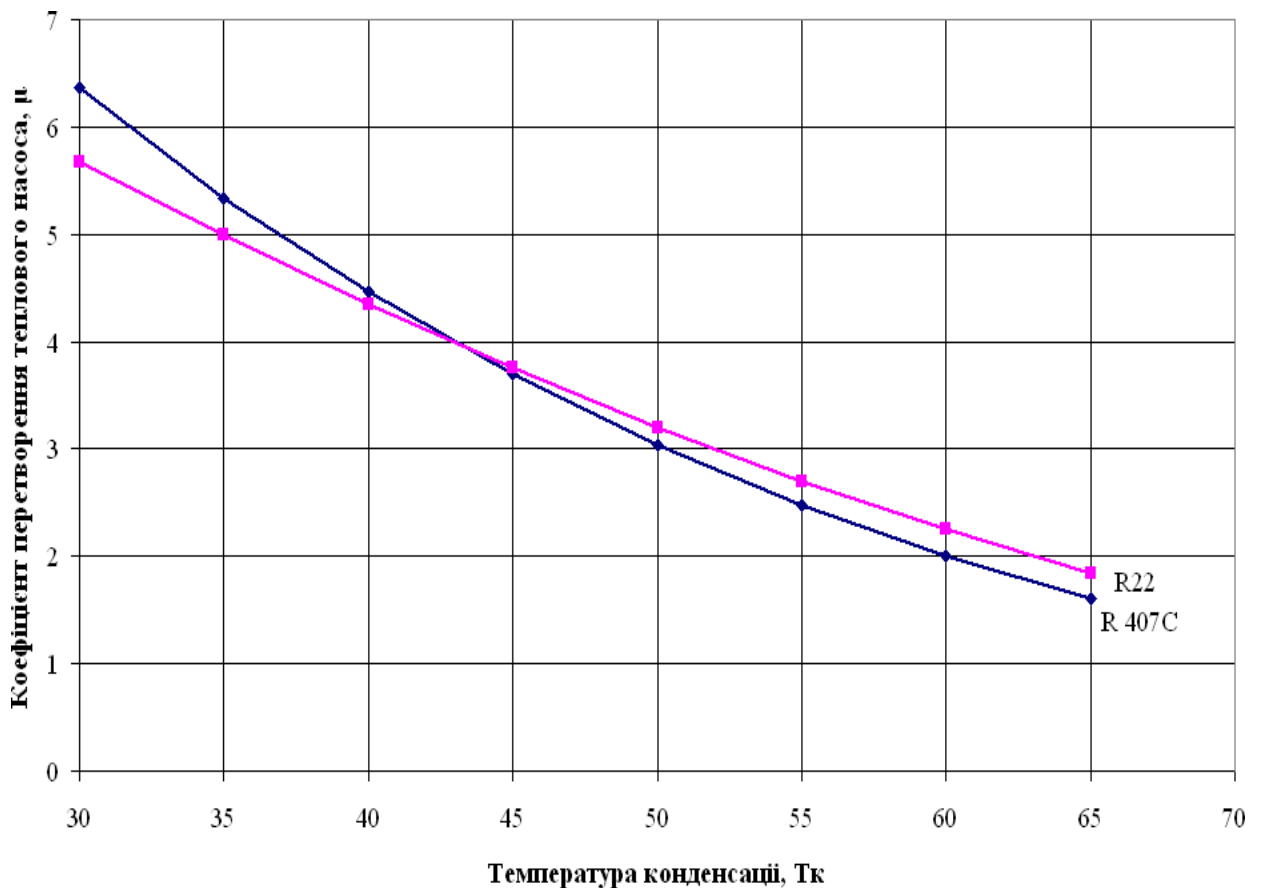


Рис. 2.11. Залежність коефіцієнту перетворення від виду холодоагенту (фреону) та температури конденсації теплого насосу з компресором ZR49K3E – TFD фірми Copeland ZR

Експериментальні дослідження в теплонасосній зерносушарці проводились згідно методики. Сушіння в теплонасосній установці відбувалось всушильній шахті в нерухомому щільному шарі.

Конструктивні особливості зерносушильної шахти дозволяють інтенсифікувати процес сушіння насіння ріпаку за рахунок зменшення відстані між коробами до 20 – 40 мм та збільшення швидкості руху теплоносія на виході з зерносушарки до 1,2 – 1,5 м/с. Конструкція зерносушильної шахти наведена на

рис. 2.12.

Основні дослідження в теплонасосній зерносушарці проводимо на насінні ріпаку від дії наступних факторів: температури, швидкості та вологовмісту теплоносія, початкової вологості, шару насіння та від виду зерна.

Як зазначалось вище, найкраща схожість та енергія росту насіння ріпаку спостерігається при температурі теплоносія 50°C. Знижуючи температуру теплоносія – підвищуємо коефіцієнт перетворення теплового насосу, тому для дослідження вибираємо температуру теплоносія на конденсаторі теплонасосної зерносушарки 40 та 50°C.

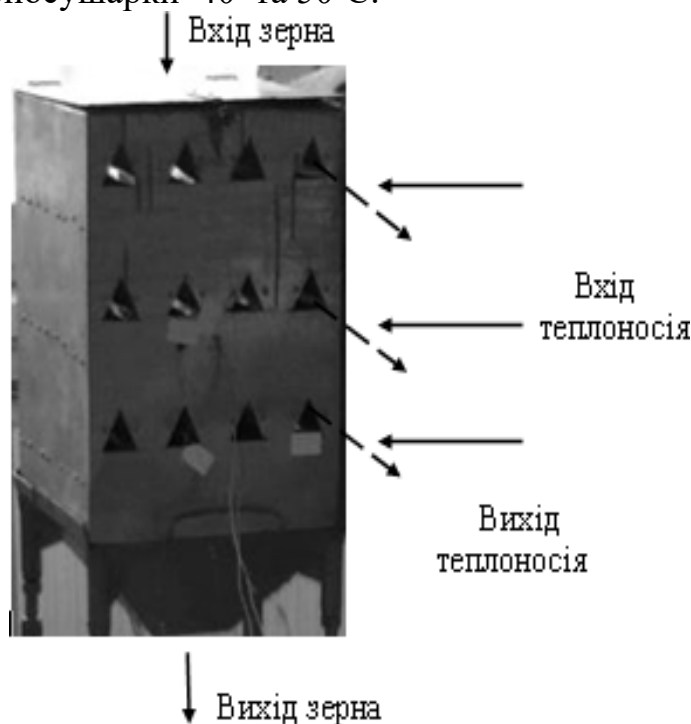


Рис. 2.12. Конструкція зерносушильної шахти

Результати проведених досліджень впливу температури на кінетику процесу сушіння в теплонасосній зерносушарці показали, що збільшення температури на 10°C (40 – 50°C) зменшує тривалість сушіння на 12% (рис. 2.13.).

$V = 1,2$ м/с, $\delta = 40$ мм, $W_n = 19,2$ %, $d = 6$ г/кг с. п.

Найбільш інтенсивне прогрівання шару ріпаку відбувається при температурі теплоносія 50°C і при вологості 8% кінцева температура становить 42,4 °C, а при температурі 40°C – 35,4°C.

Кінетику процесу сушіння ріпаку за отриманими експериментальними даними описали за допомогою поліномів 2 степені та знайшли величину достовірності апроксимації в графічній програмі Excel. Апроксимуючі функції (3.1 – 3.2), гарно описують кінетику процесу сушіння ріпаку при

різних температурах при достовірності апроксимації $R^2 = 0,999$.

Так, для температури 50°C рівняння кінетики сушіння дорівнює:

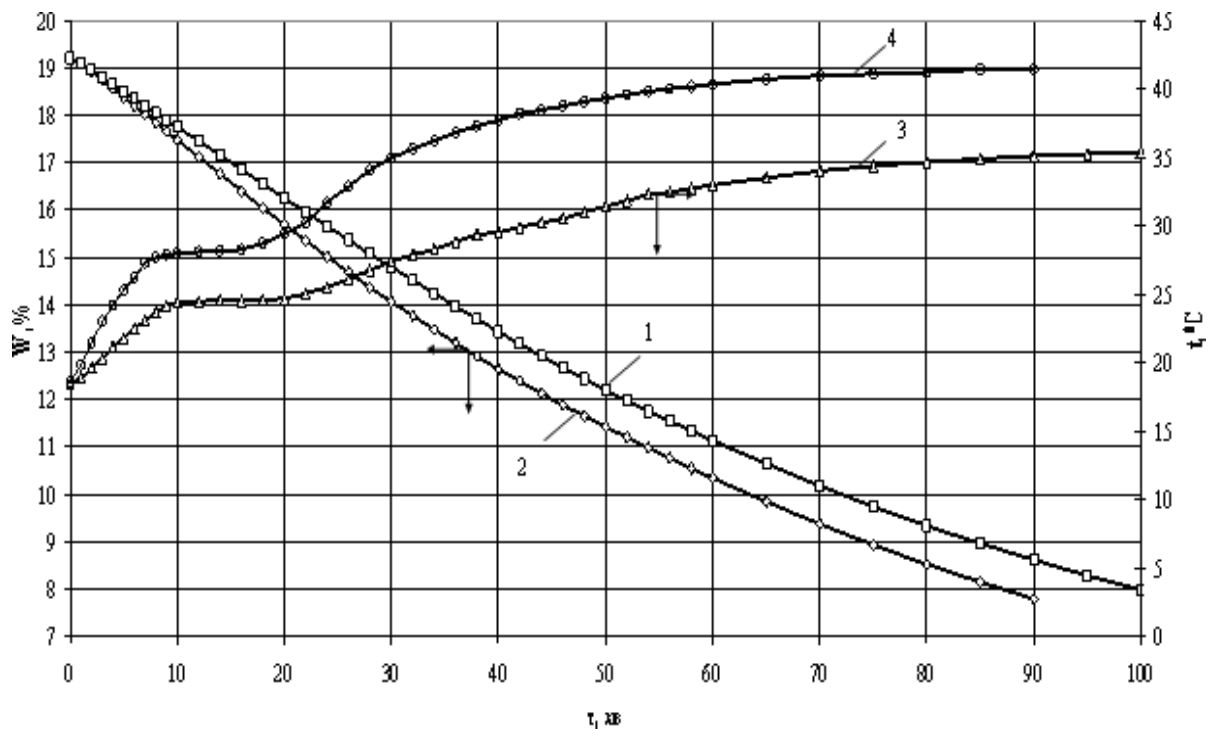


Рис. 2.13. Кінетика процесу та температурні криві сушіння насіння ріпаку при різній температурі теплоносія: 1, 3 – 40°C; 2, 4 – 50°C.

Результати проведених досліджень показали, що чим менше товщина шару – тим швидше відбувається сушіння ріпаку в шарі. Так збільшення товщини шару від 20 мм до 30 мм – збільшує тривалість сушіння на 38%, а при збільшенні до 40 мм – на 73% (рис. 3.13). Шар ріпаку 20 мм прогрівається більш

інтенсивно, чим інші і становить 41,8°C при тривалості сушіння насіння ріпаку 52 хв. Прогрівання шарів 30 та 40 мм проходить більш повільніше до кінцевої температури 42 – 42,4°C при тривалості сушіння відповідно 70 хв. та 88 хв.

Кінетику процесу сушіння ріпаку по отриманим експериментальним даним описали за допомогою поліномів 2 степені (рис. 2.14.) та знайшли величину достовірності апроксимації в графічній програмі Excel. Апроксимуючі функції (3.5 – 3.7) гарно описують кінетику процесу

сушіння ріпаку при різних швидкостях руху теплоносія і достовірність апроксимації $R^2 = 0,999$.

Дослідження впливу початкової вологості насіння ріпаку в теплонасосній зерносушарці на кінетику процесу сушіння проводились при наступній початковій вологості матеріалу: 19,2% та 32%.

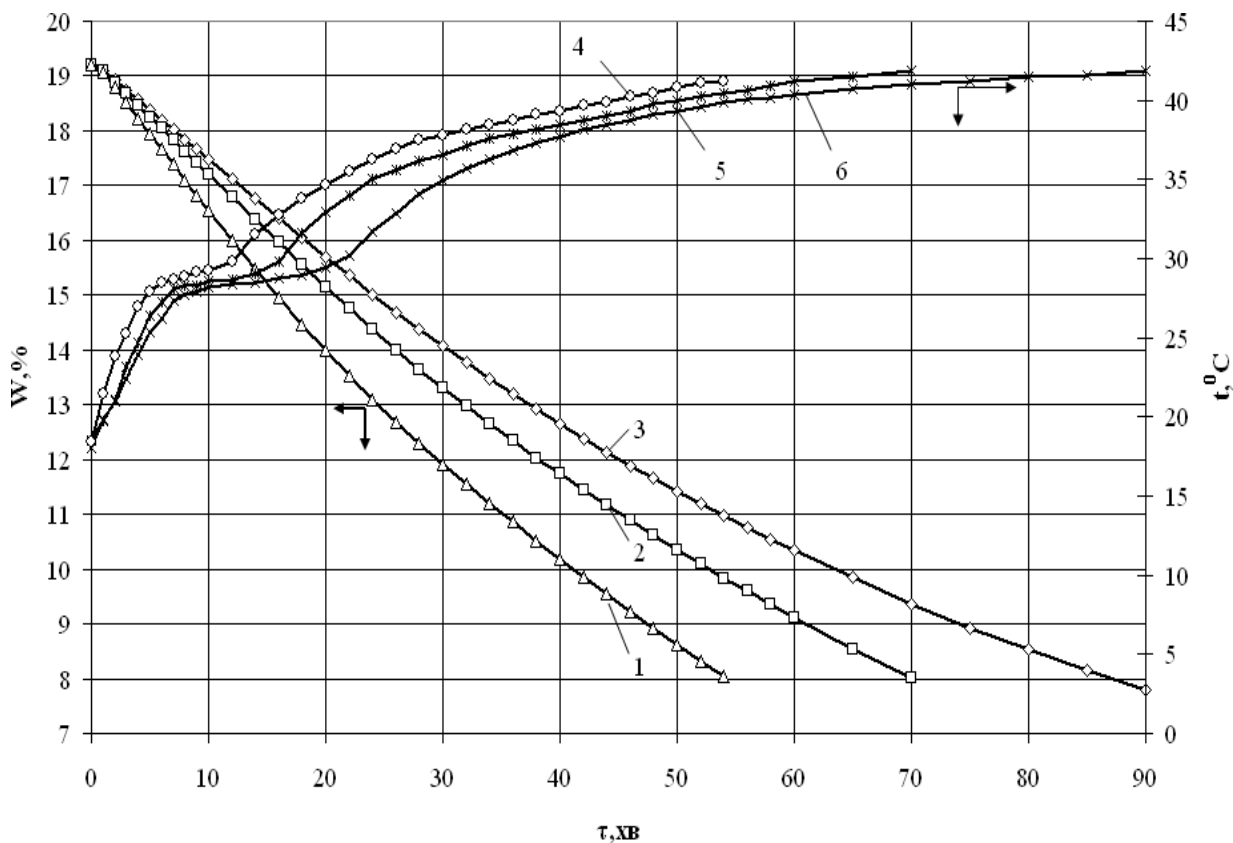


Рис. 2.14. Кінетика процесу та температурні криві сушіння насіння ріпаку прирізній товщині шару ріпаку: 1, 4 – 20 мм; 2, 5 – 30 мм; 3, 6 – 40 мм.
 $t = 50^{\circ}\text{C}$, $V = 1,2 \text{ м/с}$, $W_n = 19,2\%$, $d = 6 \text{ г/кг с. п.}$

3. Теоретичні дослідження процесу сушіння зерна

Огляд досліджень з сушіння насіннєвого зерна

Огляд досліджень з сушіння насіннєвого зерна проводимо на насінні ріпаку, так як він найменш терmostійкий до впливу температури, що істотно впливає на збереження біохімічних властивостей зерна.

Основним критерієм якості насіннєвого зерна є енергія росту та схожість, для продовольчого та технічного напрямку – кислотне число олії. Тому нами проводиться аналіз на предмет вибору режиму сушіння насіннєвого зерна, який би забезпечував високі якісні показники та підвищував інтенсивність процесу.

В роботі Артьомова І. В., Філатова Г. А., Мамонцева І.П. [24]

інтенсивність сушіння насіння ріпаку в прямокутній вертикальній колоні забезпечується високою температурою теплоносія 150°C та швидкості руху 1,3 м/с з розташованій в ній 5-ма касетами висотою 50 мм. Прогрівання та вологовіддача в насінні по горизонтам шару йде не однаково, що приводить до перегрівання насіння і нерівномірному сушінні ріпаку при низькій схожості насіння ріпаку (табл.1.12).

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Черкасенко В.Л.	<i>Назва, додаткова назва</i> Теоретичні дослідження процесу сушіння зерна	18-0232.KP.07.003 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/18	

Таблиця 1.12. Зміна якості сушіння насіння ріпаку по горизонтам шару [24]

Горизонти шару	Кінцева температура, °C		Кінцева вологість, %	Тривалість сушіння, хв.	Схожість, С, %
	теплоносія над горизонтом	насіння в касеті			
1	32	37	28	120	86,0
2	46	39	28	120	87,5
3	51	45	25	120	86,0
4	65	60	12	120	85,0
5	136	130	7	15	0

В роботі Н. Я. Попова та ін. [25] інтенсивність процесу організовано за рахунок збільшення поверхні контакту зерна з теплоносієм в апараті з киплячим шаром (табл.1.13). Якісні показники насіння ріпаку – висока енергія росту та схожість забезпечується температурою теплоносія 70°C та швидкістю 1,6 м/с. Подальше збільшення температури теплоносія до 80°C та швидкості до 1,8 м/с знижує якісні показники насіння при збільшенні тривалості сушіння понад 250 с.

Таблиця 1.13. Зміна якості насіння ріпаку в процесі сушіння в киплячому шарі [32]

Параметри процесу				Показники якості насіння				
t, °C	V, м/с	S, мм	τ, с	θ, C	W, %	Енергія росту, E,%	Схожість, C, %	К.ч., мг КОН/ г
Вихідна якість насіння				8	16,9	75	90	1,51
70	1,6	100	290	49	13,5	74	90	1,6
			467	56	11	73	89	1,47
			590	64	9,3	63	84	1,36
Вихідна якість насіння				13	21,5	86	95	1,46
80	1,6	100	187	50	18,8	75	90	1,82
			342	60	14,4	70	86	1,74
			510	68	11,4	1	81	1,55
80	1,8	100	130	50	17,8	80	90	1,59
			250	60	14,3	70	80	1,22
			434	70	10,8	1	46	1,36

На кислотне число зазначені режими сушіння істотно не впливають і знаходяться в межах $\pm 0,3$ мг КОН/г олії.

Вплив параметрів сушіння та сорту на якість ріпаку свідчить про те, що найбільш термостійким до температури 70°C є сорт Галицький, який забезпечує високу схожість на рівні 94 – 95% (табл.1.14) [26]. Для сорту Світоч потрібно знижувати температуру теплоносія, так як схожість нижче 90% не відповідає вимогам до

насінневого зерна за ДСТУ 2240 – 93. Кислотне число сорту Світоча в 2,5 – 3 рази більше за кислотне число сорту Галицький, але знаходиться в межах норми.

Таблиця 1.14. Вплив параметрів сушіння на якість насіння ріпаку [26]

Сорт	t, °C	W _п , %	τ, хв	θ, °C	Енергія росту, E,%	Схожість, С, %	К.ч., мг КОН / г
Світоч	70	9,0	10	30	65,3	82,7	2,63
		21,5	30	45	50,0	64,0	3,00
	100	9,0	6	30	38,7	54,0	2,72
		21,5	22	60	5,0	11,3	3,00
Галицький	70	9,0	10	50	91,0	95,0	1,11
		21,5	28	62	84,0	94,0	1,16
	100	9,0	6	40	73,0	76,0	1,03
		21,5	19	65	5,0	14,0	1,02

Проведений аналіз показав, що потрібно зменшувати температуру нижче 70°C, щоб досягнути високої схожості та енергії росту насіння ріпаку.

За даними досліджень представлених в табл. 1.12 – 1.14 можна скласти підсумкову табл. 1.15. При збільшенні температури теплоносія енергія росту та схожість насіння ріпаку відчутно зменшується і втрачає свої насінневі властивості навіть при температурі 70 - 80°C. Збільшення кислотного числа олії від дії температури не спостерігається.

Таблиця 1.15. Якість насіння ріпаку від режиму сушіння [24,25,26]

Параметри процесу				Показники якості			Автор
t, °C	V, м/с	W _п , %	W _к , %	Енергія росту Е, %	Схожість, С, %	К.ч., мг КОН / г	
150	1,3	14	7	0	0	-	[24]
100	0,3	21,5	6	5	11	3,00	[26]
80	1,8	16,9	11,4	1	46	1,36	[25]
70	0,3	21,5	6	50	64	3.00	[26]
70	1,8	16,9	9,3	63	84	1,36	[25]

Сушіння насіннєвого зерна на промислових зерносушарках проводились на прямоточній шахтній зерносушарці М–819, яка складається з двох прямоточних шахт, кожна з яких має дві колони і розділені між собою проміжною зоною сушіння. В кожній шахті вмонтовано датчики температури нагріву насіння. [24].

Сушіння відбувалось при температурі теплоносія 98°C від початкової вологості ріпаку 14% до кінцевої вологості 7% (табл.1.16).

Таблиця 1.16. Посівні якості насіння ріпаку висушених на М – 819 [24]

Місце відбору проб	Енергія росту, E, %			Схожість, C, %		
	дата визначення			дата визначення		
	22.08.	16.10.	12.11.	22.08.	16.10.	12.11.
Вихідне зерно	93,7	90,7	84,0	93,7	92,5	87,5
Шахта ліва, 1 колона	92,0	82,0	80,0	92,5	81,5	80,0
Шахта ліва, 2 колона	80,2	69,7	63,0	81,2	79,0	72,0
Шахта права, 1 колона	79,2	18,2	8,0	80,2	25,5	11,0
Шахта права, 2 колона	94,2	88	83,0	94,7	91,0	86,5
Загальний вихід сушарки	91,7	84,7	83,5	92,0	88,0	85,5

До насінневого зерна можна віднести ріпак висушений в шахті лівій 1 колонка і в шахті правій 2 колонка на 22.08., так як схожість насіння знаходиться в межах 92-

94%. Все інше насіння втрачає значно в схожості та енергії росту.

Для сушіння насінневого зерна інших зернових культур при початковій вологості 19% у сушарках шахтного типу використовують режими зазначені в табл. 1.17. Якщо вологість зерна перевищує 19%, то

застосовують ступінчаті режими сушіння, знижуючи температуру зерна на 5°C, а температуру теплоносія у першій зоні – на 10°C [2].

Таблиця 1.17. Режими сушіння насінневого зерна в шахтних сушарках [2]

Культура	Гранично допустима температура, °C	
	зерна	теплон осій
Пшениця, жито, ячмінь, овес, сояшник, гречка, просо	40	70
Горох, віка, сочевиця, квасоля, люпин, рис	35	60

Інтенсивність прогрівання насіння ріпаку залежить від його призначення та вологості насіння. Зі збільшенням вологості насіння ріпаку рекомендовано зменшувати температуру сушильного агенту та нагрівання насіння [27,28,29] Для ріпаку насінневого призначення температуру теплоносія зменшують на 15 – 20°C від ріпаку технічного призначення . Результати досліджень впливу температури та тривалості нагріву на насінневі якості зерна кукурудзи представлено на рис. 1.3 [30].

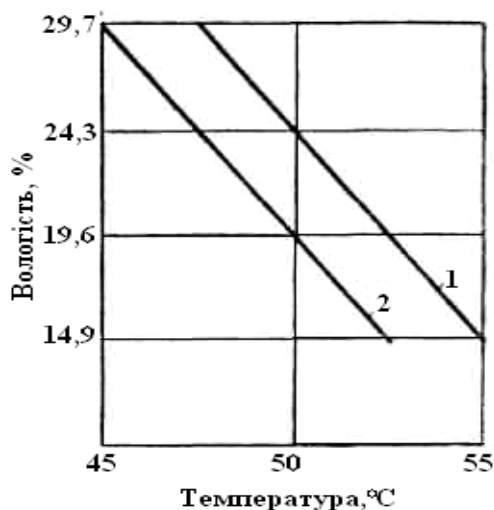


Рис. 1.3. Допустимий нагрів насіння кукурудзи, який не викликає зниження енергії росту та схожості за Ю.С. Ралль: 1 – 60 хв; 2 – 180 хв.

Зміна температури від вологості насіння має лінійний характер за Ю.С. Ралль. Так допустима температури нагріву кукурудзи складає 53 – 55 °С при вологості насіння 14,9%, а при збільшенні вологості майже в 2 рази - допустима температура нагріву насіння кукурудзи знижується до 45 °С .

Рекомендовано в залежності від вологості насіння ріпаку використовувати різні способи сушіння: паралельний спосіб до 15%; послідовний – до 18%; рециркуляційний – вище 18% [29]. Згідно цих рекомендацій Г.С. Зелінським, В.Ф. Сорочинським [31,32] була розроблена шахтна рециркуляційна зерносушарка РД – 2х25–70 з різними технологічними схемами обробки зерна.

Математична обробка проведених експериментальний досліджень

Методику математичного методу планування багатofакторного експерименту розглянуто в працях [84-87].

На основі проведених досліджень кінетики процесу сушіння насіння ріпаку на конвективному сушильному стенді в елементарному шарі та лабораторних досліджень з якості зерна прийняті наступні фактори: параметри теплоносія (температура і швидкість руху) та параметри матеріалу (початкова вологість ріпаку). Критеріями оцінки ефективності процесу сушіння обрано тривалість сушіння τ та схожість насіння ріпаку S .

Значення рівнів змінюваних факторів та інтервали їх варіювання обрано на основі аналізу літературних даних [84-87] з урахуванням виробничих умов сушіння зерна та проведених досліджень на конвективному сушильному стенді.

Так, проведення трьохфакторного експерименту на трьох рівнях вимагає проведення 27 дослідів. Тому потрібно встановити оптимальну необхідну кількість дослідів. Це завдання можна вирішити, використовуючи сучасні методи планування експерименту, зокрема математичний, основою якою є створення математичної моделі у вигляді рівняння регресії [87].

Для математичного опису процесу сушіння ріпаку в елементарному шарі проведено трьохфакторний експеримент за ортогональним композиційним планом другого порядку.

В ортогональному центральному плануванні критерієм оптимальності плану експерименту є ортогональність стовпців матриці планування. В силу ортогональності планування всі коефіцієнти рівняння регресії визначається незалежно один від одного. Ядро композиційного плану складає план повного

факторного експерименту ПФЕ 2^n .

Планування експерименту включало наступні етапи:

- складання таблиці кодування факторів та рівнів варіювання;
- складання плану – матриці;
- проведення експериментів згідно з планом – матрицею;
- складання рівняння регресії і визначення коефіцієнтів рівняння;
- перевірка адекватності отриманого рівняння регресії;
- аналіз математичної моделі у вигляді рівняння регресії.

Фактори і рівні варіювання, які впливають на процес сушіння насіння ріпаку вибрані на основі отриманих результатів досліджень на конвективному сушильному стенді та аналізу літературних джерел (табл. 2.3):

Таблиця 2.3. Фактори і рівні варіювання, які впливають на

процес сушіння насіння ріпаку [88].

Показники	Фактори		
	Теплоносій		Матеріал
	Температур а $t, ^\circ\text{C}$	Швидкість $V, \text{ м/с}$	Початкова вологість $W, \%$
Верхній (+1)	80	1,5	22
Середній (0)	65	1,05	17
Нижній (-1)	50	0,6	12
Інтервал варіювання	15	0,45	5
Кодове позначення	x_1	x_2	x_3

Таблиця 2.4. Матриця плану і результати експериментів з сушіння насіння ріпаку сорту Чорний Велетень [92]

№	Умови дослідів												$t, \text{ хв}$	$C, \%$
	x_1	x_2	x_3	$\frac{2}{x_1}$	$\frac{2}{x_2}$	$\frac{2}{x_3}$	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$\frac{1}{x}$	$\frac{2}{x}$	$\frac{3}{x}$		
1.	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0,27	0,27	0,27	30	93
2.	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	0,27	0,27	0,27	12	70
3.	-1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	0,27	0,27	0,27	24	91
4.	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	0,27	0,27	0,27	9	68
5.	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	0,27	0,27	0,27	54	91
6.	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	0,27	0,27	0,27	24	6
7.	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	0,27	0,27	0,27	48	90
8.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0,27	0,27	0,27	20	4
9.	-1,215	0	0	+1,472	0	0	0	0	0	0,75	-0,73	-0,73	44	93
10.	+1,215	0	0	+1,472	0	0	0	0	0	0,75	-0,73	-0,73	17	28
11.	0	-1,215	0	0	+1,472	0	0	0	0	-0,73	0,75	-0,73	32	79
12.	0	+1,215	0	0	+1,472	0	0	0	0	-0,73	0,75	-0,73	28	77
13.	0	0	-1,215	0	0	+1,472	0	0	0	-0,73	-0,73	0,75	17	79
14.	0	0	+1,215	0	0	+1,472	0	0	0	-0,73	-0,73	0,75	37	70
15.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	31	78

Після проведення дослідів проводимо перевірку відтвореності дослідів з використанням критерію Кохрена:

МАТ

$$k \quad m - 1 \quad l=1 \quad kl \quad l$$

де S_2 – вибіркова дисперсія вихідної величини у по k – ому рядку матриці планування, отриманих з „ m ” паралельних дослідів:

$$S_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_{ki} - \bar{y}_k)^2, \quad (2.12)$$

$$k = 1, 2, \dots, k; \quad m = 1, 2, \dots, m$$

перевіряється за допомогою t – критерію Стьюдента:

$$t_{ip} = \frac{|\bar{a}_i - a_i|}{S_{ai}}, \quad (2.13)$$

Параметр значно відрізняється від нуля, якщо:

$$t_{ip} > t_{кр}, \quad (2.14)$$

Якщо виконується умова:

$$F_p < F_{кр}, \quad (2.17)$$

то математична модель признається адекватною, тобто розсіяння експериментальних значень відклику відносно значень рівняння регресії такого ж порядку, що і розсіювання, викликаного похибками досліду.

Критичне значення статистики знаходиться по відповідним таблицям для

заданого рівня значимості α та степенем вільності $\nu_1 = N - r$ та

$$\nu_2 = N - 1 = (m - 1).$$

Згідно представленої математичної моделі та матриці плану і результатів

експерименту (табл. 2.5), отримаємо рівняння квадратичної регресії в кодових змінних для *тривалості процесу сушіння* в елементарному шарі:

Таблиця 2.5. Визначення значимості коефіцієнтів регресії

a_i, a_{ii}, a_{ij}	$S_{ai}, S_{a_{ii}}, S_{a_{ij}}$	t_{ip}
$a_0 = 31,11$	0,68	45,75
$a_1 = -11,212$	0,13	86,24
$a_2 = -2,087$	0,13	16,05
$a_3 = 8,61$	0,13	66,23
$a_{11} = -0,328$	0,21	1,56
$a_{22} = -0,669$	0,21	3,18
$a_{33} = -2,709$	0,21	12,9
$a_{12} = 0,5$	0,15	3,33
$a_{13} = -3$	0,15	20
$a_{23} = 0$	0	0

В отриманому рівнянні 3.1 оцінки коефіцієнтів

$$a_{11} = -0,328 \text{ та } a_{23} = 0$$

виявились не значимими. Коефіцієнти

$$a_{11}, a_{23}$$

виключаємо з рівняння регресії.

$$\hat{y} = 31,11 - 11,212x$$

$$- 2,087x$$

$$+ 8,61x$$

$$- 0,669x^2 - 2,709x^2 + 0,5x x$$

$$- 3x x$$

$$(2.19)$$

Приведене рівняння регресії показує, що всі факторами зазначені в рівнянні регресії, є визначальними. Найбільше на тривалість сушіння ріпаку впливає температура теплоносія та початкова вологість насіння.

Перевіримо правильність отриманого рівняння регресії. Для цього задамо значення факторів

x_i , які відповідають першому рядку дослід (табл.2.5) Тоді:

$$y = 31,11 - 11,212(-1) - 2,087(-1) + 8,61(-1) - 0,669(+1) - 2,709(+1) + 0,5(+1) - 3(+1) = 29,926.$$

Оцінку дисперсії неадекватності знаходимо за формулою (2.16):

За отриманим рівнянням регресії тривалості сушіння насіння ріпаку в елементарному шарі знайдено поверхні відгуку від дії трьох факторів і побудовано в графічній програмі Mathcad. За поверхнями відгуку, описаними за ортогональним композиційним планом другого порядку, можна знайти проміжні значення тривалості сушіння в залежності від зазначених факторів (рис. 2.22) [88]:

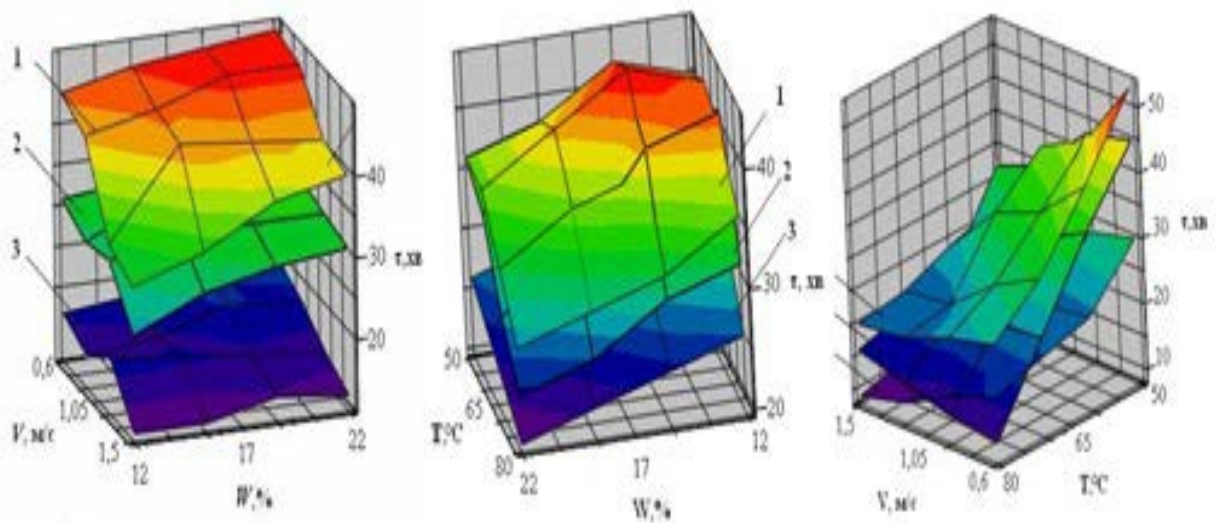


Рис. 2.22. Поверхні відгуку тривалості сушіння насіння ріпаку в елементарному шарі від дії наступних факторів:

- а) температури: 1 – 50°C; 2 – 65°C; 3 – 80°C;
- б) швидкості: 1 – 0,6 м/с; 2 – 1,05 м/с; 3 – 1,5 м/с.
- в) початкової вологості: 1 – 12%; 2 – 17%; 3 – 22%.

Поверхні тривалості сушіння насіння ріпаку від дії трьох факторів показують, що в області низької вологості, високих температур і швидкості теплоносія збільшується інтенсивність процесу. Так, при температурі теплоносія 80°C, швидкості 1,5 м/с і початковій вологості насіння 12% тривалість процесу сушіння мінімальна і складає 7 хв.

Результати трьохфакторного експерименту за ортогональним композиційним планом другого порядку, дозволили отримати рівняння квадратичної регресії в кодових змінних для схожості процесу сушіння:

Значення коефіцієнтів

t_{ip} розраховуємо за критерієм Стюдента за формулою (2.13) і зводимо в табл. 2.6:

Таблиця 2.6. Визначення значимості коефіцієнтів регресії

a_i, a_{ii}, a_{ij}	$S_{ai}, S_{a_{ii}}, S_{a_{ij}}$	t_{ip}
$a_0 = 78$	0,41	190,2
$a_1 = 27$	0,19	142,2
$a_2 = -0,86$	0,19	4,53
$a_3 = -16,14$	0,19	84,94
$a_{11} = -11,73$	0,3	39,1
$a_{22} = 0,17$	0,3	0,57
$a_{33} = -2,21$	0,3	7,36
$a_{12} = -0,125$	0,22	0,57
$a_{13} = -15,625$	0,22	71,05
$a_{23} = 0,125$	0,22	0,57

В отриманому рівнянні оцінки коефіцієнтів $a_{12} = -0,125$, $a_{22} = 0,17$, та $a_{23} = 0,125$ виявились не значимими. Коефіцієнти a_{12} , a_{22} , a_{23} виключаємо з рівняння регресії.

Тоді рівняння регресії приймає вигляд

$$\hat{y} = 78 - 27x - 0,86x - 16,14x - 11,73x^2 - 2,21x^2 - 15,625x x \quad (2.22)$$

Перевіримо правильність отриманого рівняння регресії. Для цього задамо значення факторів x_i , які відповідають першому рядку дослідів. Тоді:

$$\hat{y} = 78 - 27(-1) - 0,86(-1) - 16,14(-1) - 11,73(+1) - 2,21(+1) - 15,625(+1) = 92,45.$$

За отриманим рівнянням регресії схожості насіння ріпаку після сушіння в елементарному шарі знайдено поверхні відгуку від дії трьох факторів.

Аналіз поверхонь схожості (рис. 2.23) показує, що в інтервалі температур

від 50 до 65°C визначальним фактором є температура теплоносія, так як поверхні відгуку мають лінійний характер. Представлені поверхні тривалості сушіння від впливу температури теплоносія показують, що при температурі 80°C – інтенсивність найвища, але схожість мінімальна. Зменшення температури теплоносія до 65°C суттєво підвищує схожість, але не відповідає нормативній схожості для насіння ріпаку. Висока схожість насіння ріпаку можлива лише при зниженні температури до 50°C [74,88]

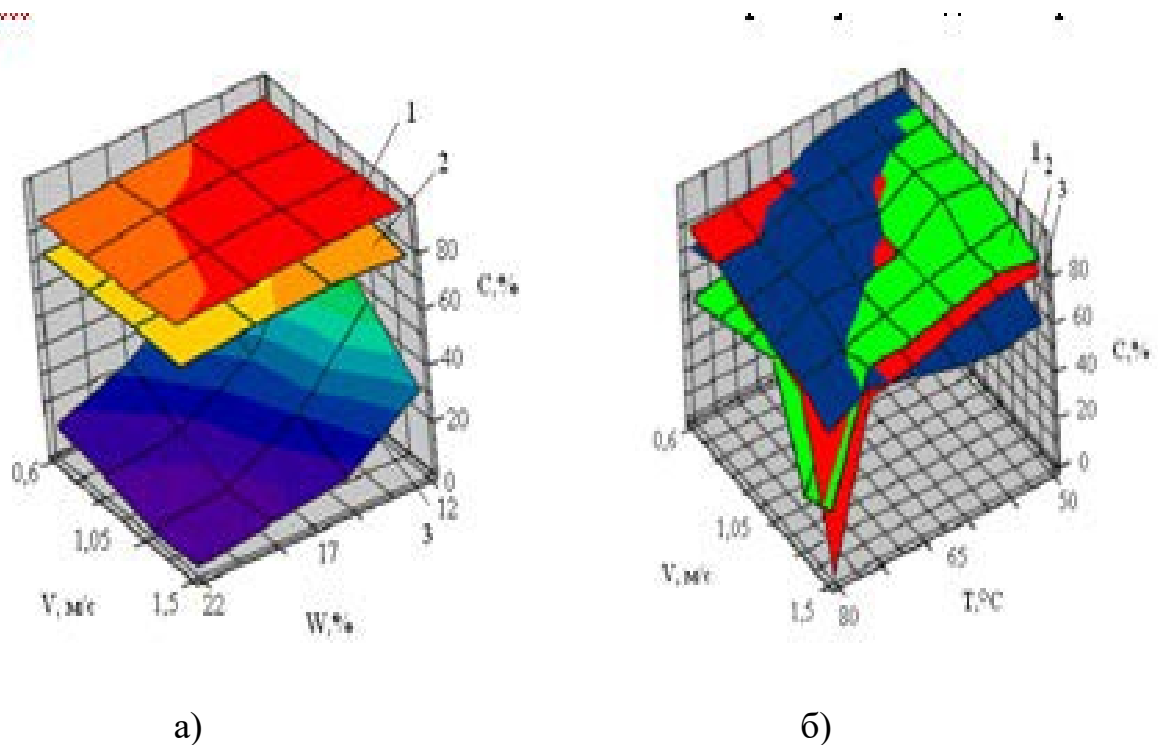


Рис. 2.23. Поверхні відгуку схожості насіння ріпаку після сушіння в елементарному шарі від дії наступних факторів:

- а) температури: 1 – 50°C, 2 – 65°C, 3 – 80°C;
 б) початкової вологості: 1 – 12%, 2 – 17%, 3 – 22%.

Проведені дослідження кінетики сушіння насіння ріпаку в елементарному шарі, дозволили розробити режими сушіння, при яких схожість становить 97 – 100 %.

Отримані регресійні рівняння та побудовані поверхні відгуку критеріїв оптимізації від впливу температури, швидкості теплоносія та початкової вологості насіння на тривалість сушіння та схожість ріпаку. Встановлено, що вплив на тривалість сушіння та схожість насіння мають всі фактори, але найбільший вплив спостерігається від температури теплоносія.

Кінетика теплообміну при сушінні насіннєвого зерна

В процесі сушіння насіння ріпаку відбувається взаємозв'язок процесу тепломасообміну між матеріалом і теплоносієм. Зовнішні процеси характеризуються зовнішнім масообміном – випаровуванням вологи і зовнішнім теплообміном між підігрітим повітрям та поверхнею матеріалу.

При випаровуванні вологи з поверхні насіння руйнується рівновага між її поверхнею та внутрішніми шарами, центральні шари більш насичені вологою і мають меншу температуру, чим поверхня, що приводить до внутрішнього тепломасообміну.

Визначення залежностей

$b = f(W)$ та $Rb =$
 $f(W)$ є необхідним для

розрахунку основних характеристик кінетики теплообміну при сушінні (температури матеріалу та інтенсивність теплообміну).

Як відомо, явище тепло – та вологоперенесення в середині матеріалу в процесі сушіння взаємопов'язані та взаємообумовлені. Взагалі зв'язок між цими явищами виражають у вигляді залежностей між температурою і вологовмістом або у вигляді співвідношення між витратою теплоти на підігрівання матеріалу і витратою теплоти на випаровування вологи з нього за нескінченно малий проміжок часу в процесі сушіння (число Ребіндера). Цей комплекс за фізичним змістом є визначальним.

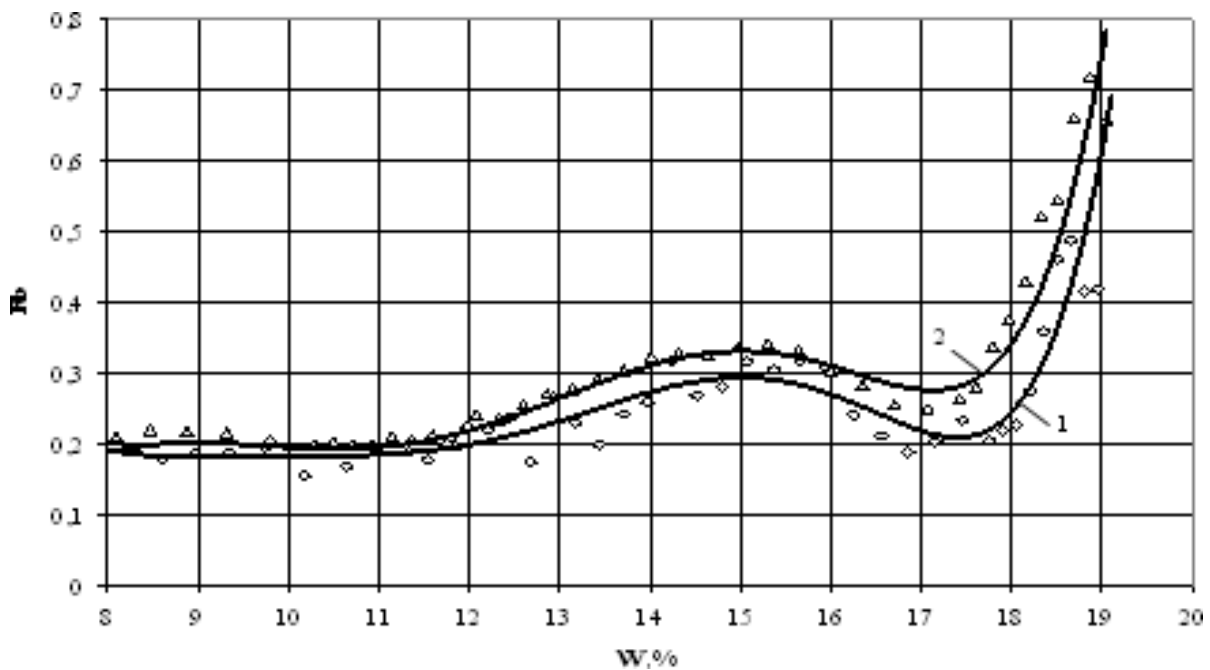


Рис. 4.7. Вплив числа Ребіндера в залежності від вологості насіння

1 – $t = 40^{\circ}\text{C}$, $V = 1,2 \text{ м/с}$, $\delta = 40 \text{ мм}$; 2 – $t = 50^{\circ}\text{C}$, $V = 1,2 \text{ м/с}$, $\delta = 40 \text{ мм}$;

На рис. 4.7 зображені залежність числа Ребіндера від вологості W при сушінні насінневого ріпаку при різних температурах теплоносія. Описуючи процес сушіння за критерієм Ребіндера, спостерігаємо прогрівання та випаровуванням вологи на поверхні матеріалу з наступним прогріванням та проникненням тепла у внутрішні шари зерна. Зі збільшенням температури сушіння насінневого матеріалу число Ребіндера збільшується, тобто підвищується інтенсивність процесу.

Характер зміни величини Rb від вологості матеріалу W аналогічний зміні температурного коефіцієнта сушіння b . З зміною вологості матеріалу величина Rb зменшується, тобто теплота сушильної установки більше витрачається на випаровування вологи з матеріалу, чим на його нагрівання.

Отримані дослідні залежності $Rb = f(W)$ разом з рівнянням (4.24)

дозволили визначити густину теплового потоку $q(W)$, підведеного до матеріалу в

процесі конвективного сушіння. На рис. 4.8 приведені залежності зміни густини теплового потоку від вологості насіння ріпаку при різних режимах сушіння. Так, зі збільшенням температури теплоносія величина теплового потоку теплоти, підведеного до матеріалу, збільшується. Характер кривих на всіх режимах аналогічний і говорить про те, що зі зменшенням вологості матеріалу густина теплового потоку теплоти безперервно зменшується.

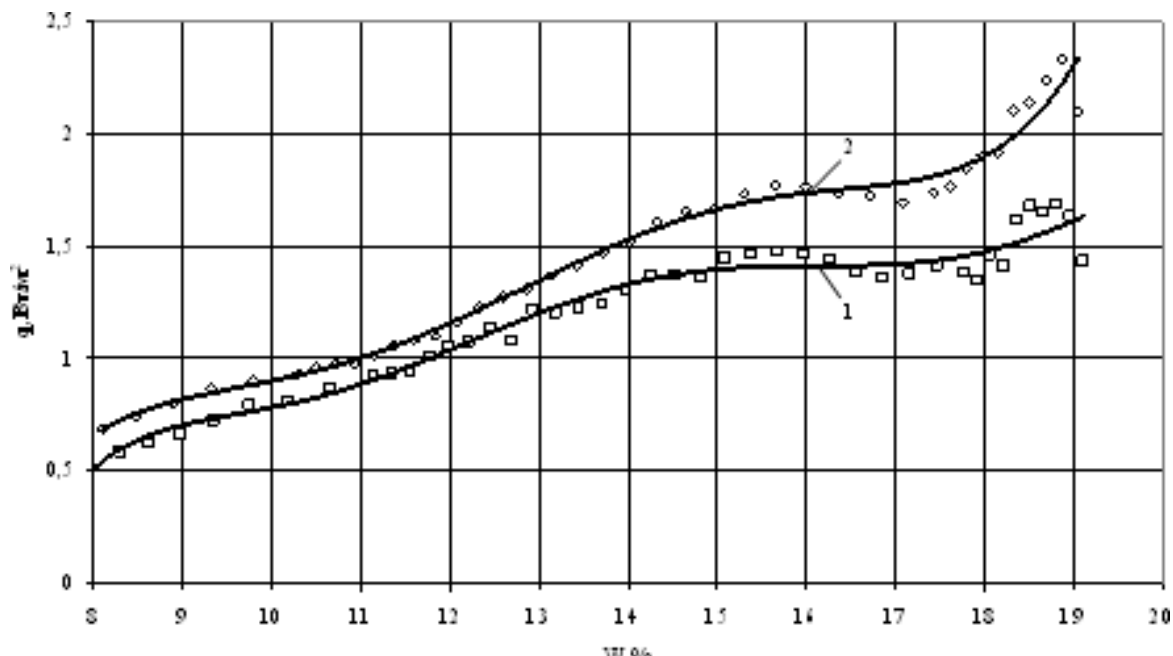


Рис. 4.8. Зміна густини теплового потоку від вологості насіння ріпаку
 1 – $t = 40^{\circ}\text{C}$, $V = 1,2 \text{ м/с}$, $\delta = 40 \text{ мм}$; 2 – $t = 50^{\circ}\text{C}$, $V = 1,2 \text{ м/с}$; $\delta = 40 \text{ мм}$.

Досліджена кінетика сушіння насіння ріпаку розрахована за методом Красникова В.В., дозволила визначити дві критичні точки в другому періоді сушіння, побудувати узагальнені криві кінетики та швидкості сушіння. Розраховані коефіцієнти сушіння в залежності від режиму сушіння в теплонасосній зерносушарці.

4.Сутність модернізації . Будова та принцип роботи обладнання.

4.1 Сутність модернізації.

В представленій магістерській роботі на тему: «Удосконалення конструкції зерносушильного комплексу рециркуляційного типу з метою економії енергоносіїв» розглянуто питання по зменшенню витрати палива при сушінні зерна. Суть модернізації полягає в побудові трубопроводу , що подає гаряче повітря на повторне використання. Гаряче повітря надходить в економайзер, який працює наступним чином: в трубки економайзера заходить гаряче повітря, що надійшло з трубопроводу, а в міжтрубному просторі розташовується повітря з навколишнього середовища . За рахунок конденсації холодне повітря нагрівається, а гаряче у вигляді водяних крапельок виходить на вулицю. Після цього підігріте повітря йде в топку, де підігрівається до певної температури, але температура повітря після економайзера є вищою ніж температура повітря з навколишнього середовища. За рахунок цього знизяться витрати палива на підігрів повітря.

Зерносушильний комплекс призначений для сушіння насіння пшениці, соняшника, кукурудзи і інших зернових культур, забезпечує високе знімання вологи і очистку опрацьованого агента сушіння і повітря від легких домішок.

Продуктивність зерносушильного комплексу при зниженні вологи пшениці з 20 % до 14% з об'ємною масою 750...760 кг/м³ при температурі навколишнього середовища +20 °С, при атмосферному тиску 99,1 кПа, складає не менше - 50 т/год.

Відповідальна особа	Технічне завдання	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Сутність модернізації Будова та принцип	18-0232.KP.07.004 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

4.2.Будова та принцип роботи обладнання.

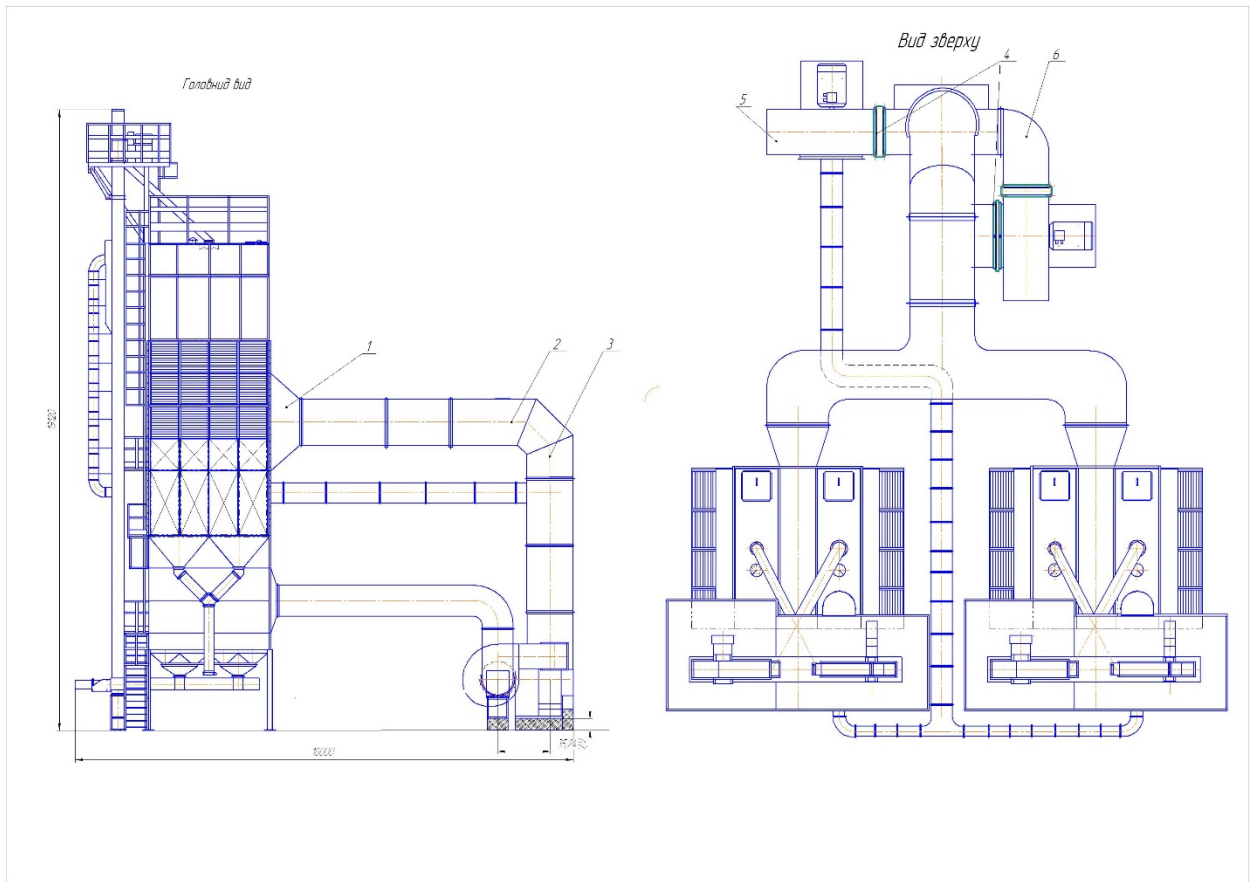


Рисунок 4.1.Зерносушарка У13-СШ-25

Потужність зерносушильного комплексу – 140 кВт.

Витрати газу при температурі навколишнього середовища + 5 °С , не більше 300 м³/год.

Витрати агента сушіння , не більше – 70 000 м³/год.

Габаритні розміри ,мм

довжина – 9500

ширина – 12000

висота – 19120.

Вага – 60 000 кг.

Продуктивність зерносушарки при сушінні зерна, кукурудзи і соняшника приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Зернова культура	Вологість до сушіння, %	Вологість після сушіння, %	Продуктивність, т/год не менше
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
зерно	20	14	50
	25	14	32
	30	14	24
кукурудза	20	14	32
	25	14	20
	30	14	16
соняшник	12	7	24
	15	7	22
	20	7	16

4.3. Принцип роботи зерносушильного комплексу

У нашому проекті ми встановлюємо дві зерносушарки У13-СШ-25 рециркуляційного типу. Агентом сушіння є суміш топкових газів з атмосферним повітрям. Сушильні секції працюють за принципом нагнітання агента сушки, охолоджувальні – на всмоктування повітря.

Вологе зерно з оперативного бункера, і сухе з шахти №2 поступає в завантажувальну норію 3, яка направляє його в над сушильний бункер 4 шахти №1 і безпосередньо в шахту №1. Через шнек зерно подається на рециркуляційну норію 5, яка завантажує його в надсушильний бункер 6 шахти №2. В другій шахті зерно, пройшовши сушильну зону, потрапляє в секцію охолодження 7. Далі, через випускний механізм 8, розвантажується гвинтовим конвеєром 9, тепло генератора 10, вентилятора 11. Режим роботи випускного механізму другої шахти корегується в залежності від вологості зерна на виході з сушарки.

Шахти зерносушарки є її невід'ємними частинами і складаються з металевих секцій. Внутрішні розміри кожної секції такі: довжина – 3600 мм; ширина – 946 мм; висота – 1000 мм. В бічних стінках секції є гнізда для коробів. Одні з них служать для підводу агента сушки до зернової маси і називаються підвідними, а інші, служать для відводу агента сушки, - відвідні. Короба виготовляються з листової сталі товщиною 2 мм.

Процес сушіння. Перший вентилятор нагнітає повітря з атмосфери, другий всмоктує з зони охолодження, і нагнітає його в теплогенератор, де він змішується з топковими- газами і під тиском повітря потрапляє в сушильні секції.

Охолоджувальні секції призначені для охолодження зерна і часткового зменшення вологи і складаються з чотирьох секцій. Конструкція і габаритні розміри охолоджувальної секції аналогічні сушильним секціям і відрізняються тільки розташуванням коробів.

Шахти устанавлюються на стійки , які спираються на фундамент . Для відбору рециркуляційного зерна з другої зони сушіння, на гвинтовому конвеєрі передбачена шиберна заслінка, величина відкриття якої лімітує кількість зерна, що подається на рециркуляцію.

Для ремонтно – монтажних робіт передбачені оглядові секції, люки в каркасі над сушильного бункера, сервісні пройми в боках осадочних камер. З тією ж метою встановлена вертикальна металева дробина з площадками і огороженням.

Теплогенератор працює на газовому паливі. Він обладнаний блочною горілкою , камерою згорання змішувального типу і блока керуванням горілкою.

Схемою автоматики безпеки передбачено відключення подачі палива на топку в наступних випадках:

- погашення контролює мого палива;

- зменшення значення тиску повітря на горіння і розрядження (тиску) сушильного агента нижче встановленого;
- зміна тиску газу на вході в топку нижче і вище встановлених меж;
- аварія двигуна вентилятора;
- виникнення несправностей термодатчиків;
- зникнення напруги в колі електроживлення;
- відхилення від норми контролюємих параметрів сушильного агента.

Подача агента сушіння здійснюється радіальними вентиляторами.

Один з цих вентиляторів провводить всмоктування повітря охолоджувальної зони, який потім зміщується з топочними газами і подається в напірно – розподільчу камеру сушильних зон. Вентилятор змонтований на фундаменті поряд з тепло генератором.

Випускний пристрій періодичної дії має 14 випускних отворів розміром 71×950 мм. він складається з двох рам, розташованих одна над одною, з регулюючим зазором 3...5 мм між ними. Верхня рама нерухома, а нижня може рухатися по горизонталі вперед і назад.

В нижній підвісній рамі розташовані шибери, призначені для перекриття отворів верхньої рами. Випуск зерна відбувається в положенні механізму, при якому щілини між шиберами в рухомій рамі співпадають з щілинами між коробами верхньої рами.

Перехід механізму у відкрите положення здійснюється електроприводом, який вмикається періодично через контакти реле часу, і закриваються за допомогою вантажу, підвішеного через блок до рухомої рами з протилежної приводу стороні.

Конструкція випускного механізму передбачає рівномірний відбір зерен з шахти по всьому її перерізу.

Продуктивність механізму випуску зерна регулюється за допомогою реле часу, установкою частоти відкривання.

Персонал обслуговуючий зерносушарку , повинен знати устрій обладнання і призначення окремих вузлів, правила управління зерносушаркою , технологічний процес сушіння і виконувати правила експлуатації.

Зерносушарка обслуговується однією особою (змінним майстром), який повинен вести щоденник роботи зерносушарки за зміну.

5. Підбір конструкційних матеріалів

Специфічні умови харчових виробництв : корозійно активні харчові середовища , підвищена температура, висока швидкість протікання робочих середовищ, значні перепади тиску і т.д. визначають особливі вимоги до вибору матеріалів при конструюванні технологічного обладнання.

При виборі того чи іншого конструкційного матеріалу контактуючого з харчовими середовищами, необхідно враховувати:

- токсичність матеріалу, а також дозвіл органів охорони здоров'я на його застосування при безпосередньому контакті з конкретним технологічним середовищем харчового виробництва;
- корозійну стійкість при тривалій дії на матеріал харчових середовищ, підвищених температур;
- механічну міцність при виконанні необхідних робочих циклів виготовлення та експлуатації деталей вузлів та механізмів машини;
- економічну доцільність.

Вихід деталей з ладу внаслідок зношення може призвести до простою устаткування, що порушує ритм виробництва. В даному випадку питання надійності устаткування набуває особливого значення, тому що від роботи сушарки залежить робота цілої технологічної лінії.

При виготовленні зерносушарок використовують такі матеріали:

Каркас сушарки та підігрівачі колони , накопичувальні бункера , рухомі та нерухомі рами механізму вивантаження , короби та полки, розсікачі , заслонки виготовляються з листової сталі (Ст. 3)

Відповідальна	Технічне	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Підбір		18-0232.KP.07.005 ПЗ			
	Документ затверджено						

Вали ,тяги, кліпси ексцентрики виготовляються з сталі 45.

катки – Ст.3

Втулки виготовляються з бронзи

Лопаті ротора живильника виготовляються з гуми.

Переліки матеріалів, використаних в сушарці та дозволені органами
Державного нагляду

Найменування матеріалів, марка	ГОСТ	Номер та дата дозволу Мінохорони здоров'я
Сталь 45 НВ 200...270	ГОСТ 1050-88	18.07.1963р.08с/Б7-128
Ст..3	ГОСТ 380-80	22.09.1971р. 126-11/660-3
Бр05Ц5С5 НВ 60	ГОСТ 613-79	
Гумова пластина ІФ-І-ТМКШ-С- 3	ГОСТ 733890	

Сушарка У13-СШ-25 виготовляється з вуглецевих сталей. Для зварювання таких сталей підходять електроди типу 342А за ГОСТ 9467-75.марка УОНИИ-13/45, діаметром 3.0 мм, для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей, з товстим покриттям , з установленою за ГОСТ 9467-75 групою індексів характеристик наплавленого металу і металу шва 43 2/5, з основним покриттям , для зварювання в усіх просторових площинах на постійному струмі зворотної полярності.

6. Розрахункова частина

Розрахунок зерносушарки проводиться на підставі технічного завдання, у якому зазначений тип сушарки, число зон сушіння і продуктивність сушарки. Завдання на розрахунок рециркуляційної сушарки включає визначення: початкової та кінцевої вологості зерна; початкової та гранично допустимої його температури; параметри зовнішнього повітря і відпрацьованого агента сушіння; температуру агента сушіння на вході в сушарку.

6.1.Визначення параметрів агента сушіння при надходженні в сушарку.

Щоб скласти тепловий баланс топки, треба знати склад робочої маси палива, до якого входять такі компоненти : вуглець C^p , водень H^p , кисень O^p , азот N^p , сірка S^p , зола A^p , вода W^p . Два останні компоненти є балансом палива.

Окремі компоненти палива вказують у відсотках загальної маси, приймаючи за 100% увесь робочий склад палива:

$$C^p + H^p + O^p + W^p + S^p + A^p + N^p = 100\% \quad (6.1)$$

Сушильним агентом є суміш топкових газів з повітрям

Для розрахунку приймаємо роботу топки на дизельному пальному:

$$C^p = 86,3\%; \quad H^p = 13,3\%; \quad S^p = 0,5\%; \quad W^p = 0,5\%; \quad O^p = 0,3\%;$$

Питому теплоту згорання ппалтва визначають за формулою:

$$Q_{в}^p = [81C^p + 300 H^p - 26(O^p - S^p)]4,19 = [81 \times 86,3 + 300 \times 13,3 - 26(0,3 - 0,5)]4,19 = 45870 \text{ кДж/кг.} - \text{питома теплота згорання вища;}$$

Теоретично необхідна кількість повітря для спалювання 1кг.палива визначають за рівнянням :

Відповідальна	Технічне	Вид документа	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	18-0232.KP.07.006ПЗ			
	Документ затверджено	Розрахункова	Інд.	Дата	Мова	Арку

$$q = \frac{2,67\tilde{N}^{\delta} + 8I^{\delta} + S^p - O^p}{23} = \frac{2,67 \times 86,3 + 8 \times 13,3 + 0,5 - 0/3}{23} = 14,65 \text{ кДж/кг} \quad (6.2)$$

Загальний коефіцієнт надлишку повітря визначають по рівнянню , у якому приймають :

η_T - ККД топки, рівний 0,9 °С

C_T - теплоємність палива, рівна 2,1 кДж/кг×град;

t_T -температура палива, рівна 5 °С;

$C_{a.c.}$ - теплоємність агента сушіння, рівна 1 кДж/кг×град;

$t_{a.c}$ –температура агента сушіння:

перед підігрівачем – $t = 160$ °С;

перед першою зоною сушіння – $t_1' = 110$ °С;

перед другою зоною сушіння – $t_1'' = 140$ °С;

i_n - ентальпія водяних парів в агенті сушіння кДж/кг;

$$i_n = 2500 + 1,84 t$$

при вході в першу зону: $i_n = 2500 + 1,84 \times 110 = 2700$ кДж/кг;

при вході в другу зону: $i_n = 2500 + 1,84 \times 140 = 2750$ кДж/кг;

вологівміст d_0 і ентальпію I_0 зовнішнього повітря при температурі 20 °С і

$\varphi = 75\%$ визначають по таблиці для вологого повітря, беручи середнє значення для $\varphi = 70\%$ і $\varphi = 80\%$:

$$d_0 = \frac{3,85 + 4,40}{2} = 4,13 \text{ кг/кг};$$

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

$$\alpha = \frac{Q_B^p \eta_T + C_T t_T - \left(\frac{9H^p + W^p}{100} \right) i_n - \left(1 - \frac{9H^p + W^p + A^p}{100} \right)}{L_{C.B.} \left(\frac{d_0 i_n}{1000} - I_0 + C_{a.c.} t_{a.c.} \right)}; \quad (6.3)$$

для підігрівача:

$$\alpha_{\text{під}} = \frac{45870 \cdot 0,9 + 2,1 \cdot 5 - \left(\frac{9 \cdot 13 + 0,5}{100} \right) \cdot 2800 - \left(1 - \frac{9 \cdot 13 + 0,5 + 0}{100} \right) \cdot 1 \cdot 160}{14,5 \cdot \left(\frac{4,13 \cdot 2800}{1000} - 15,34 + 160 \right)} = 16;$$

для першої зони:

$$\acute{\alpha} = \frac{45870 \cdot 0,9 + 2,1 \cdot 5 - \left(\frac{9 \cdot 13 + 0,5}{100} \right) \cdot 2700 - \left(1 - \frac{9 \cdot 13 + 0,5 + 0}{100} \right) \cdot 1 \cdot 110}{14,5 \cdot \left(\frac{4,13 \cdot 2700}{1000} - 15,34 + 110 \right)} = 23;$$

для другої зони:

$$\acute{\alpha} = \frac{45870 \cdot 0,9 + 2,1 \cdot 5 - \left(\frac{9 \cdot 13 + 0,5}{100} \right) \cdot 2750 - \left(1 - \frac{9 \cdot 13 + 0,5 + 0}{100} \right) \cdot 1 \cdot 140}{14,5 \cdot \left(\frac{4,13 \cdot 2750}{1000} - 15,34 + 140 \right)} = 19,35;$$

Вологовміст агента сушіння при надходженні його в сушарку визначають по формулі:

$$d_1 = \frac{10(9 \cdot \dot{I}^D + W^D) + \acute{\alpha} \cdot L_{C.B.} \cdot d_0}{a \cdot L_{C.B.} + \left(1 - \frac{9H^P + W^P + A^P}{100} \right)}; \quad (6.4)$$

для підігрівача:

$$d_{\text{під}} = \frac{10(9 \cdot 13 + 0,5) + 16 \cdot 14,5 \cdot 4,13}{16 \cdot 14,5 + \left(1 - \frac{9,13 + 0,5}{100} \right)} = 9,2\tilde{\alpha} / \acute{\epsilon}\tilde{\alpha};$$

для першої зони:

$$d_1 = \frac{10(9 \cdot 13 + 0,5) + 23 \cdot 14,5 \cdot 4,13}{23 \cdot 14,5 + \left(1 - \frac{9,13 + 0,5}{100} \right)} = 7,6\tilde{\alpha} / \acute{\epsilon}\tilde{\alpha};$$

для другої зони:

$$d_1 = \frac{10(9 \cdot 13 + 0,5) + 19,35 \cdot 14,5 \cdot 4,13}{19,35 \cdot 14,5 + \left(1 - \frac{9,13 + 0,5}{100} \right)} = 8,8\tilde{\alpha} / \acute{\epsilon}\tilde{\alpha};$$

Ентальпію агента сушіння при надходженні в сушарку визначають по I-d діаграмі при заданих температурах $t=160\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_1'=110\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_1''=140\text{ }^{\circ}\text{C}$; і обчислених значеннях вологовмісту.

$d_1=7,6\text{ г/кг}$; $d_1=8,5\text{ г/кг}$; $d_{\text{під}}=9,2\text{ г/кг}$.

для першої зони: $I_1=130\text{ кДж/кг}$;

для другої зони : $I_1=164,5\text{ кДж/кг}$;

для підігрівача : $I_{\text{під}}=174\text{ кДж/кг}$.

6.2. Розрахунок процесу охолодження зерна.

Зовнішнє повітря , що надходить в охолоджувальну камеру, при зіткненні з нагрітим зерном підвищує свою температуру, внаслідок чого збільшується його вологовміст, при цьому в охолоджувальній камері також відбувається часткове випаровування вологи з зерна.

При розрахунках зерносушарок кількість вологи, випарюваної з зерна в охолоджувальній камері приймають у межах від 0,5 до 1 %.

Для випарюваної вологи затрачається тепло, що віднімається від зерна, тому чим більше вологи випаровується в охолоджувальній камері , тим більше зерно проохолоджується. Ступінь охолодження зерна залежить також від температури зовнішнього повітря.

Для розрахунку приймають, що температура зерна при виході з охолоджувальної камери повинна бути не більша ніж на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ вища температури зовнішнього повітря.

Визначаємо кількість вологи, що випаровувалась в охолоджувальній камері:

$$W^x = G_2'' \frac{\omega_2 - \omega_3}{100 - \omega_3} = 47274 \cdot \frac{15 - 14.5}{100 - 14.5} = 549\text{ кг/год.} \quad (6.5)$$

Вага зерна з охолоджувальної камери:

$$G_3 = G_2'' - W^x = 47274 - 549 = 46725\text{ т/год.} \quad (6.6)$$

Визначаємо різницю між кількістю тепла, що надійшло в охолоджувальну камеру і витраченим.

1. Кількість тепла внесена в охолоджувальну камеру нагрітим зерном із сушильної камери:

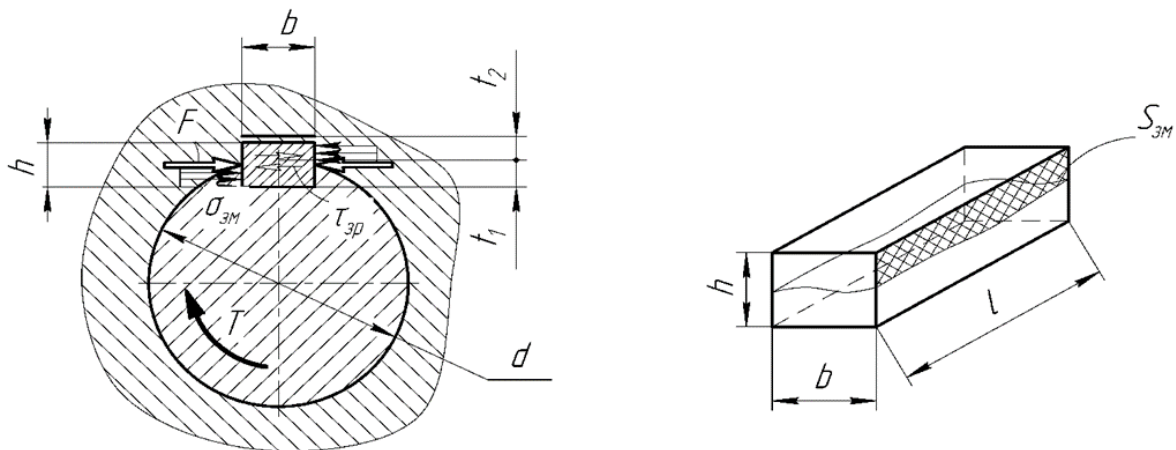
$$q_{i\delta}^{\delta} = \frac{46725,4}{549} \cdot 1,92(50 - 15) = 572 \text{ кДж/кг вип. вологи} \quad (6.7)$$

2. Втрата тепла в навколишнє середовище через поверхню стінок охолоджувальної камери невеликі, тому їх можна не враховувати, тим більш, що ці втрати сприяють охолодженню зерна.

Різниця між кількістю тепла що увійшло і тим, що втрачене:

$$\Delta_{i\delta e} = q_{i\delta}^{\delta} + (q_2'' - q_{i.\delta\delta.}^{\delta}) = 5720 + (50 - 0) = 5720 \text{ кДж/кг. вип. вологи}$$

6.3 .Розрахунок шпонкового з'єднання.



Найбільш небезпечною деформацією для шпонок і пазів є зминання від крутного моменту T , Н·мм:

$$\sigma_{zm} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p (h - t_1)} \approx \frac{4 \cdot T}{d \cdot l_p h} \leq [\sigma_{zm}], \quad (6.8)$$

де l_p - робоча довжина шпонки, рівна прямолінійній робочій частині бокової грані.

Для шпонок у виконанні А по СТ СЭВ 189-75(виконання 1 по ГОСТ 10748-79):

$$l_p = l - b, \text{ мм}$$

Для шпонок зі сталі 45 приймають при неперервному використанні, при середньому режимі роботи $[\sigma_{зм}] = 130 \dots 180 \text{ МПа}$. Приймаємо $[\sigma_{зм}] = 150 \text{ МПа}$.

На валу встановлено шпонка, яку перевіряємо на напруження змінання:

1. Шпонка $12 \times 14 \times 130$ ГОСТ 10748-79, діаметр вала $d = 50,0$ мм

$$\sigma_{\sigma_i} = \frac{2 \cdot \dot{O}}{d \cdot l_p (h - t_1)} = \frac{2 \cdot 720 \cdot 10^3}{50 \cdot 136 \cdot (12 - 4,9)} = 29,82 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 150 \text{ МПа}, \quad (6.9)$$

T – крутний момент на тихохідному валу, $T = 720 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Отже, встановлена шпонка витримує навантаження.

6.3.1. Розрахунок шпонкового з'єднання.

Найбільш небезпечною деформацією для шпонок і пазів є змінання від крутного моменту T , $\text{Н} \cdot \text{мм}$:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p (h - t_1)} \approx \frac{4 \cdot T}{d \cdot l_p h} \leq [\sigma_{зм}], \quad (6.10)$$

де l_p - робоча довжина шпонки, рівна прямолінійній робочій частині бокової грані.

Для шпонок у виконанні А по СТ СЭВ 189-75 (виконання 1 по ГОСТ 10748-79):

$$l_p = l - b, \text{ мм}$$

Для шпонок зі сталі 45 приймають при неперервному використанні, при середньому режимі роботи $[\sigma_{зм}] = 130 \dots 180 \text{ МПа}$. Приймаємо $[\sigma_{зм}] = 150 \text{ МПа}$.

На валу встановлено шпонка, яку перевіряємо на напруження змінання:

2. Шпонка $18 \times 16 \times 580$ ГОСТ 10748-79, діаметр вала $d = 60,0$ мм

$$\sigma_{\sigma_i} = \frac{2 \cdot \dot{O}}{d \cdot l_p (h - t_1)} = \frac{2 \cdot 760 \cdot 10^3}{60 \cdot 580 \cdot (18 - 6,4)} = 3,76 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 150 \text{ МПа}, \quad (6.11)$$

T – крутний момент вала, $T = 760 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

6.4. Розрахунок ковшового елеватора «Норія»

Для транспортування зерна вибираємо ланцюговий елеватор:
швидкістю ланцюга $V=1,5$ м/с.

заповнення ковшів $\psi=0.8$

щільність (об'ємна вага) $\gamma_B=7$ кг/м³

кут природнього ухилу $\varphi_0=0,5$

коефіцієнт тертя продукту о метал $\mu=0.38$.

Діаметр приводного барабану визначаємо:

$$D=125 \times 6=750 \text{ мм}; r=375 \text{ мм.}$$

Число обертів барабана :

$$n_6 = \frac{60v}{\pi D} = \frac{60 \times 1.5}{3.14 \times 0.75} = 38.2 \text{ об/хв} \quad (6.12)$$

Полюса відстань:

$$l_p = \frac{gr_e^2}{V^2} = \frac{9.81 \times 0.375^2}{1.5^2} = 0.613 \text{ м.} \quad (6.13)$$

$$B = \frac{l_p}{r_0} = \frac{0.613}{0.375} = 1.635 \quad (6.14)$$

Користуючись співвідношенням і беручи до уваги величину B , можна віднести елеватор до швидкохідних з відцентровим і самопливним (змішаним) розвантаженням.

Приймаємо коефіцієнт нерівномірного завантаження ковшів $K_H=1,2$.

Обчислюємо розрахункову продуктивність:

$$Q_B = K_H Q_e = 1.2 \times 2500 = 3000 \text{ кн/год.}$$

Погонна міцність ковшів:

$$\frac{i_0}{a_k} = \frac{Q_B}{3.6 \times v \gamma_B \psi} = \frac{3000}{3.6 \times 1.5 \times 7 \times 0.8} = 69.20 \text{ є/ї} \quad (6.15)$$

вибираємо глибокі ковші $\frac{z_0}{a_e} = 56,25$, $B_k=1000$ мм. $a_k=800$ мм.

При вибраному ковші коефіцієнт заповнення визначається:

$$\psi = \frac{Q_B}{3.6 \nu \gamma_B \frac{i_0}{a_k}} = \frac{3000}{3.6 \times 1.5 \times 7 \times 56.25} = 1.4 \quad (6.16)$$

Визначаємо погонні авантаження. Силу тяжіння вантажу на 1 погонний метр, ходової частини елеватора

$$q_B = \frac{i_0}{a_k} \gamma_B \psi = 56.25 \times 7 \times 1.4 = 55.1 \quad (6.17)$$

Силу тяжіння ланцюга на 1 погонний метр

$$q_B = 11B(\delta_i + \delta_1 + \delta_2) = 11 \times 0.75(1.5 \times 6 + 3 + 1) = 107.25 H / i \quad (6.18)$$

Погонне навантаження на зворотній ділянці траси елеватора :

$$q_B = q_c + \frac{G_k}{a_k} = 107.25 + \frac{42}{0.75} = 163.25 H / i \quad (6.19)$$

на завантаженій ділянці:

$$q_c = q_{c\dot{a}} + q_{\dot{a}} = 163.25 + 55.1 = 162.35 \dot{I} / i \quad (6.20)$$

Потужність на приводному валу елеватора з сталим рухом ходової частини визначаємо за формулою:

$$N_0 = K_\epsilon \frac{W_T v}{1020} = 1.2 \frac{1460 \times 1.2}{1020} = 3.2 \epsilon \dot{a} \dot{o} \quad (6.21)$$

$$N = \frac{N_0}{\eta} = \frac{3.2}{0.9} = 3.5 \epsilon \dot{a} \dot{o}. \quad (6.22)$$

Вибираємо мотор-редукто: МРД- III 1.1/40.

Двигун : АО2-32

6.5. Розрахунок руху повітря і вибір вентилятора

1 ділянка :

- довжина ділянки $L=100$ мм;
- швидкість повітря на ділянці $V=16$ м/с;
- діаметр повітряного трубопроводу $D=200$ мм;
- опір тертя $R= 18$ Па;

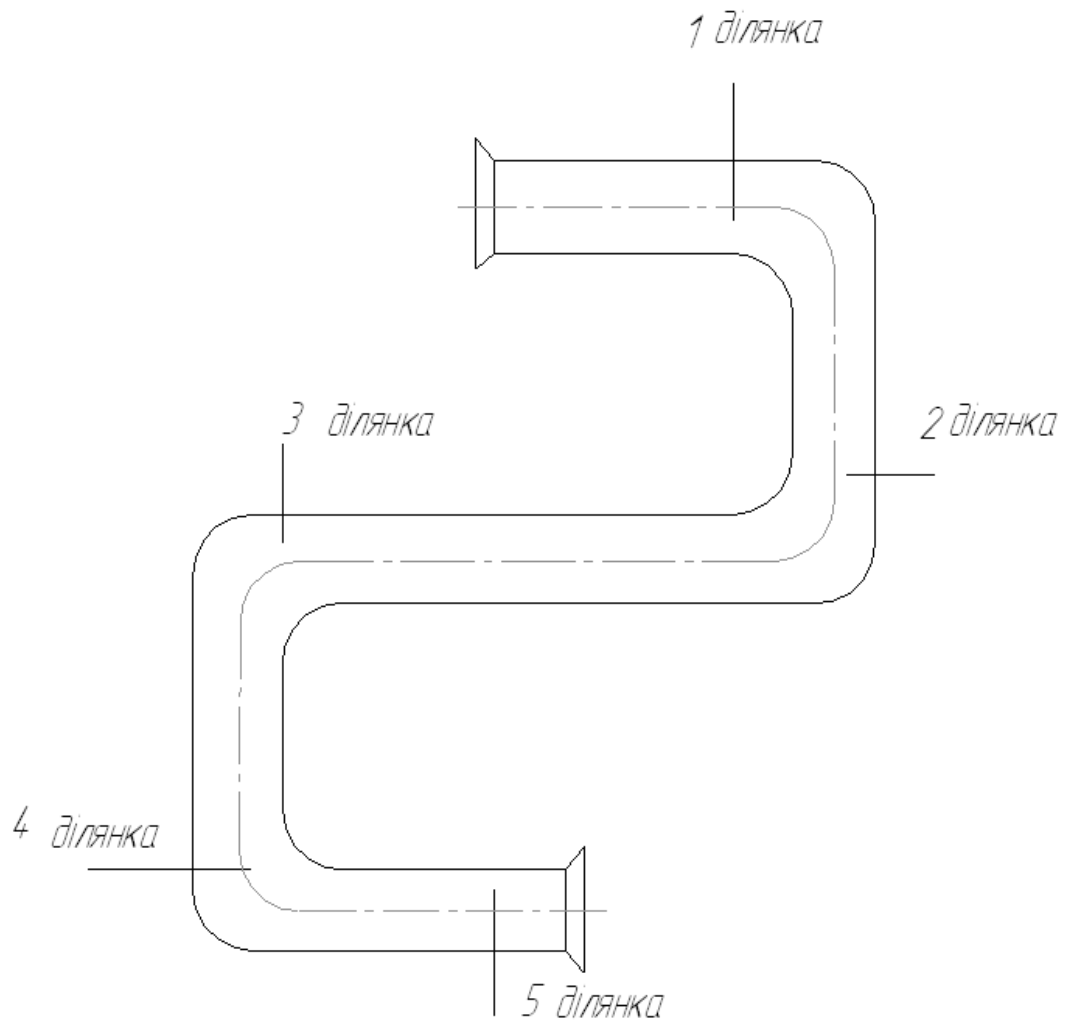


Рис.6.1.Схема для розрахунку руху повітря

- витрати тиску на тертя $RL=1800$ Па;
- витрати тиску в місцевих опорах $Z=50$ Па;
- динамічний тиск $H_{\text{дин}}=200$ Па;
- загальні витрати тиску на ділянці $RL+ Z=1850$ Па;
- витрати тиску в кінцевій точці $H_{\text{к}}=1850$ Па.

2 ділянка :

- довжина ділянки $L=6000$ мм;
- швидкість повітря на ділянці $V=16$ м/с;
- діаметр повітряного трубопроводу $D=200$ мм;
- опір тертя $R= 18$ Па;

- витрати тиску на тертя $RL=108000$ Па;
- динамічний тиск $H_{дин}=200$ Па;
- витрати тиску в кінцевій точці $H_к=108280$ Па.

3 ділянка :

- довжина ділянки $L=9800$ мм;
- швидкість повітря на ділянці $V=16$ м/с;
- діаметр повітряного трубопроводу $D=200$ мм;
- опір тертя $R= 18$ Па;
- витрати тиску на тертя $RL=176400$ Па;
- динамічний тиск $H_{дин}=200$ Па;
- витрати тиску в кінцевій точці $H_к=284680$ Па.

4 ділянка :

- довжина ділянки $L=5500$ мм;
- швидкість повітря на ділянці $V=16$ м/с;
- діаметр повітряного трубопроводу $D=200$ мм;
- опір тертя $R= 18$ Па;
- витрати тиску на тертя $RL=99000$ Па;
- динамічний тиск $H_{дин}=200$ Па;
- витрати тиску в кінцевій точці $H_к=383680$ Па.

5 ділянка :

- довжина ділянки $L=100$ мм;
- швидкість повітря на ділянці $V=16$ м/с;
- діаметр повітряного трубопроводу $D=200$ мм;
- опір тертя $R= 18$ Па;

- витрати тиску на тертя $R_L=1800$ Па;
- динамічний тиск $H_{\text{дин}}=200$ Па;
- витрати тиску в кінцевій точці $H_k=385480$ Па.

$$F = \frac{Q}{q \cdot 60} = \frac{25000}{8 \cdot 60} = 52 \text{ м}^2; \quad (6.23)$$

$$F = \frac{Q}{q \cdot 60} = \frac{25000}{10,4 \cdot 60} = 40 \text{ м}^2; \quad (6.24)$$

Так як ми маємо дві сушарки то продуктивність вентилятора зросте в двічі і становитиме:

$$H=1 \text{ 100 кПа};$$

По розрахунковим даним вибираємо з каталогу вентилятор, що буде задовольняти тим даним, що ми порахували:

Вентилятор ВЦП-8; $n=1140$ об/хв. $H=3600$ кПа

6.6. Розрахунок вала

Визначаємо реакції в опорах:

Площина ху:

$$\Sigma M_A=0$$

$$-F_{r1} \times 0.02 + F_{r2} \times 0.62 - R_b \times 0.64 = 0 \quad (6.25)$$

$$R_b = \frac{-4578 \cdot 0.02 + 4578 \cdot 0.62}{0.64} = 4292 \text{ Н};$$

$$R_a = -4292.$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_a + F_{r1} - R_b + F_{r2} = 0 \quad (6.26)$$

$$-4292+4578-4578+4292=0; 0=0$$

$$M(C) = R_a \times 0.02; \quad (6.27)$$

$$M(C) = -4292 \times 0.02 = -85,84 \text{ Н};$$

$$M(D) = 85,84 \text{ Н}.$$

Площина xz:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{t1} \times 0.02 + F_{t2} \times 0.62 + R_b \times 0.64 = 0 \quad (6.28)$$

$$R_b = \frac{-4360 \cdot 0.02 + 4360 \cdot 0.62}{0.64} = 4087.5 \text{ Н}$$

$$R_a = 4087.5 \text{ Н}.$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$R_a - F_{t1} + F_{t2} - R_b = 0 \quad (6.29)$$

$$4087.5 - 4360 + 4360 - 4087.5 = 0; 0 = 0$$

$$M(C) = R_a \times 0.02 \quad (6.30)$$

$$M(C) = 4087.5 \times 0.02 = 81.75 \text{ Н};$$

$$M(D) = -81.75 \text{ Н};$$

Сумарні моменти:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\dot{I}_{XY}^2 + \dot{I}_{XZ}^2} \quad (6.31)$$

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{(-85.84)^2 + (81.75)^2} = 118.5 \text{ Н};$$

Еквівалентні моменти:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\dot{I}_{\dot{n}\dot{o}i}^2 + \alpha(\dot{O})^2} \quad (6.32)$$

$$\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]} = \frac{70}{95} = 0.74 \quad (6.33)$$

$$\dot{I}_{\dot{a}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{A}} = \sqrt{\alpha \cdot \dot{O}^2} = \sqrt{0.74 \cdot 720^2} = 620 \dot{I}; \quad \dot{I}_{\dot{a}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{A}} = \dot{I}_{\dot{a}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{A}}$$

$$\dot{I}_{\dot{a}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{N}} = \sqrt{\alpha \cdot \dot{O}^2} = \sqrt{118.5^2 + 0.74 \cdot 720^2} = 63 \dot{I}; \quad \dot{I}_{\dot{a}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{n}} = \dot{I}_{\dot{a}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{A}}$$

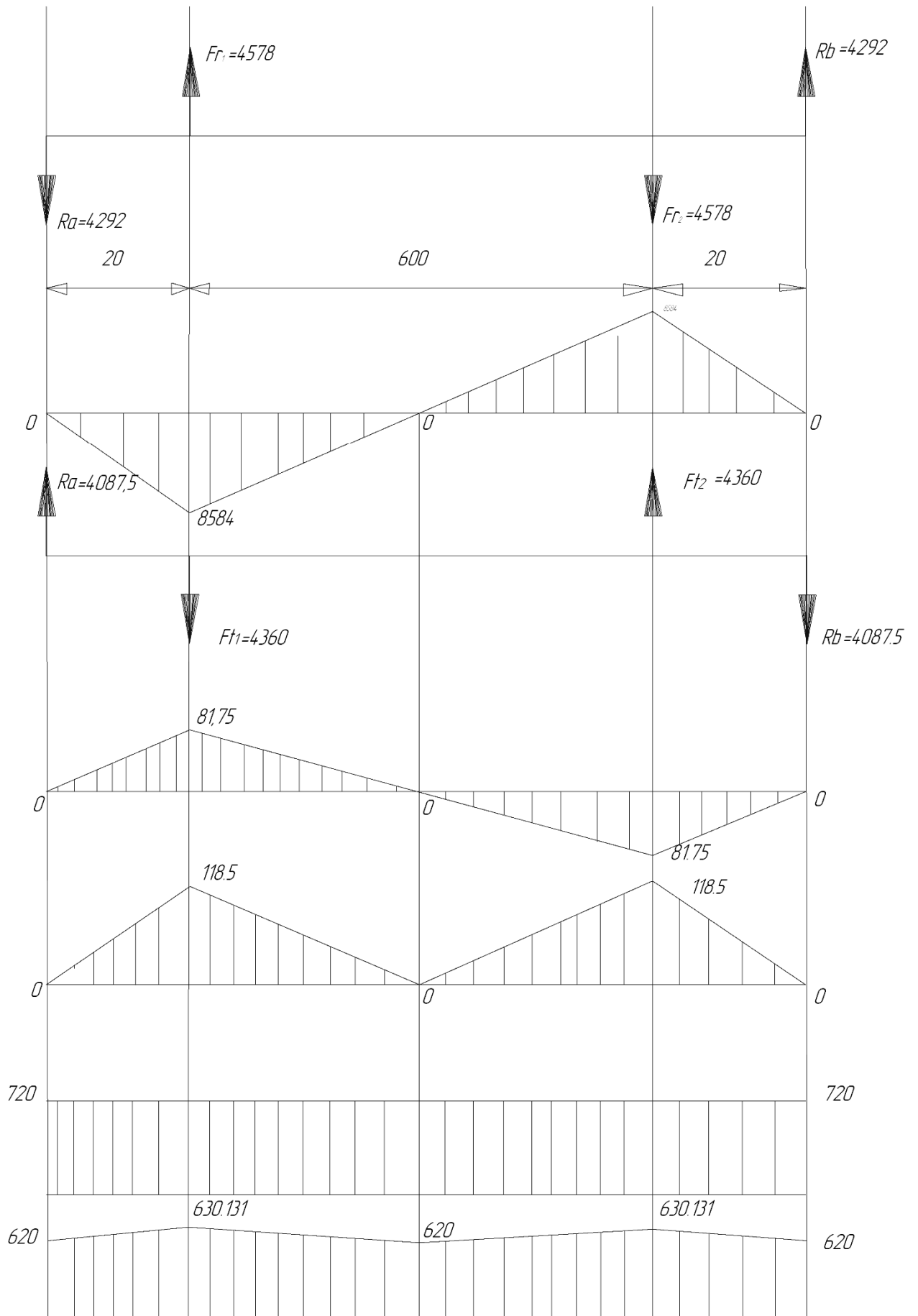


Рис.6.2.Реакції в опорах

6.7. Розрахунок підшипників.

Розрахунок підшипників проводимо за динамічною вантажопідйомністю:

$$C_{розр} \leq C_{кат}$$

$$C_{розр} = P_{екв} \sqrt[p]{L}$$

де $P_{екв}$ - еквівалентне розрахункове навантаження на підшипник, Н;

p – степеневий показник, для шарикопідшипників $p = 3$, для роликопідшипників $p = 3,33$.

$$P_{екв} = (XVF_r + YF_a) \cdot K_B \cdot K_T$$

де F_r - радіальне навантаження на підшипник, Н;

F_a - осьове навантаження на підшипник Н;

X - коефіцієнт радіального навантаження;

Y - коефіцієнт осьового навантаження;

V - коефіцієнт обертання;

K_B - коефіцієнт безпеки;

K_T - температурний коефіцієнт.

Номінальна довговічність підшипника:

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot t_{екв}}{10^6}$$

Визначимо радіальне навантаження на опори А і В:

$$F_{rA} = \sqrt{R_{AY}^2 + R_{AZ}^2} = \sqrt{4292^2 + 4087.5^2} = 5926,96 \text{ Н}$$

$$F_{rB} = \sqrt{R_{BY}^2 + R_{BZ}^2} = \sqrt{4292^2 + 4087.5^2} = 5926,96 \text{ Н}$$

Визначимо номінальну довговічність підшипників:

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot t_{дод}}{10^6} = \frac{60 \cdot 55 \cdot 720}{10^6} = 2.376 \text{ млн. обертів} \quad (6.36)$$

Проводимо розрахунок підшипників для більш навантаженої опори, тобто для опори А:

$$P_{екв} = (XVF_{rA} + YF_{aA}) \cdot K_B \cdot K_T \quad (6.37)$$

$$\text{де } F_{aA} = F_{анер} + F_{SA} \quad (6.38)$$

$$F_{SB} = 0,83 \cdot e \cdot F_{rB} = 0,83 \cdot 0,374 \cdot 592696 = 18496H \quad (6.39)$$

e – коефіцієнт осьового навантаження, визначається через кут контакту α .

Приймаємо $\alpha = 14^\circ$, тоді $e = 1,5 \cdot \operatorname{tg}\alpha = 1,5 \cdot \operatorname{tg}14^\circ = 0,374$

$$F_{aA} = F_{aA\delta} + F_{SA} = 3537 + 18496 = 53866H \quad (6.40)$$

Коефіцієнт радіального X і осьового Y навантаження обирається в

залежності від співвідношення $\frac{F_{aA}}{V \cdot F_{rA}}$.

$$\text{При } \frac{F_{aA}}{V \cdot F_{rA}} = \frac{53866}{1 \cdot 592696} = 0,091 > e = 0,374 \rightarrow \begin{matrix} X = 0,4 \\ Y = 0,4 \cdot \operatorname{ctg}\alpha = 1,6 \end{matrix} \quad (2, \text{стр.197, таб.6.2})$$

$V = 1$ (при обертанні внутрішнього кільця підшипника відносно напрямку навантаження);

$$K_B = 1,4 \quad (2, \text{стр. 198, таб.6.3});$$

$$K_T = 1.$$

Отже еквівалентне розрахункове навантаження на підшипник:

$$P_{aA} = (0,4 \cdot 1 \cdot 592696 + 1,6 \cdot 53866) \cdot 1,4 \cdot 1 = 1138508H$$

Тоді розрахункова вантажопідйомність підшипника:

$$C_{\delta\delta\delta} = 1138508 \cdot \sqrt[3]{60} = 44507.55H \quad (6.41)$$

Для встановлення на вал в опорах А і В обираємо шарикопідшипник радіальний-упорний сферичний №36212 з такими параметрами:

$$\begin{aligned} d &= 60\text{мм} \\ D &= 110\text{мм} \\ B &= 21\text{мм} \\ C &= 45400H \end{aligned}$$

Обраний підшипник задовольняє умову $C_{розр} \leq C_{кат}$, так як $45400H < 44507H$.

Визначаємо стан суміші, отриманої при змішуванні 1 кг повітря

температурою $t_1 = 10^\circ\text{C}$ і $\phi = 60\%$ з 1 кг повітря температурою $t = 75^\circ\text{C}$ і $\phi = 80\%$.

6.8. Тепловий розрахунок

Визначаємо стан суміші, отриманої при змішуванні 1 кг повітря температурою $t_1=10^\circ\text{C}$ і $\varphi=60\%$ з 1 кг повітря температурою $t=80^\circ\text{C}$ і $\varphi=80\%$. Користуючись діаграмою Рамзіна знаходимо вологовміст повітря для двох випадків:

$X=0,026$ кг сухого повітря

$X=0,063$ кг сухого повітря

тепловміст:

$I=82,0$ кДж/ кг сухого повітря;

$I=50,0$ кДж/ кг сухого повітря.

Тепловміст суміші повітря визначаємо за формулою:

$I=(82,0+50,0)/(1+1)=66$ кДж сухого повітря;

Вологовміст суміші складає:

$X=(0,026+0,063)/2=0,0445$ кг/кг сухого повітря.

Використовуючи діаграму знайдемо перехрестя ліній тепловмісту і

вологовмісту сухого повітря з лінією процесу суміші, і отримаємо

температуру суміші $t=42^\circ\text{C}$, і парціальний тиск водяних парів $p=4666$ Па.

Визначимо на скільки відсотків зменшилися витрати газу на підігрів повітря:

42°C - 100%

10°C - X %;

10°C , 42°C – температура повітря, що надходить на підігрів відповідно до модернізації і після.

$X=23\%$ - на стільки відсотків зменшилися витрати палива.

Витрати газу зерносушарки за 1 годину – $250\text{ м}^3/\text{год}$.

Необхідно визначити, яку кількість палива використовується за добу:

$250*24=6000\text{ м}^3/\text{добу}$;

1000 м³ газу коштує 80 \$, приймаємо, що 1\$ = 8,15 грн.

80*6=480 \$ (3840 грн.)- витрати коштів за добу на витрати газу.

Складемо залежність, щоб визначити, на скільки зменшилися витрати палива після модернізації:

6000 м³ - 100%

X м³ - 23%;

$$X = \frac{6000 * 23\%}{100\%} = 1380;$$

2·(6000 – 1380) = 9240 – витрати газу після модернізації.

Переведемо об'єм газу в ціну, отримаємо:

2·(80 \$ *4,62)=739,8 \$ (6024, 48 грн.) – грошові витрати після модернізації;

2·(480\$ - 369,6\$) =220,8\$ (1655,52 грн.) – на стільки коштів зменшилися витрати на добу.

7. Правила монтажу, ремонту та експлуатації зерносушарок

Монтаж устаткування зерносушарки.

Будівельно – монтажні роботи на зерносушарці слід виконувати по проекті і з дотриманням технічних умов. Відступ від проекту і встановлення технічних умов, як, наприклад, зменшення розмірів шахт, неправильне використання чи установка коробів і ін., може надалі при експлуатації сушарки привести до зменшення її продуктивності і погіршенню якості зерна, що просушується.

На місце монтажу повинні бути звичайно доставлене необхідне устаткування, матеріали, інструменти і такелажні пристосування для переміщення і підйому ваг (лебідка, талі).

Перед початком монтажу устаткування перевіряють правильність виконання будівельних робіт і , зокрема, розміщення і розміри отворів, залишених у стінках і перекриттях для установки норії, самопливів і ін.

Монтажні роботи проводять по попередньо складеному календарному плану по окремих об'єктах і операціям.

Для прискорення терміну монтажу сушарки доцільно організувати роботу зі сполученого графіка, тобто вести монтаж декількох об'єктів паралельно (наприклад шахти і топки).

Складання шахт, установка коробів і затворів.

Шахти зерносушарки типу У13-СШ-25 збирають на місці монтажу з задалегідь виготовлених (на спеціальних полігонах) залізобетонних

Відповідальна особа	Технічне устаткування	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Монтаж, ремонт та експлуатація	18-0232.KP.07.007 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

панелей (плит). У панелях для подовжніх стін шахти залишені наскрізні отвори п'ятигранної форми, розташовані в шаховому порядку, для встановлення коробів.

При зборці панелей необхідно точно дотримуватися розмірів шахт, стінки панелей установлювати вертикально по схилі, а горизонтальність верхніх граней панелей перевіряти по рівню. Відхилення панелей від вертикалі може привести до уповільнення руху зерна біля стінки шахти, а при великому відхиленні – до випадання коробів з отворів у стінки шахти.

Панелі зварюються між собою електрозварюванням, для цього плоскі чи круглі прутки сталі приварюють до сталевих пластин, розташованих у визначених місцях панелей. Місця нещільного прилягання панелей заливають бетоном.

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

Короби і напівкороби виготовляють з листової сталі товщиною 1- 1,5 мм; звичайно їх доставляють на місце монтажу в готовому виді разом з іншим устаткуванням сушарки. Для запобігання корозії коробів їх варто фарбувати з внутрішньої сторони антикорозійним лаком.

Установку й одночасно закладання коробів і напівкоробів у стінки шахти починають з верхнього ряду, щоб цементний розчин не міг потрапити на короби, що знаходяться нижче.

Кінці коробів з боку входу і виходу агента сушіння і повітря після установки повинні бути зсередини очищені від розчину, тому що зменшення площі перетину в коробах приведе до збільшення опору при роботі вентиляторів.

Короба потрібно встановлювати в п'ятигранні отвори шахти без перекосу. При установці напівкоробів потрібно стежити за тим, щоб їхні верхні краї прилягали по всій довжині до стінки шахти; нещільності і щілини зашпаровують цементним розчином. Короби і напівкороби встановлюють так,

щоб їхні денця знаходилися в одній площині з внутрішньою стінкою шахти, інакше пил і сміття будуть накопичуватися в западині гнізда. Після установки кожного ряду коробів стінки шахти гладко затирають цементним розчином, не залишаючи ніяких щілин.

Затвори монтують після установки коробів. Верхні і нижні рами затворів до установки на місце збирають попарно на рівній площадці і перевіряють їх у відкритому і закритому положенні. При відкритому положенні затвора випускні отвори між схилами 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 із кожної сторони для запобігання пересипанню зерна через краї полиць нижньої рами.

Щоб уникнути витоку повітря з напірно – розподільної камери через отвори в місці установки затворів уздовж них установлюють зміні щитки, що обгороджують (кожухи).

Установка вентиляторів і трубопроводів.

Перед установкою вентилятора на місце треба оглянути стан його частин, перевірити правильність обертання лопатевого колеса, його кріплення і балансування.

При установці вентилятора фундамент вимірюють горизонтальність і паралельність валів вентилятора й електродвигуна.

Балансування лопатевого колеса вентилятора разом з його валом і шківом звичайно перевіряють на шарикопідшипниках, попередньо звільнених від густого мастила, і зі знятим приводним ремнем. Шків на валу вентилятора рукою приводять у швидке обертання, а після того, як він сам зупиниться, роблять в нижній частині корпуса помітку крейдою. Це проробляють 6-8 разів, ставлячи після кожної зупинки помітку крейдою. Якщо

помітки виявляються розподіленими по окружності шківа порівняно рівномірно, це буде свідчити про досить задовільне балансування колеса вентилятора. Якщо ж крейдові помітки будуть розміщені переважно на одній половині окружності шківа – колесо незбалансоване. У цьому випадку для зрівноважування до більш легкої половини обода прикріплюють гвинтами сталеві планки такої ваги, щоб після перевірки балансування зазначеним способом нові крейдові помітки були розподілені по всій окружності шківа рівномірно. Вагу планок, що прикріплюються до обода лопатевого колеса при балансуванні, іноді приходится підбирати в кілька прийомів. Для вентиляторів з великою коловою швидкістю лопатевого колеса (30 м/сек. і більше) балансування варто проводити особливо ретельно, тому що зі збільшенням відцентрової сили всякі неточності зборки і балансування можуть викликати велику вібрацію вентилятора і швидкий знос підшипників.

Всмоктувальний трубопровід варто підводити до вентилятора так, щоб струмінь повітря (агента сушіння) рівномірно заповнював нею площу всмоктувального отвору, тим що однобічний напрямок струменя знижує к.к.д. вентилятора і зменшує його продуктивність. Заслінки, засувки й відводи не рекомендується встановлювати в безпосередній близькості до всмоктувального отвору вентилятора, тому що 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 у місцях, зручних для обслуговування, причому приріст їхній повинен дозволяти цілком відкривати і закривати перетин трубопроводу. При цьому не повинно виникати місцевих опорів при цілком відкритих заслінках і цілком закритих щілин.

Прийом зерносушарки У13-СШ-25 до експлуатації.

18-0232.КР.07.007 ПЗ

Інд.

Дата

Арку
///

Після закінчення всіх будівельних і монтажних робіт, включаючи роботи з технологічним і транспортним устаткуванням, комісія приймає зерносушарку в експлуатацію.

При прийомі комісія оглядає будинки й устаткування, перевіряє відповідність обсягу виконаних робіт проектної і кошторисної документації. Одночасно визначає якість цих робіт, керуючись технічними умовами.

Особливо уважно комісія повинна перевірити виконання правил техніки безпеки й охорони праці, а також усіх протипожежних заходів. У випадку невиконання яких – набудь пунктів цих правил вони повинні бути негайно виконані, без чого пуск зерносушарки в роботу не дозволяється.

Усякого роду відступи від проекту і кошторису потрібно відзначати в акті прийому.

Роботу сушарки перевіряють спочатку в холосту , при цьому визначають число обертів вентиляторів, норії і випускного механізму, а також перевіряють справність роботи всього устаткування і транспортних механізмів.

Якщо під час іспиту вхолосту (протягом 2-3- годин) не буде помічено будь- яких неполадок (перегрів електродвигунів, підшипників, зачіпань ковшів норії, ненормальні стукоти при роботі машини і т .д .), приступають до іспиту сушарки під навантаженням. Ці іспити рекомендується проводити на Зені пшениці нормальної якості, вологістю не менше 22% для рециркуляційних сушарок.

Під час іспитів під навантаженням визначають середню годинну продуктивність сушарки , зменшення вологості зерна при сушінні, якість сирого і просушеного зерна, а також температуру нагрівання зерна в сушильній камері і при виході з охолоджувальної камери. Одночасно заміряють температуру зовнішнього повітря і визначають, наскільки

температура зерна, що виходить із сушарки, перевищує температуру зовнішнього повітря.

Крім того, при іспиті визначають питомі витрати натурального й умовного палива, а також витрати електроенергії на одну планову тону просушеного зерна. Про результати іспиту комісія складає акт.

Ремонт зерносушарки.

Для підтримання зерносушарки в справному стані організовують своєчасний планово – попереджувальний ремонт. Залежно від характеру та складності його поділяють на поточний і капітальний.

Поточний ремонт проводять один раз на декаду під час призупинення сушарки 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 безперервну роботу сушарки:

звільнення від зерна і ретельно очистити шахти, бункера, перевірити стан коробів та при необхідності замінити їх;

відчистити від зерна і пилу дифузори, повітропроводи та вентилятори, що працюють на всмоктування;

перевірити в разі необхідності паси, норії, а також конвеєрні стрічки;

закріпити норійні ковш 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 топки; заміну коробів або зношених стінок сушильної камери, робочих коліс вентиляторів; чищення їх лопаток; заміну дифузорів, повітро трубопроводів та ін.), що потребують великих витрат, а також часу.

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.

Ремонтуючи люки в тепловологообміннику та камері нагрівання, слід перевірити щільність їх кришок, аби не допустити підсмоктування атмосферного повітря під час роботи сушарки.

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

Виявлені пошкодження в залізобетонних стінах сушарки (тріщини, вибої, шорсткості) ретельно заповнюють цементним розчином і затирають.

Перевіряють справність завантажувального пристрою, наявність конусних розсікачів під завантажувальними отворами, справність випускного отвору , зокрема безприводного.

Короби в шахті слід установлювати без перекосів, паралельно один одному.

При виготовленні й установленні коробів, напівкоробів необхідно , щоб поверхня їх була гладенькою, без задирок, виступів і вм'ятин , а стінки знаходилися 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 паливо-проводу ,жалюзійні отвори, змішувальні циліндри – екрани, відбивачі і форсунки, звертаючи особливу увагу на стан її ніпеля.

Зношені деталі замінюють

Перевіряють футеровку форкамери і при необхідності замінюють її новою. Футеровка може бути виконана із цегли або вогнетривкої маси.

Вогнетривка маса складається із подрібненого шамоту- 80%, вогнетривкої глини – 17,5%, рідкого скла (густина 1,45...1,5 кг/м³) – 2,5 %. Подрібнений шамот має складатися на 40...50 % із зерна розміром 1...4 мм, на 15-20% із зерна розміром 0,5...1мм і на 25...30% із зерна розміром менш як 0,5мм.

Шамотний порошок змішується з глиною в сухому стані, потім розводять рідким склом.

Футеровку сушать агентом сушіння спочатку при температурі 30...40°C і , поступово підвищуючи її кожні 5 хв. На 10...20 °С, доводять за годину до 200 °С. Потім температуру підвищують до 600 °С і при цій температурі закінчують сушіння футеровки.

Металеві змішувальні циліндри - екрани та відбивний щит у топці при необхідності замінюють або ремонтують.

Ремонт вентиляторів, повітропроводів і дифузорів.

Усі повітропроводи, дифузори та конфузори, а також деталі очищають від пилу, бруду, сажі та іржі. Пошкоджені іржею повітропроводи, дифузори чи конфузори ремонтують накладками із листової сталі, окремі латки 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. Пошкодженні 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.

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

З'єднання повітропроводів мають бути щільними, у місці з'єднання між фланцями має бути не більше двох прокладок завтовшки до 3 мм. У гарячих трубопроводах встановлюють азбестові прокладки, в холодних картонні.

Клапани, заслінки, шибери мають вільно переміщуватися, забезпечуючи повне та щільне їх закриття. При повному їх відкриванні не повинно бути опору рухомому потоку повітря або агента сушіння.

Повітряні патрубки на трубопроводах перед вентиляторами повинні мати заслінки для регулювання підсмоктування холодного повітря при встановленні необхідної температури агента сушки.

Для захисту від іржі та роз'їдання сірчистими газами внутрішніх поверхонь відвідних трубопроводів, конфузорів, кожухів і робочих коліс вентиляторів (що працюють на всмоктування) їх покривають антикорозійним або асфальтовим лаком.

Пошкоджену ізоляцію ремонтують. Усі трубопроводи та дифузори, що проводять агент сушіння, покривають зовні теплоізоляційним шаром. Щоб не було конденсації на внутрішній поверхні конфузорів і трубопроводів, які відводять відпрацьований агент сушіння, їх також слід покривати зовні теплоізоляцією.

Під час ремонту трубопроводів забороняється зменшувати переріз і змінювати їх форму проти передбачених проектом. Це також стосується клапанів, заслінок, сіток та інших деталей, оскільки порушення розмірів і форми трубопроводів може привести до додаткового опору, зменшення подачі вентиляторів та продуктивності сушарки.

Після закінчення капітального ремонту директор підприємства призначає комісію для приймання виконаних робіт і перевірки робото здатності сушарки.

Якщо комісія вважає зерносушарку справною, то її готують до пробного пуску в хід . Спочатку перевіряють роботу всіх механізмів без навантаження протягом 2...3 годин, а потім дають повне навантаження на машину та механізми. 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.

Експлуатація зерносушарки У13-СШ-25

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

При цілодобовій роботі сушарки, не рідше одного разу за декаду, треба звільнити шахти від зерна, ретельно очистити їх, оглядати повітророзподільні пристрої , випускні механізми та інше обладнання сушарки і топки. Виявленні під час огляду несправності слід відразу усувати.

Налагодження зерносушарки здійснюється у початковий період їх роботи та після ремонту.

Під час налагодження сушарки перевіряють:

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

наявність та стан контрольно - вимірювальних приладів і сигналізацій, автоматичних пристроїв та установок (термометра і датчики

температури, датчики або сигналізатори рівні зерна, амперметри для контролю завантаження основних механізмів , пристрою для блокування обладнання),

наявність та роботою здатність зливних самопливів;

максимальну продуктивність рециркуляційної норії

роботу випускного механізму та рівномірність руху зерна із відвідних

коробів шахт;

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

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

Для зерносушарок типу У13 у першу чергу слід перевірити випускні механізми шахт і впевнитися, що при відкритому їх положенні утворюються максимальне й однакове в різних місцях ширина випускних щілин, а в закритому положенні відсутні обсипання зерна в підпушувальний бункер. Це досягається регулюванням положенням рухомої рами затвора за допомогою зворотних пружин та тяги автомата, а зазор між рухомою і нерухомою рамами – регулювання підвісних тяг.

Також треба оглянути та змастити виконавчі механізми випускних пристроїв, перевірити їх роботу без навантаження та при необхідності відрегулювати.

Сушарку пускають у хід , коли сушильну камеру заповнюють зерном і топку приведено в робочий стан.

Під час роботи зерносушарки слід відрегулювати приплив повітря так, аби температура агента сушіння перед входом у сушарку відповідала заданому режимові сушіння.

Продуктивність зерносушарки регулюється командним електропневматичним приладом або реле часу, які впливають на роботу випускного механізму.

Витрату палива у форсунці регулюють залежно від покізів дистанційного термометра, датчик якого встановлюємо в дифузори вентилятора другої зони сушіння.

Періодично, не рідше одного разу за добу, повертають рукоятку паливного фільтра на один – два оберти для його очищення.

Кожну зміну перевіряють місця з'єднань паливних комунікацій на відсутність підтікання палива, тиск якого в паливопровід має лежати в межах 0,1...0,2 МПа (1...2 кг/см²).

Перед кожним пуском форсунки, перевіряють правильність положення електродів розпалювача. Під час роботи зерносушарки забороняється закривати жалюзі підсмоктування повітря в камеру змішування, оскільки це призводить до зменшення загальних витрат агента сушіння та знижує продуктивність сушарки.

Ремонт та експлуатація механізму вивантаження

У механізмі вивантаження з постійним вивантаженням зерна зношуються скати, приварені до верхньої рами, планки нижньої рами, підвіски, тяги. При ремонті зношені скати вирубують зубилом, а на їх місце зачищають і встановлюють нові, виготовлені з двох міліметрової сталі. Для забезпечення рівномірного випуску зерна по всій площі шахти отвори між ситами повинні знаходитися під коробами нижнього ряду, а вершини ската повинні розділяти шар між стінками коробів на два потоки. Для заміни планок нижньої рами необхідно відкрутити гайки підвісок рами, розсліхувати і зняти підвіски, від'єднати тягу виконавчого механізму та

витагнути рухому раму. Погнуті рами вирівнюють , зношені замінюють. При необхідності змінюють тяг. Збирання поводять в зворотному порядку. При ремонті виконавчого механізму замінюють зношені ексцентрики та двоступеневий циліндричний редуктор і муфти . Необхідно ретельно закріпити всі місця з'єднання кронштейна зі стінкою шахти .Після ремонту перевіряють та регулюють взаєморозміщення нижньої та верхньої рам механізму вивантаження. При регулюванні повинна бути забезпечена паралельність кромки, планок рухомої рами з скатами нерухомої рами по всій ширині.

Горизонтальність нижньої рами і необхідний зазор встановлюють опусканням та підніманням тяг. Співвісність верхніх та нижніх випускних отворів встановлюють переміщенням тяг вздовж стінок камер. При регулюванні рам необхідно досягти щоб скати нерухомої рами перекривали отвори рухомої рами на 22мм. З кожної з сторін. Зазор між верхньої та нижньою рамами повинен бути рівним 5-6 мм. Після регулювання рам зазор перевіряють на холостому ходу, потім поєднують тягу виконавчого механізму і спільно перевіряють на холостому ходу.

8. Заходи з охорони праці

Законодавство з охорони праці.

Законодавство та нормативно-технічна документація з охорони праці (ОП) основана на законі по охороні 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.

Зернове 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
- ◆ навмисне вбивство або травма, заподіяна іншою особою;
- ◆ стихійне лихо
- ◆ пожежа.

Відповідальна особа	Технічне рішення	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Охорона праці	18-0232.KP.07.008 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

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 фонду оплати праці , штрафів, спонсорської допомоги. 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 12.0.005-88 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 підприємстві підтримуються санітарні норми запиленості повітря—4 мг/м³. Вибухонебезпечна концентрація пилу – 25...215%.

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 зерноочисному 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 ДБНВ 2.5–28–2006 „Естественное и искусственное освещение”.

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

Електробезпека.

ГОСТ 12.1.019–76. ССБТ “Електробезпека. Общие требования”. В цехах використовується електронезбезпечне обладнання і всі виробничі приміщення по електробезпеці відносяться до особливо небезпечних або приміщень з підвищеною небезпекою. Борошномельний завод відноситься до другої категорії.

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 уруження всього організму через

порушення функцій життєдіяльності найважливіших органів та систем. Більшість електроуражень (-55%), це сукупність місцевих електротравм та електричних ударів.

В цехах 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.

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.

Органічний пил, що виділяється в зерноочисному відділенні являє собою велику небезпеку, так при визначених умовах він призводить до вибуху.

Зерноочисне відділення крупозавода за пожежонебезпекою відноситься до П-П, за вибухонебезпекою до категорії В-Па.

Джерелом загорання пилеповітряних 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-II складає на зовнішнє гасіння 20 л/с, на внутрішнє 5 л/с. Запас води на пожежогасіння визначають за формулою:

$$Q = (3*3600*N)/100, \text{ м}^3$$

$$N = \Pi_1 + \Pi_2$$

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.

$$Q = 3*3600*(20+5)/100 = 270 \text{ м}^3$$

площа приміщення цеху $15*40=600$ 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.
4. Здійснювати оснащення санітарно-побутових приміщень, діючих вентиляційних, аспіраційних пиловловлювальних і опалювальних систем.
5. Використовувати засоби дистанційного керування технологічним процесом.

9. Охорона довкілля

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 вказівок по нормування викиду забруднювальних речовин при спалюванні палива в котельнях потужністю до 30 т/год.

У зв'язку з відсутністю вказівок порядку розрахунків планових показників за викидами в навколишнє природне середовище оксидів натрію, що утворюються під час спалювання рідкого палива в топках котельних, треба користуватися вказівками по визначенню валового викиду шкідливих речовин в атмосферу від котлів електростанцій.

Кількість пилу, що виходить з відпрацьованим агентом сушіння та від коробів шахтних зерносушарок і шахт охолодження зерна пневмогазових та рециркуляційних сушарок, визначається виразом:

Для шахтних зерносушарок засміченість зерна, що надходить на сушіння після попереднього очищення, % (при розрахунках значення приймають за даними виробничої лабораторії підприємства за останній рік роботи сушарки).

Для рециркуляційних зерносушарок засміченість не вище 0,65%.

Концентрація пилу, що виділяється з відпрацьованим повітрям в атмосферу аспірацій ними установками зерносушарок після циклонів типів ЦОЛ і 4БЦШ наведені в таблиці 12.1 та 12.2.

Відповідальна особа	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	18-0232.KP.07.009 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Таблиця 11.1. Залежність концентрації зернового пилу ($\text{г}/\text{м}^3$), що викидається в атмосферу поодинокими циклонами типу ЦОЛ, від вхідної швидкості повітря та його запиленості.

Концентрація пилу в повітрі на вході в циклон, $\text{г}/\text{м}^3$.	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 ($\text{г}/\text{м}^3$), що викидається в атмосферу батарейними установками циклонів типу 4БЦШ, від вхідної швидкості повітря до його запиленості

Концентрація пилу в повітрі на вході в циклон, $\text{г}/\text{м}^3$.	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

При реконструкції зерносушарок потрібно передбачити повторне використання відпрацьованого агента сушіння та охолоджувального повітря, що дасть змогу зменшити кількість забруднювальних речовин, які викидаються в навколишнє природне середовище.

10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування

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:

1. Контролювати температуру зерна та підтримувати її на заданому рівні, регулюючи кількість теплоти, що підводиться до зерна або повітря для його охолодження.
2. Перевіряти вологість зерна на виході та випускати просушене зерно заданої кінцевої вологості при отриманні кратності його рециркуляції.
3. Регулювати 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

Відповідальна особа	Технічне рішення	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Автоматизація		18-0232.KP.07.010 ПЗ			
	Документ затверджено						

надходженні його незалежно від початкової вологості та умов приймання.

Зерносушарка У13-СШ-25 є поєднанням двох однакових агентів продуктивністю 25 т/год, загальною топкою, повітропроводом агента сушіння, а також системами керування, контролю, сигналізації, подачі електроенергії та палива. До її складу входять: надсушильні бункери 2; камери нагрівання 5; тепловологообмінники 7; шахти охолодження 8 (одна з них рециркуляційна) в комплекті з напірно – розподільними камерами; випускні пристрої 10; норії 1; повітропроводи 4 агента сушіння для підведення його до камери нагрівання; топка 11 для загоряння рідкого палива; вентилятори агента сушіння; конфузори; дифузори 6,14; вентилятори 12, 13 шахт охолодження зерна; завантажувальні механізми 3; драбина 9.

Робота сушарки після завантаження вологим зерном починається з його сушіння в режимі роботи «на себе». Для заповнення сушарки треба мати 90 т зерна. В режимі роботи «на себе» зерно із сушарки подається в рециркуляційну норію, яка повертає його на сушіння до заданої вологості.

У кожний агент сушарки сире зерно надходить із свого бункера 5. Для забезпечення необхідності оперативності її роботи бункери обладнано дистанційно керованими засувками 3-1а та 3-1б, які налагоджено на два положення «Відчинено» і «Зачинено». Під бункерами встановлено засувки 3-2а та 3-2б з ручним керуванням для регулювання кількості сирого зерна, що подається на сушіння у башмаки рециркуляційної норії.

У кожний башмак спареної рециркуляційної норії 12 одночасно із сирим подається зерно з рециркуляційної шахти 8 та зі зливного бункера 10, який призначений для приймання залишків зерна з тепловологообмінника 7. Здобута суміш зерна транспортується рециркуляційною норією у відповідний бункер і камеру нагрівання 6. Подача зерна із надсушительних бункерів у камеру нагрівання регулюється приводними заслінками 3-3а та 3-3б.

У камерах нагрівання швидкість падіння зерна зменшується (тривалість його перебування тут становить до 2...3 с), оскільки у них є гальмівний елемент півсферичної форми, розбризкується у вигляді «дощу». Це сприяє кращій передачі теплоти від агента сушіння до зерна, які рухаються назустріч один одному. Зерно з камери нагрівання подає у тепловологообмінник, де воно знаходиться близько 10 хвилин. За цей час відбувається процес перерозподілу теплоти та частково вологи у зерновій суміші.

Із тепловологообмінника зерно надходить паралельно у рециркуляційні шахти 8 та шахти 9 кінцевого охолодження, де воно сушиться та охолоджується. У шахтах нагріте зерно продувається атмосферним повітрям послідовно: спочатку у шахтах кінцевого охолодження, а потім у рециркуляційних.

Зниження температури зерна у рециркуляційних шахтах охолодження значно менше, ніж у шахтах кінцевого охолодження, внаслідок великого руху рециркуляційного зерна через ці шахти та більшої температури повітря, що нагнітається в них вентиляторами 13 з атмосфери.

Продуктивність шахт охолодження зерна регулюється безприводними випускними пристроями. Кількість зерна на виході із шахт охолодження можна регулювати засувками 3-4а, 3-5а, 3-4б, 3-5б з ручним керуванням.

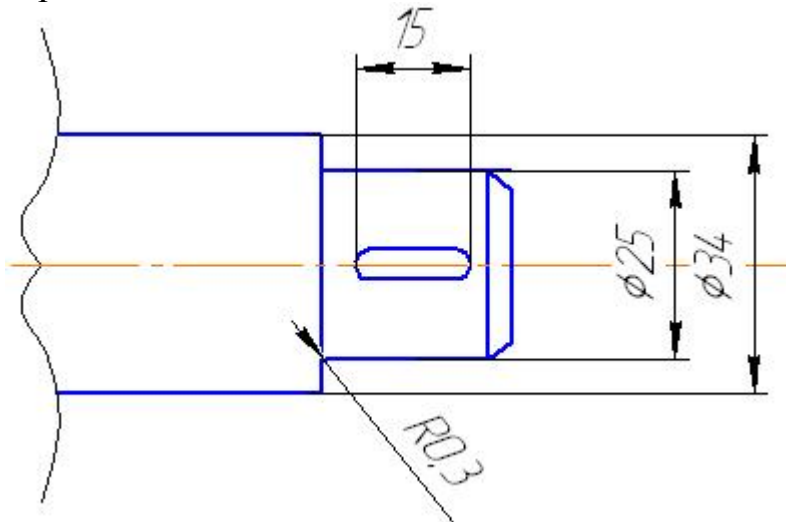
Із шахт кінцевого охолодження зерно надходить у бункери для сухого зерна або у башмак рециркуляційної норії для повернення його у зерносушарку на досушування, якщо вологість зерна перевищує задану.

Решта позицій позначених на кресленні розшифровуються так: 1- норія сухого зерна; 2 – конвеєр; 3- вентилятори; 4 – пиловідокремлювач; 11- вологомір; 14 – форсунка; 15- топка; 16 – вентилятори високого тиску; 17 – термометри; 17- економайзер.

11.Технологія машинобудування.

Розрахунок надійності валу вентилятора ВЦП-8 при експлуатації

Визначаємо ймовірність безвідмовної роботи вала та аналізуємо надійність його роботи.



2. Як приклад, проведем розрахунок ймовірності безвідмовної роботи вала для критичного перерізу в місці переходу діаметрів (галтелі):

Вихідні данні

$$d_1=34 \text{ mm}$$

$$d_2=25\text{mm}$$

$$r_f =0.3$$

Марка: Сталь 45

3. Шляхом інтерполяції знаходимо за таблицями ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні вала для галтелі.

$$\sigma_{вр} = 700 \text{ МПа,}$$

$$M_{зг} = 70 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{кр} = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Відповідальна	Технічне	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва		18-0232.KP.07.011 ПЗ			
	Документ затверджено	Технологія		Інд.	Дата	Мова	Арку

$$\frac{r_2}{d_2} = \frac{0,3}{25} = 0,085; \quad \frac{d_1}{d_2} = \frac{34}{25} = 1,28; K_\sigma = 1,66; K_\tau = 1,7.$$

4. Масштабний фактор при згинанні та крученні вала визначаємо за табл. 4 за величиною його меншого діаметра (для вала з шпонковим пазом – діаметр вала d_1).

Для нашого прикладу $d_1 = 25$ мм коефіцієнти дорівнюють: $\varepsilon_\sigma = 0,83$; $\varepsilon_\tau = 0,71$

5. Середні значення амплітуд напружень при згинанні та крученні для нашого прикладу визначають за формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{\dot{I}_{\zeta\bar{a}}}{W_{\zeta\bar{a}}} = \frac{32\dot{I}_{\zeta\bar{a}}}{\pi d_2^3} = \frac{32 \cdot 70 \cdot 10^3}{\pi(25)^3} = 64,04 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{\dot{I}_{\varepsilon\delta}}{W_{\varepsilon\delta}} = \frac{\dot{I}_{\varepsilon\delta}}{0,2d_2^3} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,2(25)^3} = 5,8 \text{ МПа},$$

де $W_{зг}$, $W_{кр}$ - момент опору при згинанні та крученні в критичному перерізі вала, мм³.

6. Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні вала становить відповідно:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\hat{E}_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_\varepsilon} = \frac{280}{\frac{1,66}{0,83} 64,04} = 2,96;$$

$$n_\tau = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{\hat{E}_\tau}{\varepsilon_\tau} \tau_{\varepsilon\delta}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,7}{0,71} 5,8} = 6,78;$$

де $\sigma_{-1} = 280$ МПа, $\tau_{-1} = 140$ МПа – границі витривалості матеріалу вала (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні.

7. Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{\dot{i}_\sigma \cdot \dot{i}_\tau}{\sqrt{\dot{i}_\sigma^2 \cdot \dot{i}_\tau^2}} = \frac{2,96 \cdot 6,78}{\sqrt{2,96^2 \cdot 6,78^2}} = \frac{20,06}{20,06} = 1.$$

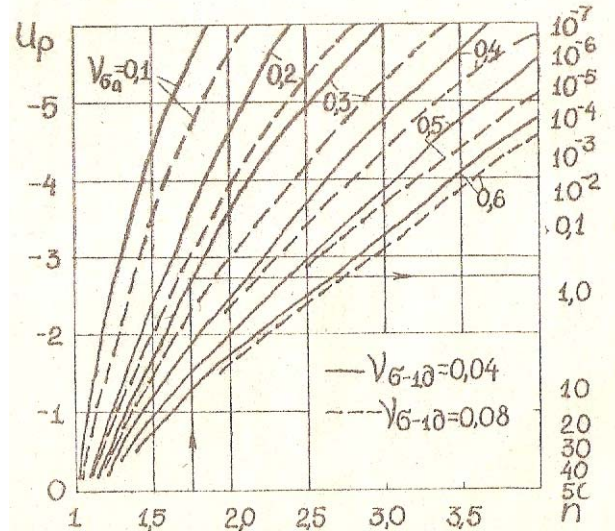
8. Середнє квадратичне відхилення амплітуд напружень

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{\zeta\bar{a}}}{3} = \frac{0,71 \cdot 64,04}{3} = 15,15 \text{ МПа}, \quad \text{де } A = \frac{M_{кр}}{M_{зг}} = \frac{50}{70} = 0,71.$$

9. Коефіцієнт варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{\zeta \bar{a}}} = \frac{15,15}{64,04} = 0,236$$

10. Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд $v_a = 0,3$. Знаходимо за графіком ймовірність відмови (руйнування валу в критичному перетині) при одержаних розрахункових даних ($n = 1,75$; $v_a = 0,24$). Ймовірність руйнування валу в критичному перерізі: $F(t) = 0,08$.



11. Враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$P(t) = 1 - F(t) = 100 - 0,08 = 99,2.$$

Одержаний показник свідчить, що вал має високу експлуатаційну надійність

12. Маркетингове обґрунтування проекту.

Мікроекономічний аналіз світового ринку зерна передбачає виявлення динаміки зміни основних показників функціонування зернового ринку, зокрема це виробництво, пропозиція, споживання, торгівля, ціна, запаси. Розмір і темпи зростання ринку є ключовим показником кон'юнктури ринку. Швидкозростаючий ринок буде заохочувати нових країн-учасників, а також вигравати від наявних країн-конкурентів. Повільно зростаючий або занепад ринку робить ринкові умови набагато жорсткішими, а країн-конкуренти борються за свою частку слабого попиту.

Кон'юнктура зернового ринку – відображає співвідношення між попитом і пропозицією, зміною цін і товарних запасів, портфелем замовлень по галузях та іншими економічними показниками.

Мікроекономічний аналіз показників кон'юнктури світового ринку зерна можна здійснити за такими параметрами:

- показники пропозиції, які включають світові обсяги виробництва та обсяги (частки) кожної країни зокрема; виробничий і сировинний потенціал; обсяг інвестицій; динаміка експорту та імпорту; розподіл ринку; концентрація виробників на ринку; тип ринку;
- показники попиту, які включають світові обсяги споживання та обсяги споживання в розрізі окремих країн, структуру та напрямки споживання зернової продукції;
- цінові показники, які відображають поточний рівень цін; їхню волатильність внаслідок впливу певних чинників;
- показники тенденцій розвитку зернового ринку у світі, його стійкість та циклічність.

<i>Відповідальна особа</i>	<i>Технічне завдання</i>	<i>Вид документа</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник документа</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Маркетингові	18-0232.KP.07.012 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд.</i>	<i>Дата</i>	<i>Мова</i>	<i>Арку</i>	

На відміну від інших ринків світовий ринок зерна має певні особливості:

- є найбільш досконалим з точки зору конкуренції і прогнозованим;
- продукція зернового ринку є життєво необхідною і широко вживаною практично на всьому світовому просторі;
- продукція зернового ринку має довготривалий термін зберігання і транспортування.

Динамічне зростання населення планети є однією із світових тенденцій, що сприяє постійному збільшенню споживання продовольства. За прогнозами ООН до 2050 р. народонаселення Землі збільшиться до 9,6 млрд осіб. Це, безперечно, призведе до значного зростання попиту на продукти харчування, в тому числі й на продукцію на зерновому ринку. При цьому, землі, придатної для вирощування сьогосподарської продукції, більше не стане (на сьогодні – 1,6 млрд га), а її кількість на 1 особу населення скоротиться в два рази – до 0,18 га (у 2000 р. – 0,3 га). Підвищення врожайності земель також малоімовірне: сьогодні як в Європі, так і в США врожайність земель вже дуже висока і може підвищитися тільки за рахунок генно-модифікованої продукції. Відповідно, в наступні роки на світовому ринку спостерігатиметься дефіцит продовольства, який, в свою чергу, буде причиною зростання цін [2]. Сучасна кон'юнктура світового ринку зерна характеризується зміною співвідношення світового попиту і пропозиції, ціновими коливаннями, а також динамічним зростанням торгівлі продовольством у контексті збільшення потреб населення і його доходів у різних частинах світу.

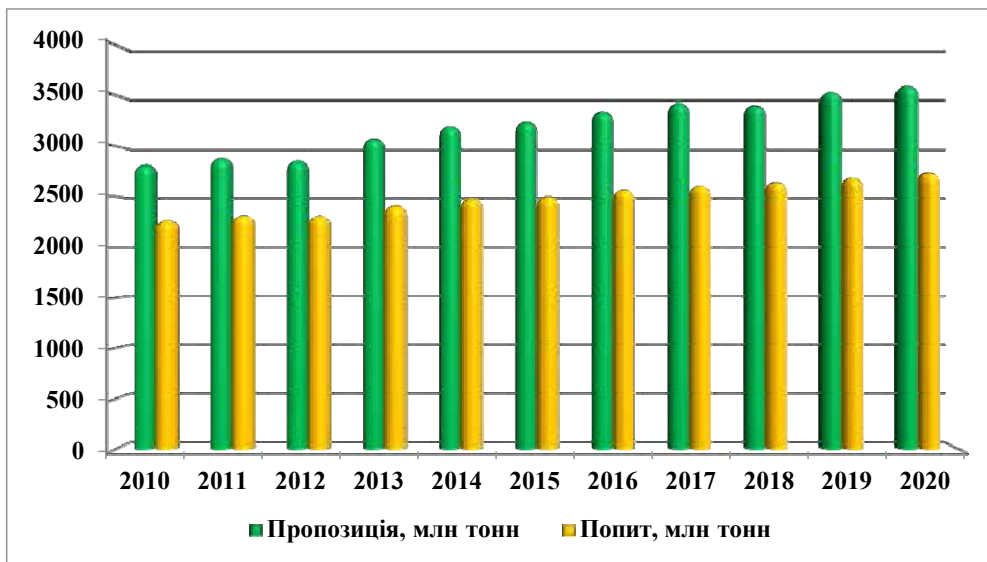


Рис. 12.1. Динаміка світового попиту і пропозиції на ринку зерна за 2010–2020 рр.

За підсумками 2010–2020 рр. показники розвитку світового ринку зерна відображали стійкий зростаючий тренд (рис. 1). Динаміка зміни основних показників ринку – попиту і пропозиції зернових за останні 10 років у світі показує, що середньорічні темпи зміни пропозиції є вищими від темпів зміни попиту: +2,5% проти +1,9%. Однак тенденція до зростання темпів попиту над темпами пропозиції спостерігається впродовж останнього року.

Так, за 2020 р. обсяг пропозиції збільшився із 3539,1 до 3600,7 млн тонн (1,74%) порівняно з 2019 р., а обсяг попиту зріс із 2692,6 до 2745,0 млн тонн (1,95%). Це зумовлено зменшенням врожайності зернових (пшениці) внаслідок погіршення кліматичних умов в основних країнах-виробниках, зокрема в Аргентині та Україні. Варто відзначити, що спостерігається дисбаланс між світовою пропозицією і світовим попитом на зерно, але це не говорить, що кожен рік виробляють більше зерна, ніж споживають. Ця різниця пояснюється річними запасами зерна в різних країнах. У цьому можна бачити тільки позитивний ефект, так як зернова галузь залежить від природно-кліматичних умов і у випадку неврожаю з певних причин, світові

запаси мають становити близько 800 млн тонн зерна. Зростання світових обсягів пропозиції зернових відбувається за рахунок зростання виробництва, і як наслідок зростання запасів зерна (рис. 2).

Світові запаси зернових у 2020 р. склали 876 млн тонн, що відповідає рівню 2019 р., світовий коефіцієнт запасів зернових склав 31,9, торгівля зерновими становила 451,5 млн тонн, або + 3,0% до 2019р.

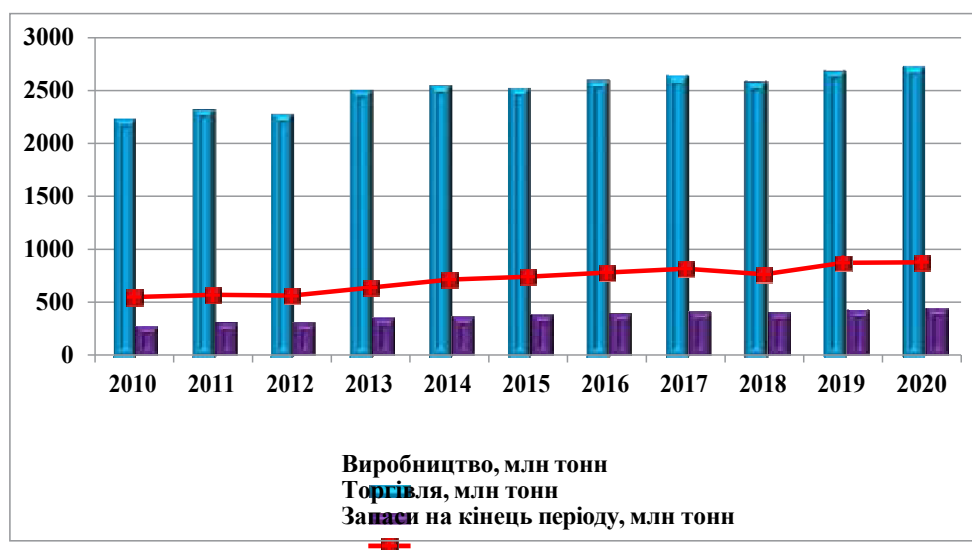


Рис. 12.2. Динаміка виробництва, торгівлі і запасів на світовому ринку зерна за 2010–2020 рр.

Впродовж 10 років спостерігається тенденція щодо збільшення світового споживання та торгівлі зерновими культурами, що зумовлено щорічним приростом населення майже на 80 млн осіб. За останній рік пандемія COVID-19 суттєво не вплинула на світовий ринок зернових культур, проте зберігається певна невизначеність через втрати доходів внаслідок вжитих країнами обмежувальних заходів щодо стримування поширення хвороби, порушення логістичних ланцюгів та світового економічного спаду. Виходячи

з показників виробництва, споживання, запасів та торгівлі, світовий ринок зернових культур загалом демонструє стійкість до кризи, викликані пандемією COVID-19.

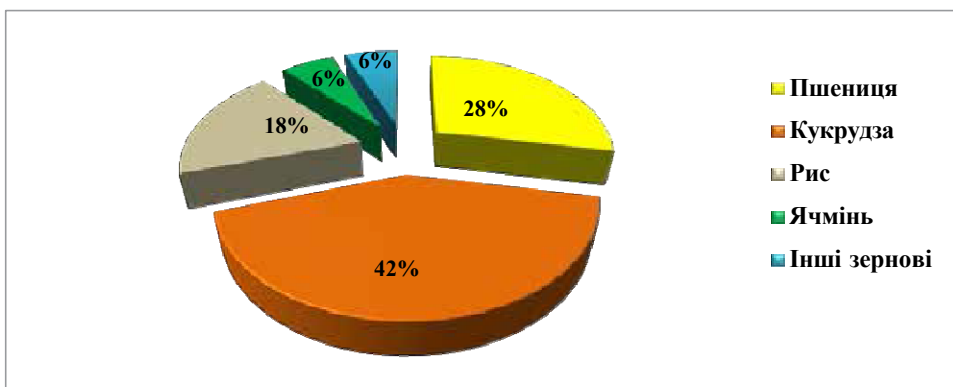


Рис.12. 3. Структура світового виробництва зернових

Аналіз структури світового виробництва зерна показав, що найбільша частка зернових припадає на кукурудзу – 42%, на пшеницю – 28%, рис – 18% ячмінь – 6% та інші зернові – 6% (рис. 3).

Для багатьох країн світу пшениця була, є і буде основною продовольчою культурою. Посівні площі під пшеницею становлять сьогодні близько 220 млн га. Майже 76% усього обсягу світового виробництва пшениці зосереджено в 10 країнах світу: Китаї, Індії, Росії, ЄС, Туреччині, Україні, Аргентині, Австралії, Канаді та США. Найбільшими виробниками пшениці у світі є Китай (134 млн тонн), ЄС (123,7 млн тонн), Індія (107,6 млн тонн) та Росія (82 млн тонн). Частка України у світовому виробництві зерна пшениці складає 3%. Сучасний світовий ринок зерна характеризується концентрацією виробництва та експорту нечисленної групи країн. На початку XXI ст. на світовому ринку зерна з'явилися нові гравці, які зуміли за короткий період часу перетворитися у великих не тільки виробників, але і експортерів зерна – це країни Чорноморського басейну (Росія, Україна). Навпаки, споживання та імпорт зерна характеризуються широкою географічною диверсифікацією (країни Азії, Африки та частково Латинської Америки).

Відповідно до прогнозів ФАО [1] основною тенденцією до 2026 р залишиться зростання світового споживання зерна, що буде обумовлено в основному збільшенням попиту з боку країн, що розвиваються. За останніми даними USDA на березень 2020 р загальний обсяг зовнішньої торгівлі пшеницею склав 184 млн тонн. За останні чотири роки найбільше зростання експорту відбулося у Аргентини (+ 54%), Росії (+ 37%) і США (+ 26%). До ТОП-5 країн експортерів пшениці у 2019 р. належать Росія – 35 млн тонн, ЄС – 32 млн тонн, США – 27,5 млн тонн, Канада – 23 млн тонн, Україна – 20,5 млн тонн. До країн з найбільшим приростом імпорту з 2015 р. до 2019 р. можна віднести Туреччину (+164%), Філіппіни (+48%) та Бангладеш (+38%). Найбільшими імпортерами пшениці у 2019 р. були Єгипет – 12,5 млн тонн, Індонезія – 11 млн тонн, Туреччина – 10,5 млн тонн, Бразилія – 7,3 млн тонн, Філіппіни – 7,3 млн тонн [5].

Попередній прогноз попиту та пропозиції на пшеницю у сезоні 2021 р. стосується рекордного виробництва, рекордного споживання та рекордних запасів, але помірного зниження торгівлі. Враховуючи зростання врожайності в Європі, Північній Африці та Індії, глобальне виробництво пшениці збільшиться до нового максимуму в 790 млн тонн. Попит на пшеницю може бути посилений за рахунок збільшення використання кормів на тлі посилення поставок альтернативних варіантів, включаючи кукурудзу та ячмінь. Подальше зростання запасів передбачається, але це, ймовірно, знову буде в основному в Китаї та Індії.

Порівняння тренду зміни глобальних показників співвідношення обсягу запасів до споживання і співвідношення запасів основних експортерів до їх використання показує, що світове споживання зернових значно випереджає їх використання. Так, якщо у 2010 р. їхнє співвідношення становило 1,2:1, то у 2020 р. – 1,7:1 на користь споживання. Це зумовлено динамічним зростанням кількості населення планети, що зумовлює зростання попиту при незначному зростанні світових обсягів посівів зернових.

Світовий ринок зерна складається із двох сегментів – продовольчого і кормового. Продовольчий формує ринок пшениці і рису, тоді як другий – зернові культури кормового використання (кукурудзу та ячмінь). У структурі використання зернових у 2020 р. (рис. 4) найбільша частка припадає на корми для відгодівлі і утримання тварин – 48%, на промислову переробку – 17%, на продовольчі потреби – 35% [7].

Серед основних експортерів пшениці у світі найбільше зростання цін відбулось на пшеницю з ЄС – в середньому за квартал на 12,7% та за рік на 33%, на пшеницю з України відповідно – на 10,8% та 27,3%. Світові ціни на кукурудзу за останні 8 місяців послідовно зростали. Очолюючи третій місяць зростання серед основних експортних зернових, ціна на кукурудзу із США зросла на 5,8% в місяць, або на 45,1% за рік. Котирування експортних цін на кукурудзу з України у лютому 2021 р. зміцнилися, при цьому середня ціна на

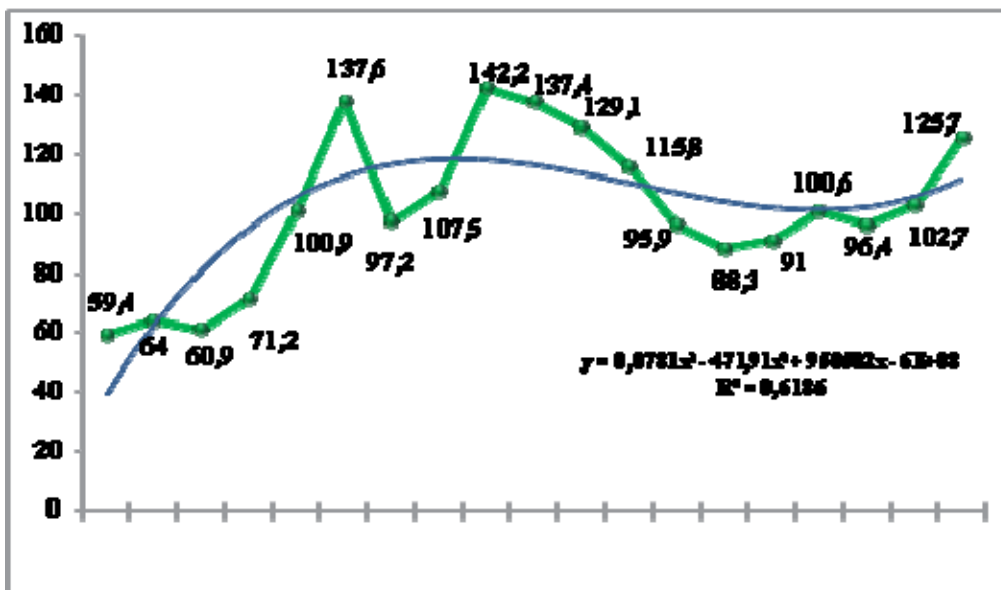


Рис. 12.4. Динаміка індексу цін на зернові за 2003–2021 рр.

кукурудзу за місяць зросла на 3,6% (з січня по лютий) і на 45% за рік.

Основними драйверами цінового росту на світовому ринку зерна є:

1. Зміна клімату – негативний вплив на врожайність зернових зробив ефект La Niña в країнах Південної Америки, який розвинувся восени 2020

року в Аргентині та Бразилії. Як наслідок, у вересні ціни на зерно стрімко пішли вгору. Очікується, що до середини цього століття підвищення середніх температур, зміни в режимі опадів, підвищення рівня моря, зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, а також можливе збільшення обсягів шкоди через шкідників і хвороби, відіб'ються на рослинництві.

2. Китайський чинник – за прогнозами аналітиків Китай вийде на друге місце серед основних імпортерів зернових, збільшивши свої закупівлі. За оцінками Мінсільгоспу США, імпорт пшениці до Китаю у 2020-2021 маркетинговому році становитиме 10 млн тонн проти 5,4 млн тонн роком раніше, кукурузи – 24 млн тонн проти 7,6 млн тонн. Країна нарощує власне виробництво і планує нарощувати й закупівлі. Проте в умовах поточного погіршення епідеміологічної ситуації обсяги ввезення пшениці можуть виявитися ще більшими, адже Китай традиційно в умовах нестабільності збільшує запаси. У 2020 році, після втрати кількох років раніше 50% поголів'я свиней, Китай почав його активне відновлення, тому знадобилося більше кукурудзи, сої та продуктів їх переробки. Це змусило країну суттєво наростити імпорт.

3. Надмірна протекціоністська політика окремих країн – введення експортних обмежень низкою країн з міркувань продовольчої безпеки спровокувало ажіотажний попит на світових ринках. У грудні 2020 р. в нього вирішила погратися Росія, яка протягом останніх місяців кілька разів змінювала правила гри на зерновому та олійному ринках. Спочатку влада країни анонсувала введення експортних квот, далі запровадила мита, потім збільшила розмір експортного податку, а в підсумку – анонсувала з 1 квітня 2021 р. плаваючу митну ставку при експорті зерна. Така поведінка одного з провідних гравців на світовому ринку і лідера з експорту пшениці заплутала гравців і ще більше дестабілізувала зернові ринки. Такі дії покликані забезпечити достатні запаси зернових для країни експортера у надзвичайний

період. Вони порушили звичні ланцюги поставок та спровокували істотне підвищення котирувань ще до початку дії обмежень – одразу після оприлюднення новин. Як наслідок, на відміну від інших товарних ринків, ціни на ринку пшениці тільки за другу половину березня 2021 р. зросли в середньому на 15%. Проте експортні обмеження одних країн стали своєрідним "вікном можливостей" для інших експортерів пшениці, зокрема й України. Активність таких держав стримала подальше зростання цін.

5. Побоювання, пов'язані з подальшим поширенням вірусів – поширення COVID-19 мало суттєвий вплив на світовий ринок пшениці. Загострення епідеміологічної ситуації в окремих країнах спричинило відтермінування початку сільськогосподарських робіт. Це позначилося не лише на площах посівів, а й врожайності, особливо в країнах ЄС та США. Скорочення попиту на м'ясну продукцію через введення країнами карантинних заходів та погіршення фінансового стану домогосподарств призвели до зниження попиту на фуражну пшеницю з боку тваринництва.

6. Невизначеність із майбутнім урожаєм озимих культур в основних країнах-виробниках Північної півкулі.

Таким чином, провівши мікроекономічний аналіз стану світового ринку зернових, можна відмітити, що основною його ознакою є підвищення обсягів попиту і пропозиції зернових. Постійне збільшення глобального попиту зумовлене зростанням чисельності населення, передусім у країнах, що розвиваються, де спостерігається висока питома вага імпорту зернових, відставання від раціональних норм споживання на 1 особу населення та поступове підвищення купівельної спроможності. Дисбаланс попиту та пропозиції на ринку посилюється і через постійне скорочення стратегічних запасів зерна, що впливає на зростання індексу цін. Причинами розвитку такої тенденції є погіршення природнокліматичних та екологічних умов, що викликає загрозу виробничому потенціалу зернової галузі. Однак, що б не

відбувалося у світі, саме ринок зерна залишається динамічною і перспективною її частиною, адже всі процеси, що відбуваються на цьому ринку, безпосередньо впливають на продовольчу безпеку окремої держави та світової економіки загалом.

Висновок

Суть проведеної модернізації зерносушильного комплексу на базі сушильних установок У13-СП-25 з встановленням двох зерносушарок з метою економії енергоресурсів, заключається в побудові трубопроводу, що подає гаряче повітря на повторне використання. Відпрацьоване гаряче повітря надходить в економайзер, який працює наступним чином: в трубки економайзера заходить гаряче повітря, що надійшло з трубопроводу, а в міжтрубному просторі розташовується повітря з навколишнього середовища. За рахунок конденсації холодне повітря нагрівається, а гаряче у вигляді водяних крапельок виходить на вулицю. Після цього підігріте повітря йде в топку, де підігрівається до певної температури, але температура повітря після економайзера є вищою ніж температура повітря з навколишнього середовища. За рахунок цього знизяться витрати палива на підігрів повітря.

Модернізований комплекс дає можливість частково вирішити проблеми високої вартості сушіння зерна в зерновій промисловості та підвищити ефективність роботи даної галузі.

З економічної точки зору проведена модернізація є доцільною і може бути рекомендованою до впровадження.

Відповідальна особа	Технічне проєктування	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Висновок	18-0232.KP.07.000 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Список використаної літератури

1. Черниш П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств./ П.Г.Черниш : Конспект лекцій.- К.2007.- 86с.
2. Шаповаленко О.І. Сушіння зерна: конспект лекцій для студ. Спец.6.091700 «Технологія зберігання і переробка зерна» ден. та заоч. форм навчання – К.: НУХТ, 2007. – 100с.
3. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности./А.С. Гинзбург - М.: Агропромиздат, 1995. – 336 с.
4. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна./ Г.М. Станкевич та ін. : Підручник .- К.: Либідь, 2007. – 352с.
5. Мельник Б.Е., Малин Н.И. Справочник по сушке и активному вентилированию зерна./ Б.Е. Мельник , Н.И. Малин – М.: Колос, 2002. – 175 с.
6. Пунков С.Г., Стародубцева А.И. Хранение зерна,элеваторно- складское хозяйство и зерносушение./ С.Г. Пунков, А.И. Стародубцева М.; Агропромиздат, 2010.-322с.
7. Мерко И.Т. и др. Проектирование зерноперерабатывающих предприятий с основами САПР./И.Т.Мерко и др. – М.; Агропромиздат, 2009.-298с.
8. Черняев Н.П. Технология комбикормового производства/ Н.П. Черняев .- М.; Агропромиздат, 1995.-423с.
9. Гулий І.С. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості/ І.С. Гулий та ін.: Підручник. – Вінниця.; Нова книга, - 2001.-487 с.

Відповідальна особа	Технічне виробництво	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Список використаної літератури	18-0232.KP.07.000 ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

10. Мирончук В.Г. та ін. Розрахунок обладнання підприємств переробної і харчової промисловості ./В.Г. Мирончук та ін. Підручник: - Вінниця; Нова книга, 2004.-531 с.
11. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – Київ .КПХП, 1998.-43 с.
12. Демский А.Б., Птушкина Г.Е., Борискин М.А. Комплектное оборудование мукомольных заводов ./А.Б. Демский и др.- М; Агропромиздат, 2005.-238 с.
13. Баранцев В. И. Сборник задач по процессам и аппаратам пищевых производств ./В.И. Баранцев М. : Агропромиздат, 2005.- 136с.
14. Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г.И. Теплофизические характеристики пищевых производств ./ А.С. Гинзбург и др.- М.: Пищевая промышленность , 2000.- 288 с.
15. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушылки. /В.И. Жидко и др.- М.: Колос ,2002.- 239 с.
16. Самочетов В.Ф. , Джорогян Г.А. Зерносушение ./ В.Ф. Самочетов ,Г.А. Джорогян . - М. : Колос, 2000.- 287 с.
17. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок./ П.Д. Лебедев - М.: Госэнергоиздат ,1993.- 320 с.
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>
19. Офіційний сайт ООН. URL: <http://www.un.org>
20. La Niña, COVID – серед основних драйверів цінового росту на зернових ринках. URL: <https://proagro.com.ua/news/world/mariya-kolesnyk-lanina-covid-sered-osnovnyh-drajveriv-czinovogo-rostu-na-zernovyh-rynkah.html>
21. GIEWS FPMA Tool monitoring and analysis of food prices. URL: <https://fpma.apps.fao.org/giews/foodprices/tool/public/#/dataset/international>

22. U.S. Exports of Agricultural & Related Products to CY 2014–2020. URL: <https://apps.fas.usda.gov/gats/PrintBicoReport.aspx>
23. ТОП-10 стран-производителей пшеницы в 2019 году. URL: <https://latifundist.com/rating/top-10-stran-proizvoditelej-pshenitsy-v-2019-godu>
24. Grain market report. URL: http://www.igc.int/en/gmr_summary.aspx#
25. Grain: World Markets and Trade March 9, 2021. World Production, Markets, and Trade Reports. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>