

**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  
проекування

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Блаженко С.І.  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Миرونчук В.Г.  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 133 \_\_\_\_\_ «Галузеве  
машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових та біотехнологічних  
виробництв

на тему Модернізація пневматичної сушарки для крохмалю типу ПС-15  
Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-7ск.

\_\_\_\_\_  
Ященко Олександр Ігорович  
(прізвище та ініціали)

Керівник Яровий Володимир Леонідович \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2021р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого  
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

(шифр і назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП  
проф. Мирончук В.Г.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Яценко Олександр Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація пневматичної сушарки для крохмалю типу ПС-15 керівник проекту (роботи) проф. Яровий Володимир Леонідович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 30 » 03 2021 р. № 227 -  
кс 2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2021р.

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, порівняльний аналіз технічних рішень, обґрунтування модернізації (удосконалення), характеристика вихідної сировини і готового продукту, опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи щодо охорони праці; висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Загальний вигляд обладнання – 5 аркуш; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуш;  
Технологія машинобудування – 1 аркуш.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 19.04.2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка <i>а</i>
1	<i>Анотація, зміст</i>	23.04.2021	
2	<i>Вступ</i>	23.04.2021	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	30.04.2021	
4	<i>Обґрунтування модернізації (удосконалення)</i>	30.04.2021	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	07.05.2021	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	07.05.2021	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	07.05.2021	
8	<i>Розрахункова частина</i>	14.05.2021	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	14.05.2021	
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</i>	18.05.2021	
11	<i>Опис системи управління</i>	21.05.2021	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	21.05.2021	
13	<i>Висновки</i>	28.05.2021	
14	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i>	28.05.2021	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.06.2021	

## **Анотація**

В кваліфікаційній роботі проведено модернізацію пневматичної сушарки для крохмалю.

Метою модернізації сушарки є підвищення якості готової продукції, зниження енерговитрат.

В кваліфікаційній роботі викладено аналіз сучасного стану апаратурно-технічного забезпечення процесу сушіння крохмалю, обґрунтовано напрямок модернізації сушарки, що підтверджено наведеними розрахунками. В роботі також приведені основні правила монтажу, ремонту та обслуговування сушарки, екологічні вимоги та вимоги охорони праці.

Робота виконана з врахуванням вимог діючих стандартів до конструкторської документації і складається із вступу, 10 розділів, висновків, списку використаних літературн, а також з графічної частини.

Ключові слова: сушарка, крохмаль, крохмалепродукти, пневматичні, сушіння.

## **Abstract**

In the qualification work the modernization of the pneumatic dryer for starch was carried out.

The purpose of modernization of dryers is to improve the quality of finished products, reduce energy consumption.

The qualification of the work contains an analysis of the current state of hardware and technical support of the drying process of the ridge, a reasonable direction of modernization of dryers, which is confirmed by the above calculations. The paper also presents the basic rules of installation, repair and maintenance of the dryer.

The work is performed taking into account the requirements of current standards to the design documentation and is created from the introduction, sections 10, conclusions, list of references, as well as the graphic part.

**Keywords:** dryer, starch, starch products, pneumatic, drying.

## ЗМІСТ

Вступ.....	
1. Порівняльний аналіз технічних рішень.....	
2. Обґрунтування модернізації пневматичної сушарки типу ПС-15 для крохмалю.....	
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	
4. Опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи модернізованої труби сушарки.....	
5. Розрахункова частина.....	
6. Вибір конструкційних матеріалів.....	
7. Технологія виготовлення окремих деталей.....	
8. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту .....	
9. Опис системи управління .....	
10. Заходи щодо охорони праці.....	
Висновок.....	
Список використаної літератури.....	

## Вступ

Крохмаль і крохмалепродукти набувають все більшого поширення в світі як самостійні продукти та сировина для інших виробництв. Перероблення різної крохмалевмісної сировини на крохмаль і крохмалепродукти перебуває на одному з провідних місць в економіці промислово розвинених країн. Загальносвітова потреба в крохмалі зростає в середньому на 4 % щороку і становить в розрахунку на душу населення близько 2,6 кг на рік. Унікальність крохмалю полягає в тому, що це біополімер, який щорічно відновлюється і біологічно утилізується, тому в світі швидко зростає виробництво полімерних матеріалів на його основі. Майже половину усієї крохмальної продукції в світі споживає харчова промисловість-хлібопекарська, кондитерська, молочна, виробництво ковбас, напоїв тощо. Значна частина крохмалю використовується в целюлозно-паперовій, текстильній, будівельній, нафтогазовидобувній та фармацевтичній галузях промисловості.

Традиційно з крохмалю в світі виробляється широкий асортимент різних продуктів: кристалічна та гранульована глюкоза і фруктоза, різні види крохмальної патоки, глюкозні, мальтозні та глюкозно-фруктозні сиропи, мальтодекстрин, модифіковані види крохмалю, які завдяки хімічним взаємодіям і термічній деструкції природного крохмалю набувають властивостей, корисних для застосування у різних галузях. Цукристі крохмалепродукти, що є продуктами гідролізу крохмалю, широко використовуються як підсолоджувачі, замітники бурякового цукру. Такі їх властивості, як солодкість, в'язкість, осмотичний тиск, температура замерзання, можна змінювати відповідно до потреб споживача.

## **1.1 Порівняльний аналіз технічних рішень**

В промисловості в даний період часу впроваджені і знаходяться в експлуатації найбільш сучасні пневматичні, відцентрові крохмалосушарки типів: ПС-15, ППС-25М, ПСК-100, ЦС.4М і ЦС-8М.

В основному роботи пневматичних крохмалосушарок всіх типів закладений принцип сушіння розпушеного крохмалю в потоці гарячого повітря. Швидкість руху суміші крохмаль - повітря по каналах сушарки вибирається такою, щоб вона була більше швидкості витання зерен крохмалю в потоці. Практично швидкість руху цієї суміші знаходиться в межах 14-20 м/с.

Процес сушіння крохмалю в потоці повітря в пневматичних сушарках відбувається майже миттєво. Цьому сприяє розпушений стан який подається в сушарку крохмалю: при цьому різко збільшується поверхня випаровування вологи з поверхні крохмальних зерен. Це дозволяє застосовувати в пневматичних крохмалосушарок повітря високої температури, не боячись нагріву зерен крохмалю понад 40С, і одночасно забезпечувати ефективну вологовіддачу при високих температурах сушіння крохмалю.

## Пневматична сушарка марки ПС-15

Дослідно-конструкторським бюро НВО по крохмалесушарках розроблена конструкція пневматичної крохмалесушарки ПС-15 з підігрівом повітря в парових калориферах. Схема установки приведена на рис. 1.

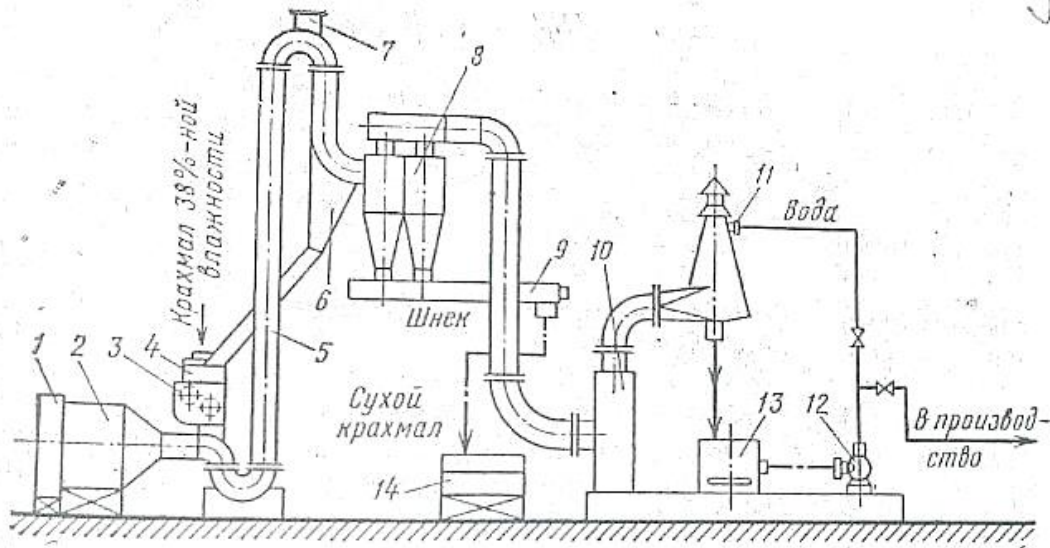


Рис.1 Схема пневматичної сушарки марки ПС-15.

Зневоднений на центрифугах сирий крохмаль надходить через змішувач-живильник 4 в розпушувач 3, в якому змішується з гарячим повітрям, очищеним в фільтрі 1 і підігрітим в калорифері 2. За рахунок вакууму, що створюється в сушарці вентилятором 10, крохмале-повітряна суміш піднімається по трубі 5, де крохмаль висушується до необхідного вмісту вологи. На верхній частині вигину сушильної труби встановлений противибуховий клапан 7. По потоку сушильної труби 5 недосушені крохмальні грудочки, як більш важкі, падають вниз і через кишеньку 6 і затвори повертаються в живильник 4, а суміш сухого крохмалу з повітрям направляється у циклон 8. З циклонів крохмаль надходить в шнек 9, котрий подає його в бурат 14 для просіювання і після цього на упаковку. Відпрацьоване повітря надходить в скруббер 11. Вода, що подається в нього насосом 12, збирається в збирач 13, і при підвищенні концентрації крохмалу в суспензії до 6-8% СВ її відкачують назад у виробництво, а у збирач 13 подають свіжу воду.

У сушарці встановлено ланцюговий варіатор для приводу валу подаючого шнека, що дозволяє змінювати частоту обертання останнього в великих межах-від 25 до 120 об / хв. Це створює умови для роботи сушарки в широкому діапазоні продуктивності і при великих можливостях теплового режиму сушки.

Розпушувач складається із коритоподібного кожуха, в який вмонтований спеціальний дисковий барабан-розпушувач. Він являє собою вал з насадженими дисками і привареним до них бичами.

Бичі розпушувача на периферії по черзі розгорнуті на кут  $15^\circ$  вліво і вправо. Це сприяє кращому розпушуванню крохмалю і дає можливість підтримувати в підвішеному стані крохмаль. Вал розпушувача приводиться в обертання від електродвигуна з частотою обертання ротора 980 об/хв і потужністю 7,5кВт.

Повітря засмоктується в сушарку через калорифер і кожух розпушувача з атмосфери вентилятором з частотою обертання 1460 об/хв.

Введення повітря в кожух розпушувача і вивід з нього крохмале-повітряної суміші здійснюється через два приварених патрубків. Засмоктувальне повітря попередньо піддається очищенню на фільтрах системи РЕКК, змонтованих перед калорифером, в якому він підігрівається до температури  $140^\circ\text{C}$ . Калориферна установка складається з шести секцій пластинчастих калориферів типу КВБ-П. Секції калориферів розташовані в два ряди по три калорифера, які обігріваються паром тиском 0,8МПа. Конденсат з калориферів відводиться через конденсатовідвідник і повертається в котельню.

Нагріте повітря, що надійшло в розпушувач, інтенсивно перемішується з розпушеним крохмалем, віддає тепло на нагрівання крохмалю і випаровування вологи в ньому. Потім крохмале-повітряна суміш надходить в сушильну трубу, де крохмальні зерна, перебуваючи в підвішеному стані, утворюють велику поверхню випаровування: при цьому вільна волога швидко випаровується, а зерна крохмалю висушуються.

Висушений крохмаль надходить в сепаратор, забезпечений двома поворотними заслінками, а з сепаратора надходить в батарею циклонів. Крупка і недосушений крохмаль повертаються з сепаратора в живильник-змішувач на повторне рихлення і досушку.

Батарея циклонів складається з двох циклонів типу УЦ-38 діаметром 1000 мм, що мають циліндрично-конічну поверхню. Такі циклони мають високий коефіцієнт очищення, що досягає 99,98%. У циклонах відбувається відділення частинок крохмалю від повітря. Сухий крохмаль з циклонів потрапляє в шнек, який подає його на розсіювання.

Після циклонів повітря в суміші з парами випареної вологи і незначною кількістю крохмалю у вигляді крохмального пилу подається вентилятором в скруббер. У ньому відбувається мокре уловлювання крохмального пилу. Вода з скрубера в вигляді дуже рідкої крохмальної суспензії надходить в збиральник, звідки насосом подається знову в скруббер і при досягненні 6-8% сухих речовин повертається у виробництво.

Очищене і охолоджене повітря з скрубера виводиться в атмосферу.

### **Пневматична сушарка марки ППС-25М**

Конструкція сушарки марки ППС-25М є вдосконаленою конструкцією сушарки марки ППС-25. За принципом дії вона аналогічна сушарці марки ПС-15, схема якої зображена на рис.1.

Продуктивність сушарки може змінюватися в значному діапазоні. Сушильна труба має висоту 6,5 м з вмонтованим противибуховим клапаном. Тиск пари в калориферах становить до 0,8 МПа. Конденсат виводиться в котельню. Живильник-змішувач має обсяг, який забезпечує безперервність роботи сушарки протягом 10-15 хв при повному заповненні його крохмалем.

Батарея циклонів сушарки ППС-25М складається з чотирьох циклонів типу УЦ-38 діаметром 1000 мм. У нижній частині кожна пара циклонів з'єднана загальним шнеком, що має спеціальний клапан. Клапан перешкоджає підсосу повітря і буває в відкритому положенні тільки при наявності крохмалю в шнеку. Вал шнека приводиться в обертання електродвигуном

потужністю 1,5 кВт з частотою обертання 980 об/хв через черв'ячний редуктор.

У верхній частині циклони з'єднань через спеціальні кожухи і перехідний патрубок з вхідним патрубком вентилятора типу ЦП7-40. Вихідний патрубок вентилятора прикріплений до скрубера.

Сушильна труба, циклони, шнеки змонтовані на загальній рамі. Сушарки ПС-15 і ППС-25М працюють по ідентичним технологічних схемах.

### Пневматична сушарка марки ПСК-100

Пневматична сушильна установка марки ПСК-100 є найпотужнішою установкою для сушіння крохмалю, створеної за схемами пневматичних

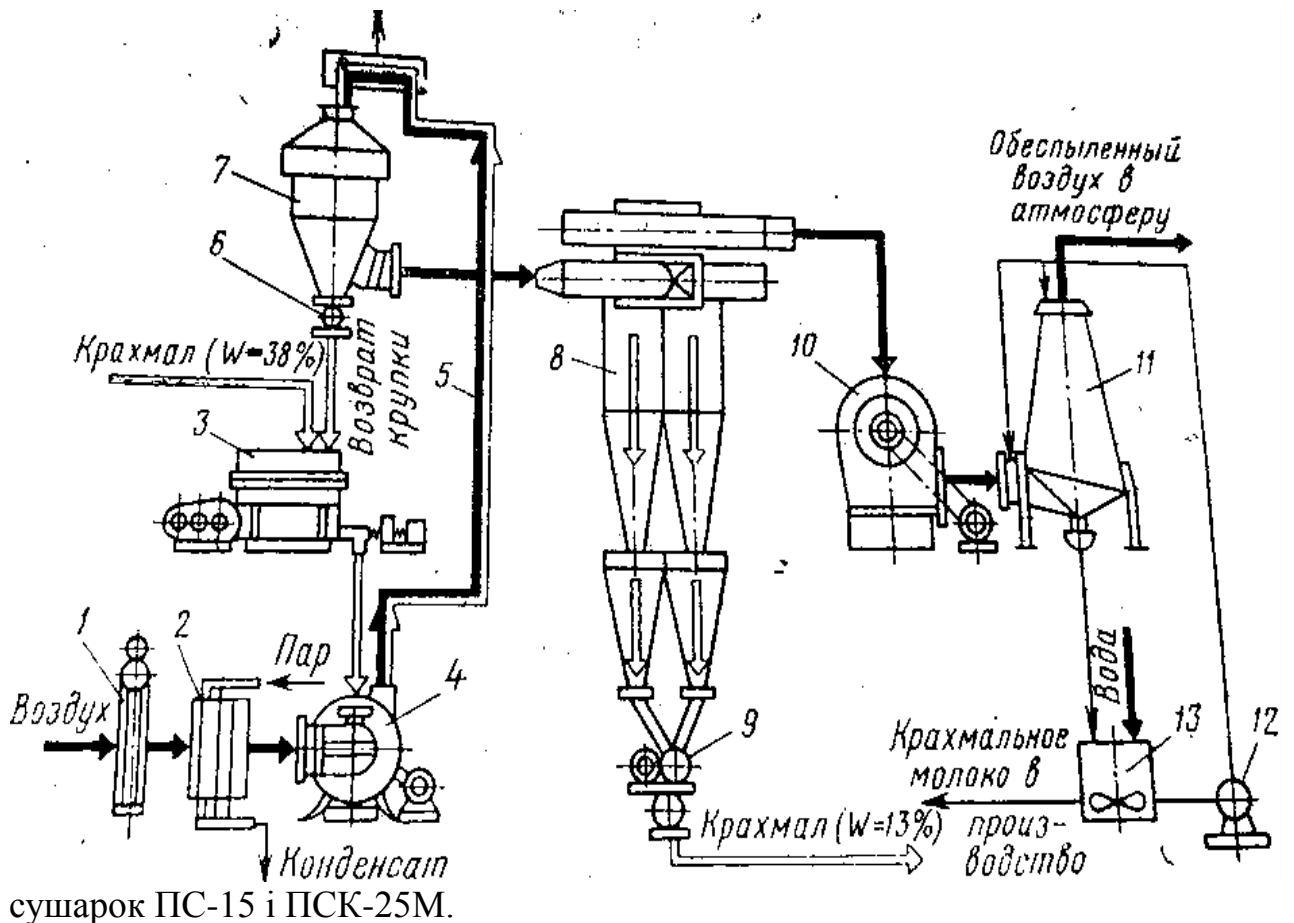


Рис.2. Схематична пневматична сушарка ПСК-100

З наведеної схеми сушарки ПСК-100 видно, що перед початком сушіння крохмалю в неї подається очищений в фільтр 1 і нагріте в калорифері 2 повітря, а крохмаль через спеціальний живильник з автоматичним пристроєм 3, який

регулює подачу необхідної кількості крохмалю, в ротор розпушувач 4, де він змішується з гарячим повітрям. Потік суміші проходить по висушу вальній трубі 5, з якої через шлюзовий затвор 6 повертається на повторне підсушування недосушена частина крохмалю з сепаратора 7, а сухий крохмаль надходить в батарею аероциклону 8, де розділяється на крохмаль і відпрацьоване повітря, що містить близько 1% крохмального пилу. Сухий крохмаль через шлюзовий затвор 9 виводиться з сушарки, а відпрацьоване повітря вентилятором 10 направляється в мокрий скруббер 11, де обезпилюється та випускається в атмосферу. Через цей скруббер також насосом 12 прокачується вода в збірник з мішалкою 13, який годом направляється у виробництво, а збирач знову заповнюється водою.

Основною відмінністю конструкції сушарки марки ПСК-100 від конструкції сушарок ПС-15 і ПСК-25М є те, що в ній передбачено більш досконалий пристрій для повторної досушки недосушеного крохмалю в сушильній трубі 5. В цілому процес сушіння крохмалю в даній сушарці аналогічний процесу сушіння в сушарках марок ПС-15 і ППС-25М, а сама конструкція відрізняється підвищеною продуктивністю, наявністю повітряного фільтра марки КД-4006А. У даній сушарці рекомендується застосовувати вентилятор марки ВД-13,5 з продуктивністю повітря 39000 м<sup>3</sup>/год. З частотою обертання 750 об/хв. На всіх пневматичних сушарках монтуються протививбухові клапани.

Приміщення, де проводиться сушка крохмалю, вибухонебезпечне внаслідок того, що крохмальний пил при концентрації 7 мг крохмалю на 1 л повітря легко запалюється. Причинами займання можуть бути несправність електрорубильників, електромоторів, електропатронів, погане заземлення, перегрів підшипників і ін.

В першу чергу необхідно здійснити заземлення, тобто відведення статичної електрики від самої сушарки і від усіх додаткових установок, що знаходяться в цеху або відділенні сухого крохмалю. Слід встановлювати

тільки герметичну електроосвітлювальну арматуру і прилади та вибухобезпечні двигуни.

Обслуговування обладнання треба вести з обережністю, не допускаючи огляду з відкритим вогнем, а також будь-які автогенні електрозварювальні роботи. У приміщенні близько сушарок необхідно застосовувати аспіраційні прилади для пиловловлювання.

Для антологічних продуктів застосовують наступні конструкції трубчастих пневматичних сушарок. До найбільш простих відносяться одноступінчасті труби-сушарки. На рис. 3 представлена схема пневматичної трубо-сушарки ТС-1-375 конструкції Ндїхмаш, Продуктивність сушарки 2 т / год.

Вологий матеріал з бункера 2 двух шнековим живильником 1 подається в нижню частину труби-сушарки 3, де підхоплюється повітрям, підігрітим в калорифері 8, і транспортується вгору. В процесі транспортування матеріал висушується, а повітря насичується вологою і охолоджується. У циклоні 4 і батарейному циклоні 5 продукт виділяється з повітряного потоку, а відпрацьоване очищене повітря відсмоктується вентилятором 6 в атмосферу.

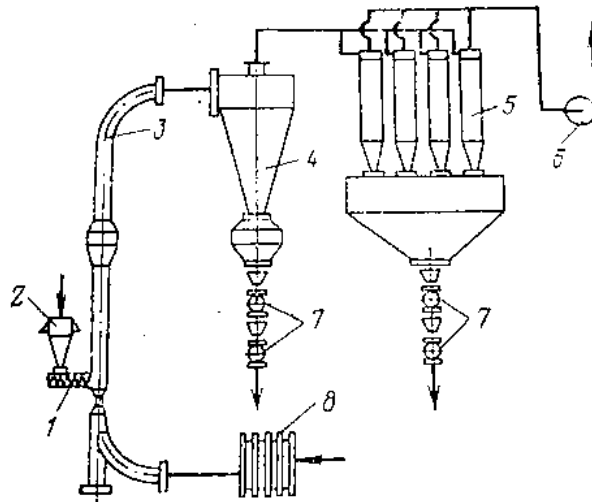


Рис.3 Схема трубчастої пневматичної сушарки ТС-1-375: 1 – живильник; 2 – бункер; 3 – труба-сушилка; 4 – циклон; 5 – батарейний циклон; 6 – вентилятор; 7 – шлюзові затвори; 8 – калорифер

Конструктивними особливостями даної сушарки є розширювач (аерофонтан) в середній частині труби і «кишеню» в нижній його частині. Розширювач створює умови не стаціонарності гідродинамічному режиму, тобто інтенсифікує процес сушки, а також сприяє затриманню великої фракції матеріалу в зоні сушки. Кишеня відіграє роль сепаратора і уловлювача для великих грудок матеріалу, оберігає їх від перегріву і розкладання.

У хімічній промисловості застосовують також багатоступінчасті труби-сушарки. Перевагою цих сушарок є те, що, створюючи на кожному ступені найбільш сприятливий режим сушіння, можна висушити матеріал до низької залишкової вологості при мінімальних витратах першого ступеня сушіння, в якому відбувається, як правило, зняття основної кількості вологи. Для цього в сушарку подається сушильний агент з максимально можливою температурою. Температура відпрацьованого газу при цьому порівняно низька. Друга ступінь використовується для остаточного висушування матеріалу. Вважається, що оптимальне число ступенів для багатоступеневих сушарок дорівнює двом. Якщо матеріал не висушується в двох ступенях, то щоб уникнути зростання капітальних і експлуатаційних витрат доцільно використовувати сушку другого типу.

На рис. 4 представлена схема установки двоступеневої трубної пневмо сушилки продуктивністю 10-11 т/год. Кожна ступінь установки має самостійну систему очищення, підігріву і подачі теплоносія. Виділення підсушеного матеріалу і висушеного продукту з потоку відпрацьованого повітря, а також санітарне очищення останнього від пилу здійснюється в рукавних фільтрах, обладнаних системою регенерації фільтрувальної тканини зворотного імпульсної продувкою стисненим повітрям.

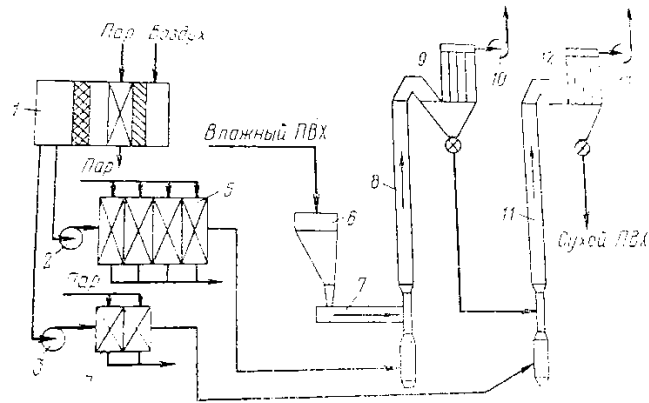
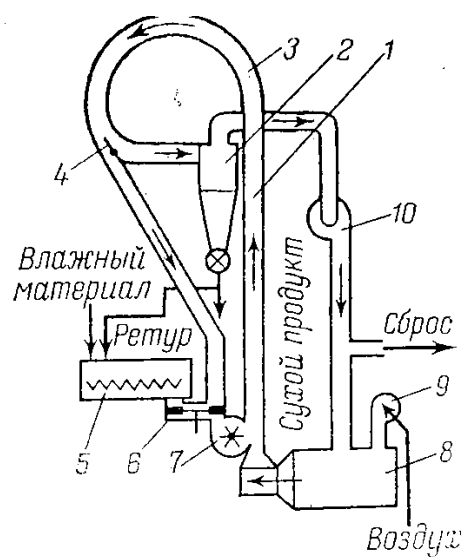


Рис.4 Принципова схема установки двоступеневої трубно пневматичної сушарки: 1 – фільтр для очистки повітря; 2, 3, 10, 13 – вентилятори; 4, 5 – калорифери; 6 – бункер накопичувач; 7 – живильник вібраційний; 8 – труба-сушилка першої ступені; 9, 12 – фільтр рукавний; 11 – труба-сушарка другого ступеню

Незважаючи на відносну конструкційну простоту пневмотруб - сушарок, їх апаратурно-технологічне оформлення продовжують удосконалювати. Так, застосовуючи рециркуляцію теплоносія і продукту, сепарацію і подрібнення матеріалу, який висушується, дозволяється розширити межі використання одноступінчастих пневмосушарок. Як приклад можна привести пневматичну трубо-сушарку фірми «Барр-Мерфі» (Англія), схема якої приведена на рис.5.



Мал.5. Пневматична трубо-сушарка

Особливістю цієї пневмосушарки є кільцевий згин пневмотракта у верхній частині, який забезпечує сепарацію до зовнішньої стінки великих частинок і комки матеріалу, які по спускній трубі потрапляють в подрібнювач, вбудований в нижню ділянку пневмотракта. Подрібнений матеріал знову надходить в сушильний тракт, при цьому досягається однорідне висушування продукту.

При необхідності сушіння матеріалу до низького залишкового вологовмісту передбачений ретур (повернення) частини сухого продукту на змішання з вихідним матеріалом. В цьому випадку для повноти використання тепла і волого місткості сушильного агента передбачена його рециркуляція з можливістю змішання зі свіжим теплоносієм.

Таким чином, трубна пневмосушарка може знаходити застосування як багатофункціональний апарат. Іншим прикладом багатофункціональності сушарок цього типу може служити використання повітроструменних млинів для суміщених високо інтенсивного процесу сушіння з тонким подрібненням матеріалу. На рис. 6 представлена схема установки з пневматичною сушаркою розроблена Нідхімашем, в якій одночасно здійснюється сушіння і дезагрегації грудок матеріалу в потоці зустрічних струменів газосуспензії.

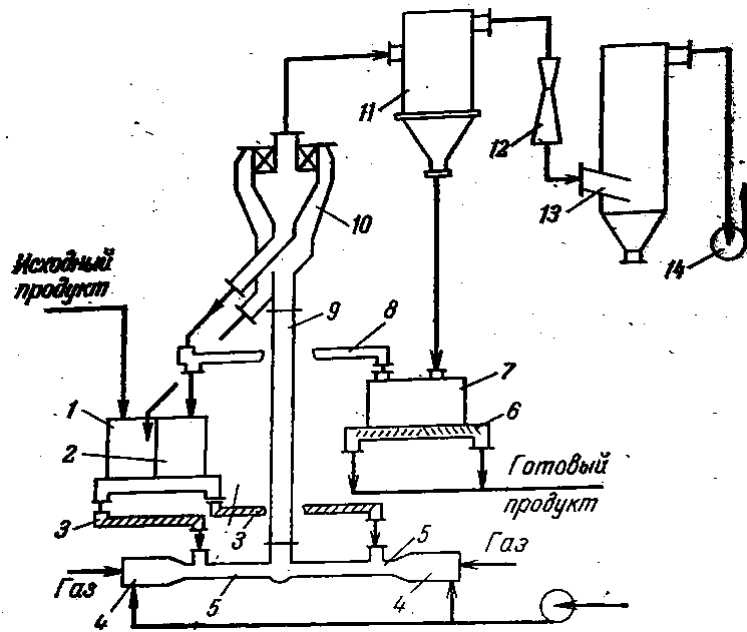


Рис.6. Схема установки з пневматичною сушаркою.

1 - бункер для вологого осаду; 2 – бункер для ретурату; 3, 6 - шнекові живильники; 4 - газові топки; 5 - розгинна труба-сушарка; 7 - бункер для сухого осаду; 8 - живельник сухого осаду; 9 - пневмотруба-сушарка; 10 - класифікатор; 11 - батарейний циклон; 12 - скруббер Вентурі; 13 - сепаратор; 14 - димосос

Основною частиною сушарки із зустрічними струменями є дві розгінні труби 5, розташовані на одній осі. До зовнішніх торців труб примикають дві газові топки 4. внутрішніх торці розгінних труб сушарки входять в змішувальну камеру над якою розташована пневмотруба 9. З бункера 1 вологий осад двома шнековими живильниками 3 подається в розгоні труби 5. Сушильний агент (димові гази з температур 600-800 °С) зі швидкістю 170-200 м/с через соплові отвори на стику топок з сушаркою надходить в розгінні труби і підхоплює вологий осад. При ударному злитті двох потоків відбувається розпорошення осаду і його інтенсивна сушка. Далі газова сумізь по пневмотрубі 9 надходить в класифікатор 10, в якому частинки поділяються по фракціям та одночасно досушуються. У зовнішньому конусі класифікатора виділяється велика фракція осаду, яка повертається в бункер 1 вологого продукту на подрібнення і досушку.

Дрібна фракція відділяється від потоку у верхній частині внутрішнього конуса класифікатора і транспортується живильником в бункер 7 сухого осаду і в бункер 2 ретура. Готовий продукт з батарейного циклону 11 надходить в бункер 7 і потім шнеком 6 вивантажується з установки. Установка обладнана системою санітарного очищення газів, що відходять в скруббер Вентурі і сепаратор. Продуктивність установки 1250-1900 кг/год по сухому осадку (3500-5000 кг/год - по випареній вологі). Таким чином, застосування пневматичних сушарок дозволяє суттєво інтенсифікувати процес сушіння крохмалю, забезпечити високу якість готового продукту.

## **2. Обґрунтування модернізації пневматичної сушарки типу ПС-15 для крохмалю**

З розділу “Порівняльний аналіз технічних рішень” витікає, що найбільш точно вимогам технологій виробництва крохмалю відновлюють пневматичні сушарки. Темою та завданням до кваліфікаційної роботи передбачено модернізацією пневматичної сушарки типу ПС-15 для крохмалю. В основу роботи сушарки покладено принцип висушування розрихленого крохмалю в рухомому потоці гарячого повітря. Миттєвість сушіння дозволяє застосовувати теплоносій (повітря) високої температури, не турбуючись за нагрівання зерен крохмалю вище допустимої норми, та забезпечити отримання ефективного зневоднення.

Сталість режиму роботи сушарки суттєво залежить від рівномірного завантаження матеріалу в зону сушіння та однорідності матеріалу по дисперсному складу.

В сушарці ПС-15 для виконання цих операцій передбачено живильник – змішувач та ротор – розрихлювач.

Живильник-змішувач з спіралевидною стрічковою мішалкою та живильним шнеком забезпечує рівномірний розподіл крохмалю в середині корпусу та рівномірне його завантаження в ротор-розрихлювач.

Ротор-розрихлювач включає спеціальний ротор, який складається з вала з жорстко насадженим на нього дисками, до яких приварені бичі. Бичі ротора на периферії по чергово через кожний диск повернуті на 15° вліво та вправо по відношенню до осі валу. Вал обертається з частотою 980 об/хв.

Процес сушіння крохмалю відбувається під час переміщення крохмале-повітряної суміші по вертикальній трубі.

Аналіз результатів експлуатації пневматичної сушильної установки ПС-15 виявив наявність утворення певного відсотка (2-5%) крупних фракцій крохмалю, які повертаються знову в жевильник-змішувач.

Для усунення виявлених негативів та покращення якісних показників готового продукту пропонується внесення змін в конструкцію ротора-розрихлювача:

- На кожному диску ротора встановити по 8 лопастей рівномірно розподільних в діаметральних площинах по колу диска;
- Лопать виготовляти комбінованої конфігурації, а саме частина лопатей в зоні кріплення до диска перпендикулярна до нього, а за його межами – нахилена до його поверхні під кутом  $30^\circ$  в сторону обертання диска;
- патрубки входу та виходу сирого крохмалю ротора-розрихлювача, на відстань формування трьох дисків.

При виконанні кваліфікаційної роботи також запропоновано по висоті труби-сушарки встановити розрихлювач потоку, який створює умови нестационарності гідродинамічного режиму, тобто інтенсифікує процес сушіння. При цьому частково збільшується час перебування матеріалу в сушарці, що сприяє видаленню внутрішньої вологи, а також більш важкі частинки випадають із потоку в розширеній частині і фонтонують до повного висихання, після чого попадають в циклон.

Запровадження запропонованих елементів модернізації дозволяють досягнути поставленої мети щодо підвищення ефективності роботи трубної сушарки.

### **3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту**

#### **3.1 Підготовка сирого крохмалю**

Для отримання сухого крохмалю потрібно, щоб сирий крохмаль був майже повністю вивільнений від домішок піску, жому, клітинного соку, Білка та ін.

Сирий крохмаль треба одразу подавати на висушування до стандартної вологості. Зберігання крохмалю у сирому вигляді приводить до зниження якості, проте в замороженому виді сирий крохмаль добре зберігається.

У виробництві картопляного крохмалю раніше не всі заводи мали свою сушарку і часто перероблявся сирий крохмаль, привезений з других виробництв. Цей крохмаль додатково очищували на рафінувальних ситах від дрібної мезги та промивали на вакуум-фільтрах.

Сухий кукурудзяний крохмаль зазвичай виробляють з напівфабрикату, що надходить із цеху сирого крохмалю у вигляді суспензії концентрацією 38...42%

Сирий крохмаль містить до 50% води, з яких 12...15% - вільної та 35...38% зв'язаної. Вільна вода, що міститься між зернами крохмалю, може бути видалена центрифугуванням, вода, що на поверхні та всередині зерна крохмалю, випарюванням при нагріванні, тобто висушуванням.

Залежно від величини енергії зв'язку вологи, що утримується крохмалем, можна поділити на три види: хімічно зв'язану, адсорбційну та капілярну.

Молекули хімічно зв'язаної води входять до складу речовини, їх видалення супроводжується зміною властивостей вихідної речовини.

Адсорбційно-зв'язана вода утримується силовим полем на поверхні міцел зерна крохмалю, утворюючи кілька шарів адсорбованої вологи.

Капілярно-зв'язана вода являє собою полімолекулярний шар біля стінок капілярів у зернах крохмалю. Ця волога, на відміну від хімічної та адсорбційної, у разі видалення не змінює вихідні властивості крохмалю.

Крохмаль нестабільний до термічного впливу та легко змінює фізико-хімічні властивості під час інтенсивного термічного оброблення.

У процесі висушування з крохмалю видаляють вільну та частково зв'язану вологу. Вільна волога видаляється центрифугуванням за температури нижче 40 °С. При цьому отримують сирий крохаль з вологістю 36...38%. Надлишок вологи видаляють висушуванням.

Отже, із загальної кількості води, що надходить із крохмальним молоком на зневоднення, механічним способом видаляється близько 73 % води, висушуванням — 15 і приблизно 12 % води залишається у сухому крохмалі.

### **3.2 Механічне зневоднення крохмалю**

В основному для механічного зневоднення крохмалю на крохмальних заводах широко застосовують вакуум-фільтри та автоматичні зневоднювальні центрифуги.

Автоматичні горизонтальні фільтрувальні центрифуги (типу АГ-1800 та ФНГ-1801К-02) працюють без зупинки під час виконання періодичних операцій, що здійснюються послідовно: наповнення, центрифугування та вивантажування осаду.

Принцип роботи центрифуги: крохмальне молоко надходить в середину ротора, фільтрат проходить крізь стінку перфорованого ротора та відводиться знизу. З досягненням заданої товщини шару осаду подавання крохмального молока автоматично припиняється, після чого шар осаду просушується. Крохмаль знімається зрізувальним механізмом і виводиться з центрифуги.

Відфугований крохмаль вологістю 36...38% подається системою шнеків і норією в бункери сушарок.

### 3.3. Висушування сирого крохмалю

Висушування крохмалю - це гетерогенний тепломасо-обмінний процес, в якому беруть участь речовини, що перебувають у твердому, рідкому та газоподібному стані з розвинутими поверхнями розподілу.

Інтенсифікація процесу висушування зазвичай досягається диспергуванням висушуваного матеріалу, оскільки швидкість висушування пропорційна площі поверхні розподілу фаз.

За температури нагрівання 50 °С та наявності надлишку вологи відбувається необоротне набухання зерен крохмалю та їх часткова клейстеризація. Сухий крохмаль гігроскопічний. Рівноважна вологість сухого кукурудзяного крохмалю, що зберігається в умовах відносної вологості 65...75%, становить 13 %, картопляного крохмалю - 20 %. Пересушування призводить до перевитрати тепла, крім того пересушений крохмаль поглинає вологу з повітря, а недосушений погано зберігається.

У процесі висушування спочатку видаляється вільна волога, потім волога, що переміщується із середини зерна крохмалю на поверхню. Переміщення вологи в зернах крохмалю дифузійний процес, рушійною силою якого є різниця концентрацій вологи в глибині зерна та на поверхні. Сушильна установка для крохмалю складається з чотирьох основних елементів:

- калорифера, в якому очищене через фільтр повітря підігрівається до заданої температури парою;
- сушильної камери, де змішується підігріте повітря з вологим крохмалем, підігрівається крохмаль, видаляється утворена пара;
- вентиляційної установки для подавання та видалення повітря;
- роздільного пристрою для осаджування крохмалю та вловлювання пилу з відпрацьованого повітря.

У крохмальному виробництві застосовують в основному пневматичні сушарки. Під час висушування основна частина вологи (60%) у пневматичних сушарках видаляється на початку сушіння. Основний принцип

роботи пневмо-сушарок полягає у висушуванні розпушеного крохмалю в потоці гарячого повітря. Витрати пари на 1 кг сухого крохмалю – 0.7 кг/кг.

Крохмаль після зважування на ваговибійних афтоматах фасується у мішки вагою 50 кг або зберігається у силосах.

#### Крохмаль як об'єкт для сушіння

Величина крохмальних зерен коливається в межах 2-150 мкм. Найбільш великими є зерна картопляного крохмалю 15-100 мкм, потім кукурудзяного і пшеничного - 2-30 мкм, і, нарешті, рисового - від 3 до 8 мкм.

Щільність безводного крохмалю в залежності від його походження за даними різних дослідників становить: картопляного 1633-1648 кг/м<sup>3</sup>, кукурудзяного 1591-1632 кг/м<sup>3</sup>. Для розрахунків щільність безводного крохмалю приймають рівною 1650 кг/м<sup>3</sup>. Маса 1 м<sup>3</sup> картопляного крохмалю вологістю 20% в холодному стані 650 кг.

Коефіцієнт теплового розширення зерен картопляного крохмалю, певний під водою температурі 15-17°C в середньому дорівнює 0,0003169, при 23-25°C - 0,0003957.

Питома теплоємного безводного картопляного крохмалю становить 1089-1214 Дж/(кг·К) [0,26-0,30 ккал/(кг·град)]; кукурудзяного 1 867 Дж/(кг·К) [(0,446 ккал/(кг·град)]; пшеничного 1842 Дж/(кг·К) 0,44 ккал/(кг·град)].

Лінійна залежність питомої теплоємності крохмалю від температури виражається формулою  $c = (0,2786 + 0,006t) \cdot 4,1868 \cdot 10^3$ , де  $c$ - питома теплоємність, Дж/(кг·К);  $t$  – температура, °С. Коефіцієнт теплопровідності крохмалю в залежності від вологості орієнтовно визначається за формулою  $\lambda = 0,125 + 0,0017W$ , де  $\lambda$ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К) (ккал/ч·м·град);  $W$  – вологість крохмалю, %.

Згідно з ДСТУ 3976-2000 «Крохмаль кукурудзяний сухий». Технічні умови» за органолептичним та фізико-хімічними показниками кукурудзяний крохмаль повинен відповідати вимогам.

## Вихід крохмалю і втрати його у виробництві

Вихід крохмалю залежить від виду і вологості переробляючої сировини, вологості готового продукту, прийнятої чеської схеми, типу обладнання та ступеня технічного оснащення заводу і визначається в залежності від кількості

Назва показника	Крохмаль кукурудзяний сорт	
	вищій	перший
Зовнішній вигляд	Одноразовий порошок	
Масова частка вологи, %, не більше	13	
Масова частка золи (в перерахунку на СР) %, не більше	0.20	0.30
У тому числі золи (піску), нерозчинної у 10% -й соляній кислоті, %, не більше	0.04	0.06
Кислотність, $см^3$ 0.1н. розчину NaOH на нейтралізацію 100 г СР, %, не більше	20	25
Масова частка протеїну на СР, %, не більше	0.8	1.0
Масова частка сірчистого ангідриду, % $SO_2$ , не більше	0.008	0.008
Кількість вкраплень на 1 $дм^2$ рівної поверхні крохмалю під час розглядання, шт., не більше	300	500
Домішки інших видів крохмалю	Не дозволяє	Не дозволяє

загальних втрат.

При звичайній схемі виробництва сухого картопляного крохмалю, що застосовується на більшій частині діючих заводів, для розрахунків приймаються наступні втрати крохмалю (в % маси крохмалю вологістю 20%).

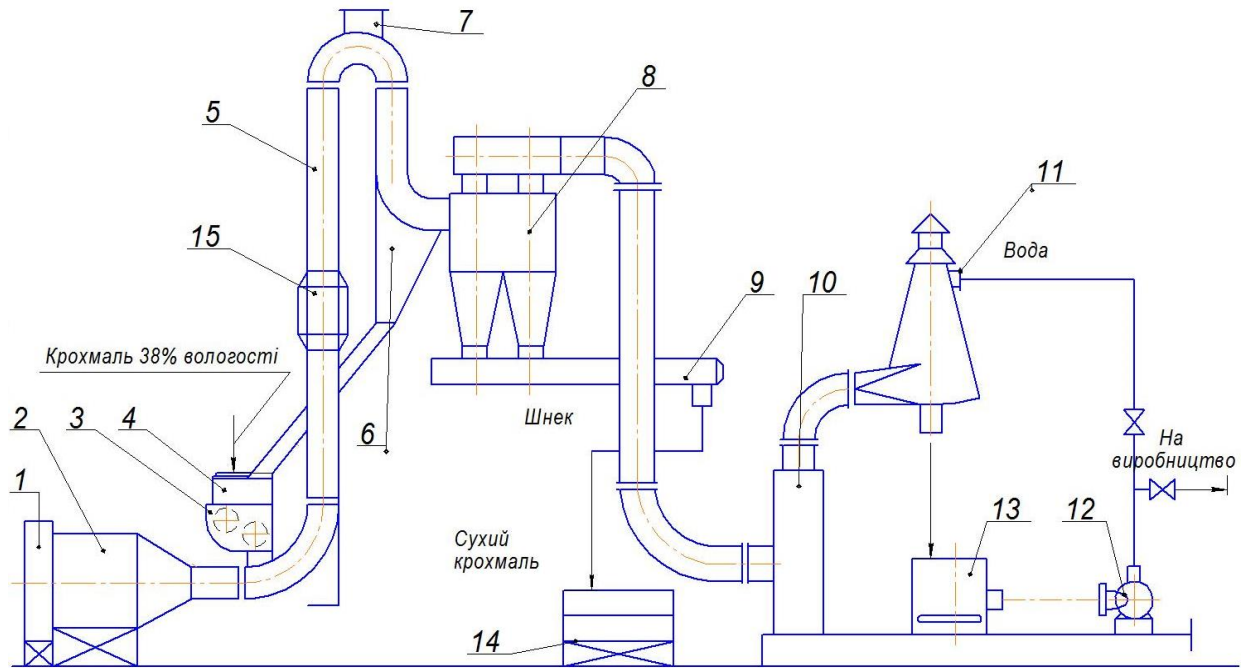
#### **4. Опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи модернізованої труби – сушарки.**

В промисловості в теперішній час впроваджені і знаходяться в експлуатації сучасні вітчизняні пневматичні сушарки, в основу роботи яких закладено принцип сушіння розрихленого крохмалю в рухомому потоці теплоносія (повітря).

Процес сушіння крохмалю в потоці повітря в пневматичних сушарках відбувається майже миттєво. Цьому сприяє розрихлений стан крохмалю, який подається в сушарку, що призводить до різкого збільшення поверхні випаровування вологи з поверхні крохмальних зерен. Це дозволяє застосовувати в пневматичних сушарках теплоносії високої температури, не опасуючись перегрівання зерен крохмалю більше 40°C, та одночасно забезпечує отримання ефективного випаровування вологи при високих температурах сушіння крохмалю.

Схема модернізованої трубчатої сушарки моделі ПС-15 наведена на рис. 4.1.

Рис 4.1 Пневматична сушарка ПС-15



Зневоднений на центрифугах сирий крохмаль надходить через змішувач-живильник 4 в розпушувач 3, в якому змішується з гарячим повітрям, очищеним в фільтрі 1 і підігрітим в калорифері 2. За рахунок вакууму, що створюється в сушарці вентилятором 10, крохмало-повітряна суміш піднімається по трубі 5, де крохмаль висушується до необхідного вмісту вологи. На верхній частині вигину сушильної труби встановлений противибухового клапан 7. По потоку сушильної труби 5 недосушені крохмальні грудочки, як більш важкі, падають вниз і через карман 6 затвори повертаються в живильник 4, а суміш сухого крохмалю з повітрям направляється у циклони 8. З циклонів крохмаль надходить в шнек 9, який подає його в бурат 14 для просіювання і після цього на упаковку. Відпрацьоване повітря надходить в скруббер 11. Вода, що подається в нього насосом 12, збирається в збірник 13, і при підвищенні концентрації крохмалю в суспензії до 6-8% СВ її відкачують назад у виробництво, до збірки 13 подають свіжу воду.

В сушарці встановлено ланцюговий варіатор для приводу валу подаючого шнека, що дозволяє змінювати частоту обертання останнього в

великих межах – від 25 до 120 об/хв. Це створює умови для роботи сушарки в широкому діапазоні продуктивності і при великих можливостях теплового режиму сушки.

Розпушувач складається з коритоподібного кожуха, в який вмонтований спеціальний дисковий барабан-розпушувач. Він являє собою вал з насадженими дисками і привареними до них лопотями.

Лопаті розпушувача на периферії по черзі розгорнуті на кут 30°. Це сприяє кращому розпушуванню крохмалю і дає можливість підтримувати в підвішеному стані крохмаль. Вал розпушувача приводиться в обертання від електродвигуна з частотою обертання ротора 980 об/хв і потужністю 7,5 кВт.

Повітря засмоктується в сушарку через калорифер і кожух розпушувача з атмосфери вентилятором типу ЦП-7-40 з частотою обертання 1460 об/хв.

Введення повітря в кожух розпушувача і вивід з нього крохмале-повітряної суміші здійснюється через два приварених патрубка. Засмоктуване повітря попередньо піддається очищенню на фільтрах системи РЕКК, змонтованих перед калорифером, в якому він підігрівається до температури 140°C.

Калориферна установка складається з шести секцій пластинчатих калориферів типу КВБ-11. Секції калориферів розсташовані в два ряди по три калорифера, які обігріваються паром тиском 0,8 МПа. Конденсат з калориферів відводиться через конденсатовідвідник і повертається в котельню.

Нагріте повітря, що надійшло в розпушувач, інтенсивно перемішується з розпушеним крохмалем, віддає тепло на нагрівання крохмалю і випаровування вологи в ньому. Потім крохмало-повітряна суміш надходить в сушильну трубу, де крохмальні зерна, перебуваючи в підвішеному стані, утворюють велику поверхню випаровування; при цьому вільна волога швидко випаровується, а зерна крохмалю висушуються.

Висушений крохмаль надходить в сепаратор, забезпечений двома поворотними заслінками, а з сепаратора надходить в батарею циклонів.

Крупка і недосушений крохмаль повертаються з сепаратора в живильник-змішувач на повторне рихлення і досушку.

Батарея циклонів складається з двох циклонів типу УЦ-38 діаметром 1000 мм, що мають конічну поверхню. Такі циклони мають високий коефіцієнт очищення, що досягає 99,98%. У циклонах відбувається відділення крохмалю від повітря. Сухий крохмаль з циклонів потрапляє в шнек, який подає його на розсіювання.

Після циклонів повітря в суміші з парами випареної вологи і незначною кількістю крохмалю у вигляді крохмальної пилу подається вентилятором в скруббер. У ньому відбувається вологе уловлювання крохмального пилу. Вода з скрубера в вигляді дуже рідкої крохмальної суспензії надходить звідки насосом подається знову в скруббер і при досягненні 6-8% СВ повертається у виробництво.

Очищене і охолоджене повітря з скрубера виводиться в атмосферу.

калориферна установка сушарки складається з масляних ячейних фільтрів і пластинчастих калориферів типу СТД-3009Б змонтованих в одному каркасі. Калорифери покладені в два ряди по три калорифера в кожному ряду, фільтри розташовані в один ряд. Така компоновка калориферів і фільтрів передбачена з урахуванням мінімального опору установки проходу повітря, В калорифери підводять пар під тиском до 0,8 МПа (8 кгс/см<sup>2</sup>), конденсат з них виводять через конденсатовідвідник і повертають в котельню.

Живильник – змішувач із спіралевидной стрічковою мішалкою і живильним шнеком має обсяг 0,6 м<sup>3</sup>, яка була обрана з розрахунку забезпечення безперервної роботи сушарки протягом 10-15 хв при повному заповненні його крохмалем. Спіралевидна мішалка забезпечує рівномірний розподіл крохмалю всередині ємності. У русі вона наводиться від електродвигуна через редуктор і ланцюгову передачу. Мішалка робить 8об/хв, потужність двигунів її приводу 1,5 кВт.

Живлячий шнек встановлений в нижній бічній частині живильника так, що крохмаль надходить по всій довжині ємності, що усуває «зависання»

крохмалю над шнеком. Шнек приводиться в рух від двигуна потужністю 1,5кВт через черв'ячний редуктор і варіатор швидкості типу ВЦ2Д. Продуктивність сушарки може змінюватися в широкому діапазоні.

Розпушувач сушарки складається з коритоподібного кожуха, в якому змонтований спеціальний ротор, що представляє собою вал з жорстко насадженими на нього дисками, до яких приварені лопаті. Лопаті ротора на периферії повернені на кут  $30^\circ$  по відношенню до поверхні диска в сторону його обертання. Це сприяє кращому розпушуванню і дає можливість підтримувати частки крохмалю в підвішеному стані. Вал ротора приводиться в обертання від електро двигуна потужністю 7,5 кВт. З частотою обертання в хвилину відповідно 980.

Кожух розпушувача забезпечений патрубками для входу гарячого повітря, для входу фугованого крохмалю і виходу крохмало – повітряної суміші, які зміщені на довжину трьох дисків.

Сушильна труба висотою 6,5 м закінчується поворотною головкою, на клапан. Поворотна головка сполучена з батареєю циклонів через сепаратор з трубою повертання, що служить для повернення крупки в розпушувач.

Батарея циклонів змонтована із двох циклонів типу УЦ-38 діаметром 1000 мм. Циклони типу УЦ-38 мають високий коефіцієнт очищення, досягаючий 99,96%. У нижній частині кожна пара циклонів з'єднана загальним шнеком, що має спеціальний клапан. Клапан перешкоджає підсосу повітря і буває у відкритому положенні тільки при наявності крохмалю в шнеку. Вал шнека приводиться в обертання від електродвигуна потужністю 1,5 кВт з частотою обертання 980 об/хв через черв'ячний редуктор.

У верхній частині циклони з'єднані через спеціальні кожухи і перехідний патрубок з вхідним патрубком вентилятора типу ЦП7-40. Вихідний патрубок вентилятора приєднаний до скрубера.

Сушильна труба, циклони, шнеки змонтовані на загальній рамі.

## 5. Розрахункова частина

Продуктивність по сухому продукту $G_г$ , кг/год	625 кг/год
Початкова вологість продукту $\Omega_{по}$ , %	38%
Кінцева вологість продукту $\Omega_к$ , %	13%
Початкова температура теплоносія $t_{тп}$ , °C	150°C
Кінцева температура теплоносія $t_{тк}$ , °C	50°C
Початкова температура крохмалю $T_п$ , °C	20°C
Кінцева температура крохмалю $T_к$ , °C	45°C
Початкова вологість повітря, $u$	60%
Початкова температура повітря, °C	15°C

Після механічного зневоднення крохмалю в ньому залишається 36-38% вологи. Волога розподілена рівномірно по всій масі крохмалю і видалити її можливо тільки сушінням.

Кількість вологи, яка випробовується з крохмалю при сушінні, визначається з матеріального балансу.

Враховуючи, що маса сухого крохмалю не змінюється, то можна записати

$$G_1 \frac{100 - \omega_n}{100} = G_2 \frac{100 - \omega_k}{100} \quad (5.1)$$

З цього рівняння визначаємо продуктивність сушарки по вологому крохмалю:

$$G_1 = G_2 \frac{100 - \omega_k}{100} = 625 \frac{100 - 13}{100 - 38} = 875 \text{ кг/ГОД} \quad (5.2)$$

В той же час  $G_1 = G_2 + W$ , де  $W$  – кількість випареної вологи при сушінні крохмалю (в 122/год)

$$W = G_1 - G_2 = 875 - 625 = 250 \text{ кг/год} \quad (5.3)$$

Для випаровування вологи до крохмалю необхідно підвищити тепло, яке необхідне для підвищення температури вологи в середині крохмальних зерен.

В якості теплоносія при сушінні крохмалю застосовуємо очищене повітря, яке нагріте до температури  $t_{\text{гп}} = 150^\circ\text{C}$

Вибір параметрів сушарного агента, його кількість та швидкість руху в сушильній камері при розрахунку сушарки проведемо таким чином, щоб процес сушіння відбувався швидко та в межах допустимих температур нагрівання крохмалю.

Необхідна кількість теплоносія визначається з матеріального балансу. Так як суха частина теплоносія, як і кількість зневодненого крохмалю, в процесі сушіння не змінюється, то повний матеріальний баланс сушарки буде наступним:

$$G_1 \frac{100 - \omega_n}{100} + LX_1 = G_2 \frac{100 - \omega_{nk}}{100} + LX_2, \quad (5.4)$$

Де:  $L$  – кількість теплоємності, яка необхідна для випаровування вологи, кг/год;  $x_1$  і  $x_2$  відповідно початковий та кінцевий вологовміст теплоносія, кг/кг сухого повітря

Після перетворень рівнянь (6.4) отримаємо рівняння для висушування кількості нагрітого повітря, яка необхідна для випаровування вологи:

$$L = \frac{w}{x_1 + x_2}, \text{ кг/год} \quad (5.5)$$

Питомий вологовміст повітря розрахуємо за формулою

$$x = 0,622 \frac{y_{\text{P}_n}}{B - y_{\text{P}_n}}, \quad (5.6)$$

де 0,622 – вираження малих мас водяної пари і повітря;

$P_n$  – тиск насиченої водяної пари за певної температури повітря, Па;

$B$  – барометричний тиск повітря, Па ( $B = 99,1$  кПа)

$$x_0 = 0,622 \frac{0,6 \cdot 1,71 \cdot 10^3}{99,1 \cdot 10^3 - 0,6 \cdot 1,71 \cdot 10^3} = 0,0065 \text{ кг/кг с.п.}$$

$$x_2 = 0,622 \frac{0,5 \cdot 12,35 \cdot 10^3}{99,1 \cdot 10^3 - 0,5 \cdot 12,35 \cdot 10^3} = 0,041 \text{ кг/кг с.п.}$$

Загальну витрату нагрітого повітря визначаємо за формулою (5.5)

$$L = \frac{250}{0,041 + 0,0065} = 7246 \text{ кг с.п./год}$$

Об'ємна витрата повітря визначається за формулою:

$$V_{\Pi} = LV_{\Pi} \quad (5,7)$$

Де  $V_{\Pi}$  – питомий об'єм вологого повітря, що припадає на 1 кг сухого повітря  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;

$$V_{\Pi} = \frac{R_{\Pi} T}{B - \gamma P_{\Pi}}, \quad (5,8)$$

Де  $R_{\Pi}$  – газова стала,  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  (для повітря  $R_{\Pi} = 287$   $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ );

$T$  – абсолютна температура повітря.

Для розрахунку об'ємної витрати повітря за формулою (5,7) визначаємо питомий об'єм повітря, що надходить у сушильну камеру  $V_{\Pi 1}$  і виходить з неї  $V_{\Pi 2}$

$$v_{\Pi 0} = \frac{287 \cdot 288}{99,1 \cdot 10^3 - 0,6 \cdot 1,71 \cdot 10^3} = 0,84 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$v_{\Pi 2} = \frac{287 \cdot 323}{99,1 \cdot 10^3 - 0,5 \cdot 12,35 \cdot 10^3} = 1,0 \text{ м}^3/\text{кг};$$

Об'ємна витрата повітря вповнено становитиме (за формулою 5,7)

$$V_{\Pi 0} = 7246 \cdot 0,84 = 6100 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$V_{\Pi 2} = 7246 \cdot 1,0 = 7246 \text{ м}^3/\text{кг};$$

Для розрахунку швидкості теплоносія (повітря) в трубі розраховуємо швидкість витання максимально крупної частинки крохмалю.

Швидкість руху теплоносія у вертикальних продуктопроводах пневматичної сушарки повинна бути вища в 1,5 – 2,5 рази швидкості витання частинок продукту, щоб переміщувати продукт тракту сушарки.

Швидкість витання частинок залежить від її густини, розміру, форми, від в'язкості та густини теплоносія (повітря) та визначається для кулеподібної частинки з застосуванням методів теорії подібності рівняння

$$v_{\text{вит}} = R_{e_{\text{вит}}} V/d \quad (5,9)$$

Де  $R_{e_{\text{вит}}}$  критерій Рейнольдса при швидкості витання

$V$  – кінематична в'язкість теплоносія (повітря),  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$d$  – маленький діаметр частини, м.

В свою чергу  $R_{e_{\text{вит}}}$  залежить від іншого критерія – критерія Кирпичова  $Ki$ , яка ілюструється графіком, приведеним на рис. 1. Критерій  $Ki$  визначається з рівняння

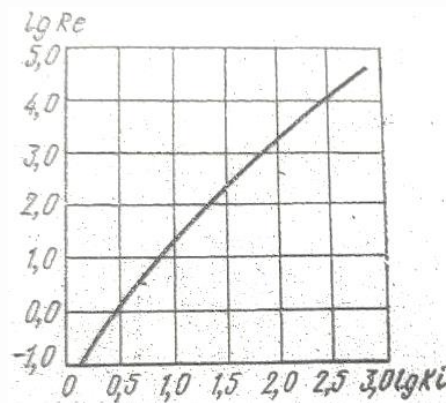


Рис. 140. Графік залежності  $\lg Re$  від  $\lg Ki$

$$Ki = d^3 \sqrt{4d} (\rho_4 - \rho_{\text{п}}) / (3V \rho_{\text{п}}), \quad (5,10)$$

Де  $d$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$\rho_4$  і  $\rho_{\text{п}}$  – густина частинок і густина теплоносія (повітря),  $\text{кг}/\text{м}^3$

Якщо при розрахунках значення  $R_{e_{\text{вит}}} < 1$ , то швидкість витання визначається за формулою

$$v_{\text{вит}} = (1/18) d^2 (\rho_4 - \rho_{\text{п}}) / (V \rho_4) \quad (5,11)$$

Якщо ж  $R_{e_{\text{вит}}} > 1000$ , то швидкість витання визначають за формулою

$$v_{\text{вит}} = 2,76 \sqrt{\rho_{\text{п}} d} \quad (5,12)$$

Визначаємо швидкість витання крохмальних частинок за наступних умов:

$$d = 5 \text{ мм}; t_{\text{тп}} = 150^\circ\text{C}; \rho_4 = 1640 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Визначаємо густину повітря при  $f_{\text{п}} = 150^\circ\text{C}$  із рівняння стану газів

$$\rho_{\text{п}} = p M_{\text{п}}/RT, \quad (5,13)$$

де  $p$  – тиск повітря, Па;

$M_{\text{п}}$  –молекулярна маса повітря;

$R$  – універсальна газова стала, Дж/(моль · К);

$T$  – температура, К.

Приймаємо  $p = 99100$  Па. Крім того  $M_{\text{п}} = 29$ ,  $R = 8324$  Дж/(моль · К)

Тоді  $\rho_{\text{п}} = (99100 \cdot 29)/(8314 \cdot 423) = 0,817 \text{кг/м}^3$

По таблицям для повітря знаходимо, що його динамічна в'язкість при  $t=150^{\circ}\text{C}$   $\rho_{\text{п}} = 0,0241 \cdot 10^{-3} \text{Па м}^2/\text{с}$

Тоді кінетична в'язкість  $= 0,0241 \cdot 10^{-3} \text{Па м}^2/\text{с}$

Знаходимо критерій Кирписова за формулою (6,10)

$$Ki = 5 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{4 \cdot 9,81(1640 - 0,817)}{3 \cdot 0,0295 \cdot 10^{-3} \cdot 0,817}} = 4,81$$

$$\text{Lg}Ki = 0,682$$

По графіку рис. 1 знаходимо, що  $\text{Lg}Re = 0,3$ .

Таким чином,  $Re \approx 2$ . За формулою (6,9) визначаємо швидкість витання (м/с)

$$v_{\text{вит}} = 2 \cdot 0,0295 \cdot 10^3/5 = 11,8$$

Таким чином швидкість повітря в трубі сушарки повинна бути в межах 15 – 22м/с. На практиці при розрахунках пневматичних сушарок швидкість повітря приймаємо від 18 до 20 м/с. приймаємо швидкість руху теплоносія в трубі  $v_{\text{т}} = 20 \text{м/с}$

Діаметр труби-сушарки:

$$D_{\text{т}} = \sqrt{4 \cdot 7246 / (3,14 \cdot 20 \cdot 3600)} = 0,358 \text{м.}$$

Для необхідних розрахунків визначимо фізичні константи теплоносі (повітря) та матеріалу при середніх значеннях температури і вологості повітря і матеріалу.

$$t_{\text{т}} = (T_{\text{тп}} + T_{\text{ти}})/2 = (150+50)/2 = 100,^{\circ}\text{C}$$

$$X = (x_0 + x_2) / 2 = (0,0065 + 0,041)/2 = 0,0238 \text{ кг/кг с. п.}$$

$$\rho = \rho_{100} = 0,916 \text{кг/м}^3; V = V_{100} = 23,77 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$c = 1867 \text{ Дж/(кг · К).}$$

$$\text{При } T = (T_{\text{п}} + T_{\text{к}})/2 = (20 + 45)/2 = 33^{\circ}\text{C.}$$

$$t_{cp} = (t_T + t)/2 = (100 + 33)/2 = 66^\circ\text{C}.$$

$$\text{Величина } V = V_{66} = 20,57 \cdot 10^{-6} \text{ м/с};$$

$$\lambda = \lambda_{66} = 2,84 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)};$$

Рушійну силу процесу сушіння виражаємо як середньологарифмічну величину:

$$E = (t_{ТП} - t_{МТ}) - (t_{ТК} - T_K) / \ln(t_{ТП} - t_{МТ}) (t_{П} - T_K) \quad (5,4)$$

$$E = (150-37) - (50-45) / \ln(150-137) - (50-45) = 42,1^\circ\text{C}.$$

Тривалість сушіння згідно формули

$$\tau = 1867 \cdot 4 \cdot 1640 (150-50) / (1285 \cdot 12 \cdot 10^4 \cdot 42,1) = 0,33 \text{ с}.$$

загальна висота труби сушарки становить :

$$H = v_T \cdot \tau = 20 \cdot 0,33 = 6,6 \text{ м}.$$

Розрахунок витрат теплоти при сушінні крохмалю  $Q_{\text{кол}}$  :

$$Q_{\text{кол}} = q_{\text{кол}} \cdot W, \text{ кДж}$$

Де  $q_{\text{кол}}$  – питомі витрати температури для нагрівання свіжого повітря, кДж/кг.воп.

$$q_{\text{кол}} = l (I_1 - I_0),$$

де  $l$  – питомі витрати абсолютно сухого повітря, кг/кг сух. пов. ;

$I_0$  – ентальпія свіжого повітря до колорифера, кДж/кг с.п.;

$I_1$  – ентальпія свіжого повітря після колорифера, кДж

За допомогою  $I - x$  знаходимо тепловологість повітря відповідно перед та після колорифера при  $x_0 = 0,0065$  кг/кг с.п. ,  $t_0 = 15^\circ\text{C}$  ,  $t_{ТП} = 150^\circ\text{C}$ .

$$I_0 = 21,4 \text{ кДж/кг}$$

$$I_1 = 167,6 \text{ кДж/кг}$$

$$e = 29 \text{ кг/кг.вол.}$$

$$q_{\text{кол}} = 29(167,6-21,4) = 4240 \text{ кДж/кг.в}$$

Таким чином загальні витрати теплоти для нагрівання повітря в колорифері становлять:

$$Q_{\text{кол}} = 4240 \cdot 250 = 1060 \cdot 10^3 \text{ кДж/год}.$$

Різницю температур нагрівної пари і повітря на виході з колорифера вибираємо  $\Delta t = 8^\circ\text{C}$  тоді температура нагріваючої пари

$$t_{н.п.} = t_{ТП} + \Delta t = 150 + 8 = 158^\circ\text{C}/$$

Цій температурі відповідає тиск насиченої водяної пари  $p = 0,590$  МПа, теплота перетворення  $\tau = 2095$  кДж/кг. Беручи паровміст пари  $x_1 = 0,94$ , витрату нагрітої пари на сушарку визначаємо за рівнянням

$$D = Q_{\text{кол}} / (\tau \cdot x) = 1060 \cdot 10^3 / (2095 \cdot 0,94) = 538,3 \text{ кг/год}$$

Витрати нагрівальної пари на випаровування 1 кг вологи

$$\Phi/W = 538,3/250 = 2,15 \text{ кг н.п./кг.в.}$$

### **Розрахунок і вибір колориферів**

Для нагрівання повітря перед сушарками для крохмалю застосовуються парові колорифери, поверхня нагрівання утворена трубами з плоскими ребрами або стрічковою спіраллю, яка навита на труби.

Основною величиною, за якою вибирають колориферну установку, є необхідна поверхня нагрівання.

$$F = Q_{\text{кол}} / K \Delta t_{\text{ср}},$$

де  $Q_{\text{кол}}$  – кількість теплоти, що передається повітрю в колорифер, Вт;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup> · К), який розраховується через коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_1, \alpha_2$ ;

$\Delta t_{\text{ср}}$  – середнє для всієї поверхні рівняння температур теплоносія та повітря, яку розраховують як середньологарифмічну, °С.

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{н}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{н}}}\right)}, \quad (5.17)$$

де  $\Delta t_{\delta}$ ,  $\Delta t_{\text{н}}$  – відповідно більша і менша різниці температур на кінцях колорифера, °С

$$\Delta t_{\delta} = 158 - 15 = 143^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{н}} = 158 - 150 = 8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{143 - 8}{\ln\left(\frac{143}{8}\right)} = 47,8^{\circ}\text{C}$$

Для пластичних колориферів

$$K = 1,162(2 + 7\sqrt{9}) = 26,7 \text{ Вт}$$

Площа поверхні нагрівання:

$$F = 1060 \cdot 10^6 / (26,7 \cdot 47,8 \cdot 3600) = 238 \text{ м}^2$$

Вибираємо шість пластинчастих колориферів марки СТД – 3009 Б №7 з площею нагрівання 40м<sup>2</sup>. Для забезпечення параметрів нагрітого повітря, розташовуємо їх в два ряди по три калорифери в кожному ряду.

### Підбір циклонів

Для виділення продукту при роботі на пневматичних сушарках, а також для очищення повітря або газу від винесення при роботі на барабанних сушарках рекомендуються повітряні циклони застосовують для тонких сумішей, який має підвищену ефективність виділення частинок малого діаметра (до 5-10 мкм).

Зазвичай циклони встановлюються з бункерами, розміри яких також пов'язують певними відносинами до діаметру циклону.

Однак досвід експлуатації багатьох пневматичних сушарок показав, що цілком можна обійтися і без бункерів, випускаючи з циклону продуктопровід прямо в герметизований шнек, вивантаження продукту з якого здійснюється за допомогою шлюзового затвора. Безбункерні циклони мають безсумнівні переваги: не треба побоюватися, що крохмаль зависне в бункері; крім того, відсутність бункера зменшує вибухонебезпечність сушарки, а також і силу вибуху, якщо такий все-таки трапиться. Діаметр циклону  $D$  визначаються по витраті повітря при вимозі, що

$$\Delta p / \rho_r = 550 / 750$$

де  $\Delta p$  гідравлічний опір циклону, Па;  $\rho_r$  – густина газу в циклоні, кг/м<sup>3</sup>. Густина газу або волого повітря при вступі в циклон  $\rho_r$  приблизно дорівнює 1кг/м<sup>3</sup>. Це значить, що опір циклона  $\Delta p$  повинні бути на рівні 550 – 750Па.

Батарей циклонів змонтована із двох циклонів типу УЦ-38 діаметром 1000 мм. Циклони типу УЦ-38 мають високий коефіцієнт очищення, досягаючи 99,96%. У нижній частині пара циклонів з'єднана загальним шнеком, що має спеціальний клапан. Клапан перешкоджає підсосу повітря і буває у відкритому положенні тільки при наявності крохмалю в шнеку. Вал

шнека приводиться в обертання від електродвигуна потужністю 1,5 кВт з частотою обертання 980 об / хв через черв'ячний редуктор. У верхній частині циклони з'єднані через спеціальні кожухи і перехідною патрубком з вхідним патрубком вентилятора типу ЦП7-40. Вихідний патрубок вентилятора приєднаний до скрубера. Сушильна труба, циклони, шнеки змонтовані на загальній рамі.

#### Підбір скрубера

Сушарки типу ПС забезпечуються мокрими скруберами. Розріз циліндричного скрубера (сушарки ПС-25) наведено з розмірами щодо діаметра. Повітря вводиться в скрублер тангенціально, в нижній частині. Вода подається через форсунки або перфоровану згорнуту кільцем трубку на стінки скрубера зверху.

Повітря, обертаючись, піднімається догори. Порошинки крохмалю, як більш важкі, відкидаючи до стінок і змиваються вниз водою. Конічний скрублер наведено на рис. 5.2 (сушарки ПС-15). Вода підводиться тут і у вхідний патрубок, і вгору, в спеціальний жолобок, з якого стікає на стінки.

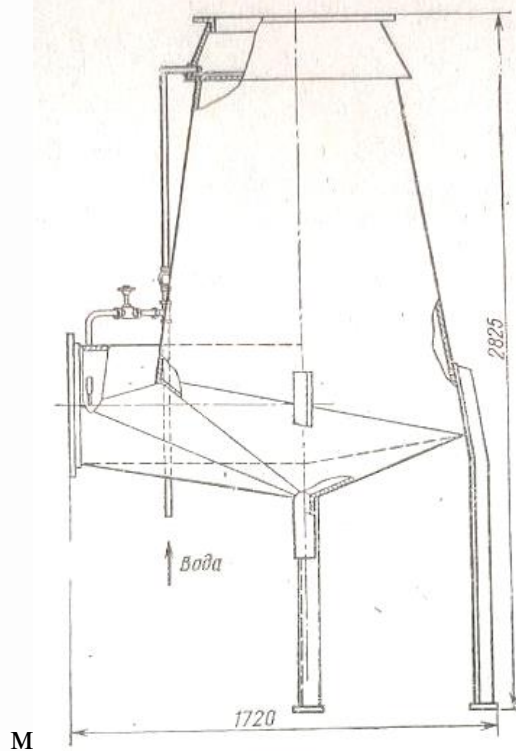


Рис. 5,2 Конічний скрубєр сушарки ПС-15

Розміри скрубєрів визначають з розрахунку швидкості повітря на виході не більше 1 м/с. При цих умовах  $D$  (в м)

$$D_{\text{скр.}} = 0,0188 \sqrt{\frac{LV_0}{v}},$$

де  $L$  – витрати повітря кг/год;  $V_0$  - об'ємна маса вологого повітря, віднесена до 1 кг сухого повітря, м<sup>3</sup>/кг;  $v$  швидкість повітря на виході, м/с.

Якщо  $v = 1$  м/с, то

$$D_{\text{скр.}} = 0,0188 \sqrt{LV_0}.$$

За досвідченими даними, гідравлічний опір центробіжних скрубєрів становить 400-500 Па.

При  $L = 7246$ кг/год,  $V_{\text{п2}} = 1,0$  м<sup>3</sup>/кг,  $v = 1,0$ м/с

$$D_{\text{скр.}} = 0,0188 \sqrt{7246 \cdot 1,0} = 1,6 \text{ м.}$$

Вибір вентилятора

Розрахунок вентилятора

Продуктивність вентилятора (в м<sup>3</sup>/год) визначається по газу з параметрами під час вступу до вентилятора:

$$V_r = L_r v_r,$$

де  $L_r$  – маса повітря при даних умовах, кг.  $v_r$  – віддалений об'єм повітря при даних умовах, м<sup>3</sup>/кг.

Повний напір вентилятора (в Па) определяються по рівнянні

$$H_{\Pi}^p = \Sigma \Delta S + h_{\text{ск}}$$

Де  $\Sigma \Delta S$  – сума гідравлічних опорів всього тракту сушарки, Па;  $h_{\text{ск}}$  швидкісний напір вентилятора, Па;

Сума опорів тракту складається з опору фільтра  $\Delta S_{\text{ф}}$ , опору нагрівача  $\Delta S_{\text{н}}$ , опору тракту сушарки  $\Delta S_{\text{с}}$ , опору циклонічної установки  $\Delta S_{\text{ц}}$ , опору скрубера  $\Delta S_{\text{скр}}$ . У свою чергу  $\Delta S_{\text{с}}$  складається з опору власне сушарки, опору сполучних повітревідвідів, опору сепаратора, якщо він є. Опір фільтра, нагрівача і скрубера виявляється за довідковими даними для даного обладнання. За досвідченими даними, при швидкостях 20 м/с опір сітчастого чистого фільтра Рекка  $\sim 40$  Па, сполучних повітревідвідів сушарки  $\sim 40-50$  Па, ротора-розпушувача пневматичних сушарок тора крохмальних сушарок 800 Па, скрубера 400-500 Па.

$$\Sigma \Delta S = 1890 \text{ Па} ; h_{\text{ск}} = 51,2 \text{ Па}; H_{\Pi}^p = 1941 \text{ Па}.$$

Після того як знайшли повний напір вентилятора при робочих умовах  $H_{\Pi}^p$ , натиск (в Па) призводять до 20°C за формулою

$$H_{\Pi}^{20} = H_{\Pi}^p (T_{\text{роб}}/T)$$

де  $T_{\text{роб}}$  абсолютна температура газу при виході із вентилятора, К;  
 $T=273\text{К}$

$$H_{\Pi}^{20} = 2080 \text{ Па}.$$

По величинам  $V_r$  і  $H_{\Pi}^{20}$  підбирають вентилятор.

Розхід потужності на вентилятор  $N_B$  (в кВт)

ККД вентилятора визначається по його характеристикі, ККД привода 0,9-0,8.

Вибираємо вентилятор типу ВП-7-40 з потужністю двигуна 17кВт, частотою обертання 1450 об/хв.

## **6.ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

### **6.1.Загальні вимоги**

Вибір матеріалів, які застосовуються в харчовому машинобудуванні при виготовленні деталей для приготування, зберігання та транспортування харчових продуктів, зумовлений наступними основними факторами:

- допустимістю контакту з харчовими продуктами;
- економічною доцільністю застосування;
- вимогами до надійності та довговічності устаткування.

При проектуванні машин та апаратів харчового машинобудування ці завдання вирішуються шляхом застосування конструкційних матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами, використання найбільш дешевих матеріалів, які відповідають вимогам конструкції, а також поєднання пар конструкційних матеріалів, що забезпечує найменшу можливість зношування поверхонь тертя.

Довговічність визначається головним чином зносостійкістю деталей, тому одним із основних шляхів збільшення терміну служби та надійності роботи машини є підвищення зносостійкості поверхонь тертя деталей.

Зношування деталей може призвести до їх руйнування, або внаслідок зношування поступово збільшуються змінні напруги, що може призвести до перевищення межі втомлювальності.

Вихід деталей з ладу внаслідок зношування також може призвести до простою машини, що порушує режим роботи на виробництві. Зносостійкість сталі можна підвищити гартуванням з високим відпуском, а при більш високих навантаженнях – гартуванням з низьким відпуском.

Ефективний спосіб підвищення зносостійкості – цементація сталі з наступним гартуванням та низьким відпуском.

Поряд з металами і сплавами в харчовому машинобудуванні широке застосування знаходять вироби з полімерів та гуми.

Гума як технічний матеріал відрізняється від інших матеріалів високими еластичними якостями, які властиві каучуку – головному вихідному компоненту гуми. Вона здатна до дуже великих деформацій (відносне подовження досягає 1000%), які майже повністю відновні. При кімнатній

температурі гума знаходиться в вискоеластичному стані і її еластичні якості зберігаються в широкому діапазоні температур.

Модуль пружності знаходиться в межах  $0,1 - 1 \text{ кгс/мм}^2$ , тобто, він в тисячі і десятки тисяч разів менше, ніж для інших матеріалів. Особливістю гуми є її мала стискуваність (для інженерних розрахунків гуму вважають нестискуваною); коефіцієнт Пуассона дорівнює  $0,4 - 0,5$ , тоді як для металу ця величина становить  $0,25 - 0,30$ . Іншою особливістю гуми як технічного матеріалу є релаксаційний характер деформації. При кімнатній температурі час релаксації може становити  $10^{-4}$  с і більше. Під час роботи гуми в умовах багаторазових механічних напруг частина енергії, яку сприймає виріб, втрачається на внутрішнє тертя (в самому каучуку і між молекулами каучуку та частинами домішок); це тертя перетворюється в теплоту.

Для захисту металів від корозії широко застосовуються лакофарбові матеріали. Лакофарбові матеріали належать до групи плівкоутворюючих матеріалів. Після нанесення в рідкому стані на поверхню вони утворюють плівку, після висихання.

## 6.2. Вибір конструкційних матеріалів

При проведенні модернізації використовуються декілька видів матеріалів.

В першу чергу для виготовлення використовуються сталі прокатні вироби, а саме: кутники і швелери, а для опорних конструкцій – двотаврові балки.

Для виготовлення кутників вибираємо сталь Ст3сп ДСТУ 2651-94, оскільки кутники використовуються як зв'язкові елементи металоконструкцій і їх необхідно зварювати.

Характеристика сталі Ст3сп:

- допустимі напруження: текучості  $[\sigma_t] = 370-480$  ( МПа );
- розриву  $[\sigma_b] = 245$  ( МПа ) ;
- твердість HB170.

Хімічний склад сталі Ст3сп:

C –  $0,14 - 0,22\%$ ; Mn –  $0,40 - 0,65\%$ ; Si –  $0,12 - 0,30\%$ .

Для виготовлення швелерів та двотаврових балок застосовуємо сталь ВСт3кп ДСТУ 2651-94. Сталі групи В – це сталі підвищеної якості з

гарантованим хімічним вмістом та механічними властивостями. Як правило сталі цієї групи використовують для виготовлення відповідальних металоконструкцій.

Характеристика сталі ВСтЗкп:

- допустимі напруження: текучості  $[\sigma_{\tau}] = 480$  ( МПа );
- розриву  $[\sigma_{\text{в}}] = 245$  ( МПа ) ;
- твердість HB170.

Для виготовлення деталей кріплення болтів та гайок використовуємо також сталь СтЗсп.

Для виготовлення зубчатих передач редуктора використовується сталь вуглецева якісна конструкційна: сталь 45 ГОСТ 1050-82. Характеристика сталі 45:

- допустимі напруження: текучості  $[\sigma_{\tau}] = 360$  ( МПа );
- розриву  $[\sigma_{\text{в}}] = 610$  ( МПа ) ;
- твердість HB197.

Металеві та неметалеві покриття в харчовому машинобудуванні застосовують в основному для захисту виробів від корозії, а також для підвищення зносостійкості деталей машин та відновлення їх при ремонті.

До покриття деталей машин та апаратів висувають наступні основні вимоги.

1. Матеріал не повинен бути токсичним, передавати продуктам харчування і сировині сторонніх запахів, впливати на смакові якості.

2. Покриття не може мати пористості для запобігання підплівкової корозії та наступного відпадання нанесеного шару. .

3. Покриття повинні мати високі механічні якості і міцне зчеплення з основним металом.

4. Необхідно забезпечити отримання рівномірної полімерної плівки необхідної товщини в залежності від призначення покриття та умов роботи обладнання.

5. Покриття повинні мати високу хімічну стійкість до харчових середовищ і миючих засобів, атмосферних впливів та мати добрі захисно-декоративні якості.

Полімерні матеріали наносять на поверхню обладнання різними способами: напиленням ( із порошоків), зануренням в ванну, обливанням, щіткою, аерозолями та ін.

Одним із головних факторів, що викликають пошкодження покриття, в умовах експлуатації обладнання в даному проекті є волога і температура. Покриття має бути непроникним для парів води.

Якість лакофарбового покриття визначається наступними основними характеристиками: твердістю по маятниковому приладу; міцністю на удар; еластичністю (гнучкістю), що показує стійкість до вібрації (визначається згинанням плівки навколо стержнів різного діаметру; прилипанням (адгезія, визначається методом решітчастого надрізу по та ін.

З врахуванням всіх факторів роботи обладнання та вимог стандартів для даного обладнання вибираємо нітроцелюлозні покриття (НЦ).

## **8. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту**

Монтаж сушарок проводиться як спеціалізованими організаціями, так і господарським способом.

Перед проведенням монтажних робіт необхідно:

- вивчити проектну документацію;
- отримати монтажні матеріали згідно специфікації;
- перевірити відповідність кресленням будівельних приміщень та приймання їх під монтаж, а також провести огляд, приймання та попередню перевірку обладнання, металоконструкцій, комплектуючих деталей; передбачити складання укрупнених частин на спеціальному майданчику. До початку монтажних робіт розчищають майданчик, проводять розмічальні роботи, розчищають монтажні отвори, підготовляють підмости і іншу оснастку, встановлюють такелажне обладнання.

Основні монтажні роботи: доставка обладнання, огляд, очистка, промивка частин і вузлів, а потім установка їх на призначене за проектом місце з необхідною перевіркою обладнання за рівнем і схилу, а також закріплення цього обладнання.

Перевіряють від руки правильність, плавність і легкість руху робочих органів, механізмів і машин. Якщо все відповідає технічним вимогам, то готують обладнання до комплексного випробування під навантаженням, т. е. встановлюють приводні ремені, додатково змащують поверхні що труться. Під час налагодження визначають частоту обертання двигунів, продуктивність, витрата електроенергії і палива, вимірюють тиск і витрату повітря, пара.

Тривалість випробувань випробувана під навантаженням при безперебійній роботі сушарки становить до 48 год в залежності від її продуктивності на розсуд робочої комісії.

При виконанні монтажних робіт висуваються такі вимоги: всі зварні шви повинні бути хорошої якості. Якість цих швів перевіряють, оглядаючи і вимірюючи перетину.

Всі люки та заглушки в закритому стані повинні бути герметичними. Деталі сушарки, дотичні з харчовими продуктами виготовляють із дозволених матеріалів.

Шви зварювання повинні бути рівними і гладкими. Роз'ємні з'єднання повітря-проводів і дифузорів монтують на фланцях, щоб полегшити в потрібних випадках розбирання. Клапани і засувки повітря-проводів повинні легко відкриватись і закриватись. На видних місцях стінок клапанів і засувок встановлюють покажчики їх положення.

Внутрішню поверхню корпусу у вентиляторів роблять гладкою, зварні шви - щільними. Робочі колеса вентиляторів ретельно балансують; крильчатки при обертанні не повинні зачіпати за кожух.

Зварні шви циклонів виготовляють рівними, непроникними для пилу; розташовують у напрямку руху повітря. Внутрішню поверхню циклону роблять без виступів і вм'ятин. Повітропроводи, дифузори і вентилятори повинні бути покриті термоізоляцією, що накладається по каркасу з дротяної сітки рівним шаром, товщиною не менше 50 мм на повітропроводах, що проходять всередині будівлі, і 75 мм-на повітропроводах, що знаходяться зовні будівлі.

Поверхні сушарки термоізольують двома способами: мінеральною ватою або мастичними покриттями. Якість фарбування і покриттів по поверхні сушарки порівнюють з еталоном. Зовнішні поверхні сушарок фарбують емаллю, внутрішні, які не мають контакту з агентом сушіння, покривають лаком з алюмінієвої пудрою. Шківи для електродвигунів і вентиляторів фарбують емаллю червоного кольору, пульт управління – емаллю кольору слонової кістки.

Монтажні роботи підрозділяються на наступні етапи: підготовка сушарки до монтажу; монтаж, налагодження і монтажні випробування, пуск сушарки.

При підготовці сушарки до монтажу доставляють всі її вузли в зону монтажу і розміщують їх в порядку послідовності виробництва робіт, яка вказується розробником в спеціальній таблиці. Вузли повинні бути розміщені на горизонтальних майданчиках на дерев'яних брусах-лагах. Забороняється укладання вузлів один на інший.

Розпакування і розконсервацію комплектуючих виробів проводять відповідно до супровідної експлуатаційної документації.

Згідно комплектувальної відомості перевіряють комплектність постачання сушарки, проводять ревізію вузлів і виробів, усувають недоробки, несправності і пошкодження.

Перевіряють виконання під монтаж будівельних робіт, наносять на фундаменти геодезичні осі згідно монтажного кресленням.

При проведенні монтажних робіт особлива увага приділяється щільності і герметичності з'єднань вузлів сушарки (герметичність зварних і болтових з'єднань). Герметичність з'єднання вузлів повинна відповідати технічним умовам на виготовлення.

Після закінчення монтажних робіт ведуть оздоблювальні роботи, в тому числі підфарбовують і оформляють пояснювальні написи.

Перед випробуванням сушарки під навантаженням необхідно перевірити стан вентиляторів, легкість обертання валу, відсутність поштовхів, ударів і зачеплень робочого колеса за кожух; щільність всіх з'єднань і повітропроводів; відсутність щілин в люках; натяг приводних ременів стан огорож, що забезпечують безпеку роботи; а також автоматики, що регулюють цей процес горіння; наявність мастила в підшипниках і масла в мотор редукторах; роботу всіх механізмів короткочасним включенням електродвигунів; правильність установки датчиків температури.

Роботу системи автоматики перевіряють після розпалу топки: збільшують подачу палива так, щоб температура агента сушіння перевищила максимальну.

Перед монтажем устаткування всі деталі, які можуть в подальшому стикатися з продуктом, необхідно очистити від мастила, промити теплою водою і добре просушити.

Оброблені поверхні деталей, покриті на заводі-виробнику захисної змазкою, що необхідно промити, ретельно протерти.

Щит контролю та управління розташовують на підлозі приміщення, де монтують установку.

Розведення проводів від щита контролю і управління до електрообладнання та апаратів виробляють на місці. Все обладнання надійно заземляють і підключається до захисного заземлення контуру та підприємства.

Після монтажу щита контролю і управління встановлюють зняті на період транспортування показують і регулюючі прилади відповідно до електромонтажних креслень, а також встановлюють і підключають прилади (термометри, манометри, датчики розрідження, пневмо-клапани).

Після закінчення монтажних робіт проводять налагоджувальні роботи і перевіряють:

- правильність підключення електродвигунів і спрямування їх обертання;
- правильність підключення датчиків і приладів;
- ланцюга управління і сигналізації, наявність і справність сигнальних ламп і звукового сигналу;
- герметичність всіх трубопроводів, повітропроводів, лючків і кришок.

Виявлені нещільності усувають. Особлива увагу приділяють налагодженню шлюзових затворів. Зазор між коробом пневмо-збиральником і днищем сушильної камери встановлюють мінімально можливим шляхом переміщення опорного ролика.

Проводять обкатку і наладку живильника розрихлювача, змащують всі частини які труться, що не контактують з продуктом; все редуктори приводів заливають свіжим маслом відповідно до паспортів.

Встановлюють захисні огорожі, виробляють прогрів парових калориферів до робочих параметрів.

Після всього цього запускають установку, при цьому виробляють кінцеве налагодження автоматики в ручному та автоматичному режимах і перевіряють дію пожежогасіння. Установку обкатують протягом кількох годин.

### **Ремонт сушарок**

Підприємства АПК працюють за спеціально розробленими технологічними схемами.

У комплекс організаційно-технічних заходів входить і система планово попереджувального ремонту (ППР). Суть її заключається в тому, що обладнання поряд з повсякденним відходом піддають через певні проміжки часу планово-профілактичним оглядом, поточного і капітального ремонтів. Системою планово-попереджувального ремонту вирішуються наступні завдання:

- підтримка обладнання в робочому стані;
- запобігання випадків аварійного виходу обладнання з строю;
- збільшення продуктивності обладнання модернізацією, яка може бути проведена в період ремонту;
- зниження витрат на ремонт обладнання в результаті підвищення продуктивності праці, економії матеріалів, застосування передових методів ремонтних робіт.

У систему планово-попереджувального ремонту (ППР) входять два види робіт: міжремонтне обслуговування і періодичне виконання планових ремонтних робіт.

Міжремонтне обслуговування включає огляд і контроль обладнання, його окремих вузлів і агрегатів, регулювання машин і вузлів, усунення дрібних несправностей. Особливе значення при міжремонтному обслуговуванні має правильна експлуатація обладнання. Міжремонтне обслуговування повинен проводити не тільки ремонтний, а й експлуатаційний персонал.

Періодичне виконання планових ремонтних робіт складається з огляду, поточного і капітального ремонтів та проводиться за розробленими графіками. Огляд обладнання – один з основних видів ремонтної профілактики і проводять його для того, щоб виявити дефекти, які повинні бути усунені в процесі майбутнього планового ремонту. Крім того, під час огляду визначають загальний технічний стан обладнання і усувають дрібні неполадки. Для цього розкривають і перевіряють вузли, працюючи під навантаженням, а вузли, недоступні огляду, прослуховують на безшумність ходу.

Огляди повинна проводити комісія в складі чергового слюсаря, електромонтера та робочого, обслуговуючого відповідну машину.

Результати огляду записують у журнал, за цими записами в подальшому визначають обсяг і тривалість ремонту. Для більш точного визначення обсягу ремонту і його тривалості в журнал необхідно докладно заносити стан оглядаючої деталі, ступінь її зноса. Несправності і дефекти, які можуть привести до погіршення роботи обладнання, усувають негайно.

Поточний ремонт проводять для підтримки обладнання в робочому стані до чергового капітального ремонту.

При проведенні поточного ремонту ремонтують і замінюють дрібні деталі і вузли, регулюють нескладні механізми, проводять статичне балансування обертових деталей, очищають і ремонтують комунікації, ремонтують і заправляють мастильні системи.

Обсяг робіт при поточному ремонті визначають за класифікатором. Необхідно враховувати, що при виконанні поточного ремонту ремонтують або замінюють тільки ті деталі, термін служби яких закінчився або їх міцність і точність менше допустимих меж.

Поточний ремонт виконують ремонтні бригади, чергові слюсарі та обслуговуючий персонал під керівництвом головного механіка або механіка. Всі роботи з поточного ремонту обладнання заносять в картку або журнал поточного ремонту.

Капітальний ремонт проводять з повним розбиранням машин. Передбачається заміна або ремонт всіх зношених деталей, повне регулювання машини.

Під час капітального ремонту проводять і модернізацію обладнання, Всі зазначені види ремонту, передбачені системою ППР, виконують з урахуванням їх періодичності, показників складності, нормативів трудоемкості і нормативів простою обладнання в ремонті.

Ефективність системи ППР може бути забезпечена при виконанні наступних основних заходів:

- правильне ведення паспорта кожної одиниці обладнання;
- організаційний облік роботи устаткування, дотримання міжремонтних періодів, визначення для кожного виду обладнання структури ремонтного циклу;
- оснащення ремонтних майстерень відповідним обладнанням, забезпечення їх необхідним резервом запасних частин і вузлів, кресленнями, технічними умовами, нормативами і технологічною документацією для ведення робіт.

## 9. Опис системи управління

Досвідом експлуатації пневматичних сушарок встановлено, що між вологістю висушеного крохмалю і температурою суміші крохмалю – повітря перед циклонами (або температурою повітря, який відрізняється після циклонів) існує певна залежність. Із збільшенням цієї температури знижується вологість висушеного крохмалю, і навпаки. Ця залежність накладена в основу схеми автоматичного регулювання вологості сухого крохмалю в пневматичній сушці.

Якщо температура сушіння перед циклонами збільшується, то кількість сирого крохмалю, який завантажується в сушарку, повинно бути збільшено, а при її зниженні – зменшено.

Система автоматизації зазначених установок передбачає дистанційне керування приводами сушарки в ручному і автоматичному режимі, світлову і звукову сигналізацію, а також контроль напруги і струму силового кола, температури повітря і суміші крохмаль – повітря в різних точках сушильної установки, тяги і напору повітря по сушильному тракту, тиску пара, регулювання температури гарячого повітря, контроль і регулювання рівня крохмалю в живильнику-змішувачу і вологості сухого крохмалю на виході з сушарки.

В ручному режимі пуск і зупинку двигунів виробляє оператор. В автоматичному режимі пуск двигунів здійснюють за допомогою реле часу в суворій послідовності проти ходу продукту за технологічною схемою. Спочатку включаються двигуни розсівання, потім приводи шнеків вивантаження сухого крохмалю, вентилятор. Останнім вмикають двигун завантажувального пристрою.

При аварійній зупинці будь-якого двигуна одночасно вимикаються всі двигуни (по ходу продукту), починаючи від двигуна приводу завантажувального пристрою до зупиненого двигуна. Наступні за ним двигуни продовжують роботу і в міру необхідності оператор їх відключає. Під час пуску двигунів і аварійної їх зупинки включається попереджувальна світлова і звукова сигналізація незалежно від режиму роботи приводів сушильної установки (робота кожного двигуна контролюється відповідними сигнальним табло). Схема також дозволяє здійснювати одночасну зупинку всіх двигунів.

Оператор здійснює контроль за ходом процесу сушіння крохмалю за показниками приладів.

Самописний потенціометр ПСП1-18 контролює температуру гарячого повітря після калориферної установки, аерозависі крохмалю перед циклонами (за величиною цієї температури перевіряється якість регулювання вологості сухого крохмалю на виході з сушарки), повітря після циклонів, що також дозволяє контролювати якість регулювання вологості сухого крохмалю, повітря після скрубера (по даній температурі в сталому режимі сушарки судять про надходження води в скрубери).

Якість роботи вентилятора і стан повітряного тракту сушарки контролюється тягонапороміром ТНМ-П1, який вимірює величину розрідження в перехідному патрубку між калорифером і розпушувачем, а також перед вентилятором, і величину напору після нього.

Перехід з одного виміру на інший виконується краном-перемикачем КП-3.

Вологість крохмалю регулюється по температурі суміші крохмаль - повітря. У контур регулювання вологості сухого крохмалю входить регулятор температури типу ПТРП-0,5, який при відхиленні температури аерозависі від заданої, впливаючи на варіатор, змінює кількість фугованого крохмалю, що подається в сушарку.

Зміна кількості подаваного в сушарку фугованого крохмалю може здійснювати і оператор із щита управління. Контроль і регулювання верхнього рівня крохмалю в запитувачі-змішувачі здійснюється за допомогою електронного сигналізатора типу МЕСУ-18, який при наповненні дозатора відключає на деякий час завантаження крохмальної суспензії центрифуги і привід транспортера фугованого крохмалю.

Датчики температури, манометр, датчик показчика рівня встановлюють безпосередньо на окремих вузлах сушарки. Решта електроапаратура розташована на щиті управління і автоматичного регулювання.

Схеми автоматичного регулювання процесу сушіння крохмалю, а також контролю і управління сушаркою створюють благо приємні умови для її експлуатації дозволяють стабільно підтримувати вологість сухого крохмалю з точністю  $\pm 5\%$ ; оберігають двигуни та обладнання від пошкоджень; забезпечують рівномірну роботу всього обладнання сушильного цеху, покращують санітарні умови на виробництві.

Пневматична сушарка ПС-15 комплектується щитами управління та апаратурою, яка встановлюється по місцю. Для зниження вибухової небезпеки щит встановлюється в окремому приміщенні, яке зручне для візуального спостереження та обслуговування. Це приміщення відокремлене від приміщення цеху прозорою перегородкою.

## **10. Заходи щодо охорони праці**

### **10.1. Закон України про охорону праці**

В Україні 22 листопада 2002 р. був прийнятий Верховною Радою Закон "Про охорону праці" із змінами та доповненнями. Цей закон, а також "Кодекс законів про працю України" є основною законодавчою базою охорони праці. Їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці - це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами і працівниками України.

Цей закон 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, організації або уповноваженим органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

### **10.2. Інструктажі по охороні праці**

Мета інструктажу - навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючого середовища виконувати свої трудові обов'язки.

### **Фінансування заходів з охорони праці**

Відповідно до Закону про охорону праці (ст. 19. Фінансування охорони праці) фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем. Для приватних підприємств, які використовують найману працю, витрати на охорону праці становлять щонайменше 0,5 відсотка від кількості проданої продукції.

Фінансування заходів з охорони праці підприємство здійснює за рахунок ФОП (фондів охорони праці) та штрафів. Ці кошти використовуються у трьох

сферах: здійснення заходів щодо покращення умов праці, компенсація у зв'язку зі шкідливими умовами праці та компенсація наслідків шкідливих наслідків.

### Метеорологічні умови

Працівники піддаються різного роду факторам, які негативно впливають на їх органи, а отже, законодавством передбачені встановлені стандарти.

Під час роботи людина витрачає енергію, яку накопичив її організм за рахунок їжі. Інтенсивність витрат залежить від характеру та інтенсивності праці, а також від навколишнього середовища, насамперед від стану повітря в приміщенні, що називається метеорологічними умовами.

Метеорологічні умови виробничих приміщень визначаються такими параметрами: температура повітря в приміщенні С; відносна вологість,%; мобільність повітря, м/с; теплового випромінювання Вт/м<sup>2</sup>

Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості повітря в робочій зоні виробничого приміщення оператора, який обслуговує лінію, категорія робіт 2а. Табл.10.1 Оптимальні і допустимі норми температури.

Таблиця 10.1

Період року	Температура, С				Відносна вологість, %	Швидкість руху м/с
	Допустима					
	Верхня границя		Нижня границя			
	На робочому місці					
	постійно му	Непостійному	Постійному	Непостійному		
холодний	25	26	20	17	75	Не більше 0.2

теплий	28	30	22	20	60(при 27 С)	0.1...0.3
--------	----	----	----	----	--------------	-----------

### **Освітлення**

Правильно виконана система освітлення має велике значення для зменшення виробничого травматизму, створює нормальні умови для роботи органів зору та збільшує паразитизм організму.

Штучне освітлення було спроектовано для виробництва через відсутність вікон та ліхтарів. Проектом передбачено робоче, аварійне та ремонтне освітлення.

Штучне робоче електричне освітлення здійснюється комбінованою системою. Норми освітлення регулюються СНІП-04-84, а також санітарними нормами. Отже, для сушильного відсіку воно повинно бути 150 м.

Для загального освітлення сушильного відділення освітлювальне обладнання розміщується на стінах у верхній зоні приміщення рівномірно щодо розташування обладнання; його виконують за допомогою ртутних ламп дугових дуг. У фурнітурі вибухозахищеної версії PPD-DRL-125 ці лампи, на жаль, мають недолік мерехтіння з видатною частотою, що може виправити їх, вимкнувши антифазу.

Для сушильної майстерні нормоване освітлення на робочих поверхнях під штучним освітленням для візуальних параметрів:

Візуальна точність-низька точність

Найменший розмір об'єкта дискримінації від 1,0 до 5,0 мм

Зоровий розряд - V

У категорії візуальних робіт – і

Розрізнення контрасту об'єкта з фоном-малий

Фонова особливість-темна

Освітленість при комбінованому освітленні - 300 лк

Освітленість при загальному освітленні -200 лк

Аварійне освітлення забезпечується лампами LB для арматури Nogl 2x80 і підключаються до мережі, незалежної від робочої освітлювальної мережі. Аварійне освітлення на робочих місцях забезпечує щонайменше 10% від стандартного.

Освітлювальна дошка типу ОЦВ-12А розташована на висоті 1,2 м від рівня підлоги. Розподіл електричного освітлення та інших мереж здійснюється дротом марки AVVG трубах газу. Для освітлення легкого ремонту використовується вибухозахисна лампа типу SGV-2-4-5.

### **Заходи боротьби з шумом та вібрацією**

У приміщенні, де встановлена сушарка, шкідливим фактором є шум і вібрація від електродвигуна, насосів та інших механізмів.

З метою усунення впливу шуму та вібрації на виробничий персонал, проект передбачає такі заходи:

- вентилятори сушильної установки встановлюються в окремому приміщенні і з'єднуються з трубопроводами м'якими агрегатами;
- для зменшення шуму необхідно добре змастити підшипники вентилятора;
- на електродвигун слід надягати сталеві оболонки, щоб сприяти поглинанню звуку;
- вентилятори на окремих фундаментах для встановлюються зменшення поширення вібрації;
- для зменшення вібрації під час роботи вентиляторів застосовується віброізоляція у вигляді платформи, встановленої на пружинні амортизатори;
- вентиляторне колесо повинно бути добре збалансованим для запобігання можливих вібрацій.

### **Вентиляція**

Повітряна вентиляція робочої зони цеху повинна відповідати діючим стандартам.

У сушильному відділенні застосовується витяжна загальна та локальна вентиляція, вони здійснюються механічно (штучно) із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Тече повітря потрапляє в приміщення через прорізи у дверях та через спеціальні канали, створені внизу панелей будинку. У зв'язку з тим, що майданчик з виробництва належить до категорії вибухонебезпечної, клас приміщень відповідає правилам встановлення електроустановок РУЕ В2, витяжні вентилятори використовуються у вибухобезпечній версії.

### **Побутові приміщення**

Побутові приміщення на підприємстві відповідають вимогам СН 245-84, СНІП 2.09.04-87. Вони розташовані в головній будівлі, на другому поверсі.

Підлога в приміщеннях повинна бути вологостійкою. Кімнати обладнані душовими, шафами, а також кімнатами для сушіння білизни. Підлога в гардеробі заслана гумовими килимами, а в душових - дерев'яними сходами.

Усі виробничі будівлі та споруди двічі на рік (навесні та восени) підлягають технічному огляду, який проводиться комісією, призначеною керівником виробництва.

### **Електробезпека**

Виробнича площа належить до приміщень з підвищеною небезпекою, в цеху живлення подається від мережі частотою 50 Гц і напругою 220 і 380 В, а отже, запобігання електричної та електробезпеки працівників і для службовців у майстерні відповідно до діючих стандартів. Заходи електробезпеки в цій галузі передбачають;

- ізоляцію струмових деталей;
  - використання блокуючих пристроїв;
  - роботоздатність електрообладнання у вибухонебезпечному варіанті;
  - забезпечення всіх ліній електропередачі запобіжниками;
- використання низьких напруг для живлення портативних споживачів; - проведення низки організаційних робіт (навчання, сертифікація).

Для забезпечення електробезпеки під час обслуговування агрегату необхідно забезпечити:

- прокладку електричних проводів у металеві гільзи, що захищають дроти від пошкоджень;
- захисний заземлюючий пристрій для електрообладнання, корпусу пневмосушарки та інших компонентів і вузлів, які можуть бути забезпечені болтом і шайбою із зазначенням знака Землі на корпусі;
- розміщення електричного обладнання, приладів та схем управління в металевому щиті, що закривається.

Перед кожним пусковим пристроєм для захисту обслуговуючого персоналу прокладаються діелектричні клеми та ізоляційні пристрої. На робочих місцях сушарки встановлюються гучні дзвінки, які активуються як з пульта управління, так і з робочого місця. Запуск та зупинка машин і механізмів повинні здійснюватися з пульта управління з робочого місця.

Проект передбачає захист людей, будівель, обладнання, матеріалів, та сировини від пожеж, блискавок. Блискавичні стрижні діаметром 12 мм встановлені на даху будівлі і заземлені іншим кінцем в ґрунт на глибину до 5 м.

#### Захист ШОЕ:

1. Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання із землею або її рівноцінними металевими непровідними частинами, які можуть бути під напругою.

Область застосування захисного заземлення-це трифазні трипровідні мережі напругою до 1000 В з ізольованим нейтральним джерелом струму.

2. Нулювання - навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих непровідних частин електрообладнання, які можуть бути під напругою.

3. Використання низької напруги. Низька напруга це напруга до 42В, внаслідок чого її використання обмежене. Використовуйте під час роботи з портативним інструментом.

4. Контроль ізоляції це вимірювання опору ізоляції з метою запобігання короткого замикання на корпус електричного обладнання.

5. Засоби індивідуального захисту вони поділяються на ізолюючі, допоміжні та огорожувальні.

У будівлях та приміщеннях передбачено 2 способи евакуації людей, Ефективність евакуації оцінюється часом, необхідним для евакуації людей приміщень.

### **Шкідливі і небезпечні фактори**

Мікроклімат виробничих приміщень обумовлений технологічним процесом і певною мірою зовнішніми метеорологічними умовами. У нашому випадку ми розглядаємо обладнання для сушіння крохмалю, згідно з яким під час сушіння виробниче повітря підтримується температура повітря не менше 28°C. Тепловіддача в сушильному цеху становить близько 100 ккал на 1 м<sup>3</sup> на годину.

Виконання робіт в умовах теплового випромінювання та високих температур викликає в організмі працівників виражені фізіологічні зрушення. Їх ефективність в таких умовах знижується на 50%. Фізіологи встановили, що температура 22 С -це ознака, за якою починається прогресуюче зниження працездатності. Таким чином, коли температура піднімається до 26°C, вона знижується на 4% з кожним градусом, а при подальшому підвищенні до 30 ° С - на 6%. В умовах, коли температура повітря дорівнює або перевищує температуру тіла працівника, тепло передається тілом шляхом випаровування вологи. Так, при виконанні важких фізичних робіт при високій температурі повітря кількість поту може досягати 1,0...1,5 л / год. Відведення тепла вентиляцією також потрібно для впливу температур на працівника. Вентиляції зменшення високих класифікуються: 1. За методом організації повітряного обміну: природні (неорганізовані, організовані, регульовані), механічні, змішані; 2. За способом подачі та відведення повітря: подача, витяг, подача та витяг; 3. За місцем дії загальний обмін, місцевий, змішаний; 4. За призначенням: робочий, надзвичайний.

У сушильному цеху вентиляція повинна бути механічною, оскільки це сукупність вентиляторів і каналів, які забезпечують постійний обмін повітря в приміщенні незалежно від зовнішніх факторів. При механічній вентиляції організований рух повітря відбувається за рахунок різниці тиску, створюваної вентиляторами. Шкідливим фактором під час сушіння є виділення пилу. Промисловий пил шкодить людям через механічне (пошкодження дихальної системи), хімічне (отруєння), бактеріологічне (проникнення пилу бактеріями). Респіратори, система вентиляції, більше вікон для природної вентиляції можуть служити засобом захисту від пилу.

### **Особливості техніки безпеки при виробництві крохмалю**

Крохмальний пил вже при концентрації 7 мг/л повітря легко запалюється від незначної іскри в вимикачі, патроні, електродвигуні, а також від розряду статичної електрики на приводних ременях. При цьому повітряна хвиля створює нові осередки крохмальної пилу і відбуваються повторні вибухи з новою силою, аж до повного руйнування приміщення і обладнання. У зв'язку з цим на заводі сухого крохмалю, особливо в розсівном і пакувальному відділеннях, необхідно перш за все прийняти заходи для усунення будь-якої можливості появи джерела, здатного викликати займання крохмального пилу.

Слідє застосовувати тільки герметичні електросвітільну арматуру і прилади, передбачати відвід статичного струму від приводних ременів заземленими електровідвідниками, робити заземлення всіх металевих деталей, застосовувати в ударних механізмах і деталях матеріали з пластмаси або кольорових металів, встановлювати тільки вибухобезпечні електродвигуни, стежити за станом підшипників, не допускаючи їх перегріву, стежити за станом роторів вентиляторів, не допускати огляду і обслуговування обладнання з відкритим вогнем або виконання всередині цеху зварних робіт, а також куріння. В якості профілактики необхідно регулярно ретельно прибирати приміщення від пилі пилососом і стежити за справним станом

всього обладнання та пристроїв для перетворення появи пилу і видалення її з приміщень.

Пиловидалення із апаратів проводиться вентиляторами аспіраційних пристроїв, що створюють в апаратах невелике розрідження, в приміщенні, виділенню розрідження. Матерчаті фільтри вловлюють дуже малу пиль; виготовляються вони з цупкої ворсистої тканини. Основний їхній недолік – періодичність роботи. З часом пил забиває пори тканини і не пропускає повітря. Вентилятор доводиться відключати і видаляти пил спеціальною преспосоною. циклони можуть відділяти і більш крупний пил. Вони прості за конструкцією і працюють безперервно, проте пил не повністю видаляється, необхідно очистити повітря, що відходить на скруберах.

Мокрий пиловловлювач – скрубер (рис. 10.1) представляє собою металевий круглий збірник з конічним дном, усередині якого на вертикальному валу встановлений диск, що обертається. Вгорі збірник має два штуцера для підведення повітряної суміші та відведення очищеного повітря.

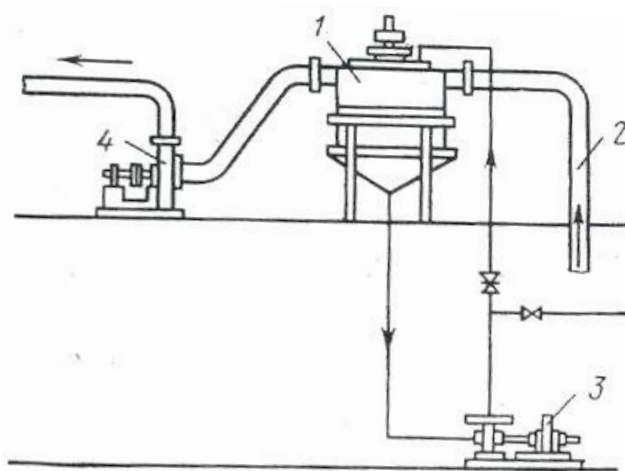


Рис 10.1. Схема установки скрубера.

Схема роботи установки полягає в наступному. Скрубер 1 трубопроводом 2 з'єднаний з усією аспіраційною системою повітропроводів. Вентилятор 4 безперервно відсмоктує повітря через скрубер. Всередину апарату, нижче диска, наливається близько 400 л чистої води. Насос 3

безперервно подає цю воду на диск, який її розбризкує, створюючи водяну завісу. Проходячи через цю завісу, крохмальний пил добре поглинається водою, перетворюючись в крохмальне молоко. Коли концентрація молока досягає 14%<sup>o</sup>C, його перекачують на завод сирого крохмалю, а в скруббер наливають свіжу воду.

## **Висновок**

Кваліфікаційна робота на тему “Модернізація пневматичної сушарки для крохмалю типу ПС-15” виконана відповідно поставлених цілей і задач.

В результаті впровадження запланованої модифікації сушарки, а саме внесення змін в конструкцію розрихлювача та встановлення розширювача на трубі сушарки, дозволяє інтенсифікувати процес сушіння крохмалю за рахунок рівномірного дисперсування його в потік теплоносія та забезпечити якісне висушування крохмалю, встановленням розширювача на трубі – сушаркі; що забезпечує додаткову циркуляцію продукту, особливо крупнодисперсного.

### Список використаної літератури

1. Атаназевич В. И. Сушка пищевых продуктов : справ. пособие. Москва : ДеЛи, 2000. 296 с.
2. Бойко Ю. І., Литвиненко О. А. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2018. 195 с.
3. Ганин Н. Проектирование в системе КОМПАС-3D. Санкт-Петербург : Питер, 2008. 448 с.
4. Грабовська О. В. Технології крохмалю і крохмалепродуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2019. 314 с.
5. Заплетніков І. М., Мирончук В. Г., Кудрявцев В. М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв : навч. посібник. Київ : ЦУЛ, 2012. 344 с.
6. Ванін В. В., Перевертун В. В., Надкернична Т. М. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD : навч. посібник. Київ : Каравела, 2013. 328 с.
7. Ліпец А. А. Технологія крохмалю та крохмалепродуктів : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2003. 168 с.
8. Мирончук В. Г., Люлька Д. М., Єщенко О. А., Свідерська О. І. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2017. 162 с.
9. Муштаев В. И., Ульянов В. М. Сушка дисперсных материалов. Москва : Химия, 1988. 352 с.
10. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : підручник / Мирончук В. Г. та ін. 2-ге вид., перероб. і доп. Вінниця : Нова книга, 2007. 648 с.

11. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : навч. посібник / Мирончук В. Г. та ін. Вінниця : Нова книга, 2004. 288 с.
12. Сажин Б. С. Основы техники сушки. Москва : Химия, 1984. 320 с.
13. Шамборант Г. Г. Технологическое оборудование предприятий крахмало-паточной промышленности : учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. 216 с.