

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І. С. Гулого
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Удосконалення дискового розпилювального сушильного комплексу для молочної сироватки продуктивністю 1000 кг/годину

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-3М

_____ Коваленко Віталій Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник доцент Бабко Євген Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

« ____ » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Коваленка Віталія Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення дискового розпилювального сушильного комплексу для молочної сироватки продуктивністю 1000 кг/годину

керівник проекту (роботи) Бабко Євген Миколайович, доц., канд. техн. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 01 » жовтня 2024 р. № 859-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2024 р.

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): Реферат; Зміст; Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел.

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

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Технологічна схема – 1 аркуш; Модернізований пристрій – 1 аркуш; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш; Наукова частина – 4 аркуші.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 01.10.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Реферат, зміст</i>	08.10.2024	
2	<i>Вступ</i>	11.10.2024	
3	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження</i>	17.10.2024	
4	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>	24.10.2024	
5	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	29.10.2024	
6	<i>Розрахункова частина</i>	04.11.2024	
7	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	11.11.2024	
8	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>	15.11.2024	
9	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	18.11.2024	
10	<i>Висновки</i>	22.11.2024	
11	<i>Список використаних джерел</i>	25.11.2024	
12	<i>Графічна частина: 10 аркушів формату А1</i>	29.11.2024	
13	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедрі</i>	01.12.2024	

Здобувач_____
(підпис)Коваленко В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи_____
(підпис)Бабко Є.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на тему «Удосконалення дискового розпилювального сушильного комплексу для молочної сироватки продуктивністю 1000 кг/годину».

Дана кваліфікаційна робота присвячується визначенню раціональних параметрів системи подачі теплоносія та продукту сушильного комплексу А1-ОР2Ч. В роботі проведені дослідження по загальній аеродинаміці сушарки. На основі проведених досліджень в роботі запропоновано оптимальні параметри схеми подачі теплоносія і проведені необхідні розрахунки.

Метою роботи є розроблення та удосконалення конструкцій сушильних дискових розпилювальних комплексів.

Об'єкт дослідження: сушильні дискові розпилювальні комплекси для отримання сухої сироватки, як основи для виробництва різних видів продуктів.

Предмет дослідження: є гідродинамічні процеси та явища сушіння сироватки з кисломолочного сиру з оптимізацією параметрів підготовки та розподілення теплоносія в сушильних дискових розпилювальних комплексах.

Ключові слова: молочна сироватка, розпилювальний пристрій, сушіння, теплоносій.

Робота виконана на 153 аркушах формату А4. В роботі використано 48 графічних та 22 табличних даних.

Також додано 6 листів специфікацій.

Графічна частина роботи складає 10 листів формату А1.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Реферат	230592.KP.007.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/2

ABSTRACT

The master's qualification work was carried out on the topic "Improvement of a disk spray drying complex for whey with a capacity of 1000 kg/hour".

This qualification work is devoted to determining the rational parameters of the coolant supply system and the product of the drying complex A1-OR2Ch. The work carried out research on the general aerodynamics of the dryer. Based on the research carried out, the work proposed the optimal parameters of the coolant supply scheme and carried out the necessary calculations.

The purpose of the work is to develop and improve the designs of drying disk spray complexes.

Object of research: drying disk spray complexes for obtaining dry whey, as a basis for the production of various types of products.

Subject of research: are hydrodynamic processes and phenomena of drying whey from fermented milk cheese with optimization of the parameters of preparation and distribution of the coolant in drying disk spray complexes.

Keywords: whey, spray device, drying, coolant.

The work is carried out on 153 sheets of A4 format. The work uses 48 graphical and 22 tabular data.

Also included are 6 sheets of specifications.

The graphical part of the work consists of 10 sheets of A1 format.

ЗМІСТ

Реферат.....	3
Зміст.....	5
Вступ	6
1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження	10
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	25
3. Дослідна частина та узагальнення результатів	38
4. Розрахункова частина.....	76
5. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	109
6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля	116
7. Маркетингове обґрунтування проєкту	134
Висновки	143
Список використаних джерел.....	144
Додатки.....	148

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Зміст	230592.KP.007.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/1

ВСТУП

У зв'язку із значним надходження молока і виробництва молочних продуктів в останні роки, як в Україні так і за кордоном, гостро постає проблема утилізації відходів молочної промисловості. Промислова переробка молока традиційним методом у харчові продукти пов'язана з одержанням вторинної сировини у вигляді збираного молока, сколотини і молочної сироватки. Раціональне використання перших двох на харчові і кормові цілі в даний час практично вирішені. Що стосується молочної сироватки, то її втрачається більше половини.

Питома вага вторинних продуктів складає 2/3 ресурсів молока і за даними міжнародної молочної федерації із більш як 80 млн. тон сироватки 50 % іде у відходи. Втрати молочного білку складають близько 400 тис. тон, а лактози – 1600 тис. тон [1].

Молочна промисловість України включає чотири важливих, складних і самостійних галузей: маслоробну, сироробну, цільномолочну, і молочноконсервну. Тому зростають і проблеми пов'язані з охороною навколишнього середовища, унаслідок високої біологічної активності сироватки. Очищення 1 м³ стічних вод із високим вмістом молочної сироватки прирівнюється до очищення 400 м³ типових промислових стоків. В молочній сироватці компонентами, що важко розпадаються є лактоза і негативний радикал кисню. Вони не затримуються і не розпадаються наявними засобами в очисних спорудах. У той же час по своїй біологічній цінності 3 л молочної сироватки прирівнюються до 1 л молока.

Проблема переробки й утилізації молочної сироватки є однією з найактуальніших у молочній промисловості. Молочна сироватка містить у своєму складі до 50 % сухих речовин молока, тому необхідність її переробки має під собою потужне соціальне підґрунтя. Однак, відносно низький вміст в ній сухих речовин, що складає 5,5÷6,5 % проти 12,5÷13,0 % у молоці, вимагає

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Е.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Вступ	230592.KP.007.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/4

високих енергетичних витрат на її концентрування.

Аналіз вітчизняного та закордонного досвіду [2] показує, що одним з найефективніших способів, що дозволяють виключити втрати сироватки та максимально використати всі її компоненти, є організація її переробки в концентрати, що довго зберігаються – сухі, згущені, молочний цукор, замінник незбираного молока. До того ж саме виробництво сухої сироватки забезпечує рівномірне її використання, незалежно від сезонності виробництва, та сприяє вирішенню проблеми, пов'язаної з її транспортуванням і зберіганням.

Об'єми виробництва сухої сироватки в останні роки значно збільшилися. В таких державах як США, Канада, Франція, Голландія, Австралія, Нова Зеландія на сушіння йде в середньому 40÷50 % всього об'єму наявної сироватки [2]. В США виробництво сухої сироватки на душу населення за останні роки збільшилося на 25% [3].

Для здійснення сушіння молочної сироватки раніше використовувались в основному барабанні та стрічкові установки [4]. Промислова практика показує нестійку їх роботу і низькі техніко-економічні показники. Тому при постійно зростаючих об'ємах виробництва молочної сироватки, вимоги до її якісних характеристик, підвищення технічного рівня та ефективності процесу сушіння в значній мірі визначає техніко-економічні показники виробництва.

На сучасному етапі найбільшого поширення в молочній промисловості набуло висушування молочних продуктів розпилювальним способом. Застосування цього способу дозволяє збільшити поверхню контакту взаємодіючих фаз і тим самим значно інтенсифікувати процес сушіння.

Найбільш суттєві наукові досягнення, що сприяють успішному розвитку теорії і практики розпилювального сушіння, були зроблені завдяки дослідженням Г. Н. Абрамовича, О. А. Кремнева, Л. И. Кудряшова, Г. А. Кука, А. М. Ластовцева, П. Д. Лебедєва, Б. И. Леончика, А. С. Лишевського, Н. А. Фукса, В. И. Муштаєва, В. Маршала, Д. Максвела, Р. Фразера, П. Росіна, С. Нукіями, Ф. Глуккерта та інших.

В роботах А. В. Ликова, Н. Н. Ліпатова, В. Д. Харітонова, А. А. Долинського закладено фундамент комплексного підходу до вивчення

робочих процесів розпилювального сушіння. В теперішній час багато вітчизняних та зарубіжних вчених всебічно вивчають процеси розпилювального сушіння, їх апаратурне оформлення, тепло- та масообмін, гідродинаміку, кінетику, динаміку та інші питання.

Однак, не дивлячись на велику кількість теоретичних та експериментальних досліджень гідродинаміки та тепло масообміну в потоці розпиленого рідкого продукту, основні особливості процесу зневоднення, характерні для молочної сироватки не отримали задовільного однозначного рішення, тому вони вимагають індивідуального підходу з урахуванням специфічних особливостей матеріалу.

Завданням нашої роботи є експериментальне вивчення гідродинамічних і тепло- та масо обмінних характеристик процесу розпилювального сушіння молочної сироватки, розроблення на цій основі нового сушильного обладнання та вдосконалення існуючого і визначення нових шляхів інтенсифікації його роботи, а також дослідження впливу технологічних, фізико-хімічних, теплотехнічних та конструктивних факторів на процес сушіння.

Актуальність проблеми. Проблема переробки та утилізації молочної сироватки є однією з найактуальніших у харчовій промисловості. Молочна сироватка містить у своєму складі до 50 % сухих речовин молока, що складає 36 % його енергетичної цінності, тому особливої актуальності набули питання використання її в харчових цілях при безвідходній переробці молока.

В зв'язку з високим вмістом лактози та повноцінного білку молочна сироватка набула широкого використання в харчовій (при виготовленні напоїв, сирів, білкових продуктів, десертів) і в фармацевтичній промисловостях (при виробництві антибіотиків).

Одним з найефективніших способів зменшення втрат сироватки та максимального використання всіх її компонентів є організація її переробки в концентрати, що довго зберігаються – сухі та згущені.

Найбільшого поширення при зневодненні рідких продуктів набув спосіб їх сушіння в розпиленому стані, який характеризується високою інтенсивністю і, ефективність якого, поряд з режимними параметрами процесу сушіння в

значній мірі визначається також умовами розпилювання продукту, які безпосередньо залежать від конструктивного виконання розпилювача.

В зв'язку з цим актуальним завданням сьогодення є дослідження процесу сушіння молочної сироватки та механізму впливу системи розподілу повітря, що дозволить удосконалити існуюче та розробити нове високоефективне сушильне обладнання.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Основні відомості про процеси сушіння молочної сироватки

Сушіння молочної сироватки є одним із способів найбільш повного використання всіх її компонентів при промисловій переробці. При цьому готовий продукт, упакований герметично, може зберігатися в умовах, що не регулюються на протязі майже необмеженого часу. Міжнародна молочна федерація вважає висушування сироватки найбільш доцільним напрямком її переробки [6,7].

При виборі методу сушіння, а також режимів технологічного процесу зневоднювання основна увага приділяється складу продукту та властивостям його компонентів. Як і молоко, натуральна сироватка являє собою складну полідисперсну систему, де жир, білки, лактоза та мінеральні солі утворюють різні структурні комплекси: емульсію, колоїдні та істинні розчини. Такі складні системи характеризуються різними формами зв'язку вологи з сухою речовиною [9].

Дослідження форм зв'язку вологи в сироватці з-під кисломолочного сиру за допомогою термографічного методу встановили, що процес зневоднювання сироватки супроводжується послідовним видаленням вільної та зв'язаної (осмотичної та адсорбційної) вологи [10]. В зв'язку з тим, що в сухому залишку молочної сироватки міститься близько 70 % лактози, можна припустити, що саме цей компонент визначає характер процесу сушіння її і властивості готового продукту. Відомо, що присутність лактози, молочної кислоти та повареної солі значно впливають на вміст зв'язаної вологи, особливо адсорбційної, що є головним фактором, який визначає режим сушіння та його тривалість.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бадко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження	230592.KP.007.001 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/15	

В залежності від необхідних властивостей готового продукту, сушіння сироватки можна проводити чотирма способами [10]:

– при звичайному способі сушіння проводиться попереднє нагрівання сировини, згущення її до концентрації сухих речовин 45÷48 %, сушіння розпиленням та охолодження. Суха сироватка, яка отримується, складається з окремих дрібних пиле-видних частинок, гігроскопічність такого порошку 20÷25 %, а здатність до спікання в процесі зберігання – 100 % [11].

– при сушінні з попередньою кристалізацією лактози здійснюють кристалізацію молочного цукру в згущеній сироватці [12]. Кристалізація лактози, тобто переведення аморфної форми в кристалічну (моногідрат α -лактози), проводиться з метою зменшення гігроскопічності готового продукту. Сушать концентрат також методом розпилювання, а суха сироватка, яка отримується таким чином, із-за м'якої структури також здатна до спікання в процесі зберігання.

– при способі прямого виробництва сухої сироватки також передбачається проведення попередньої кристалізації молочного цукру в згущеній сироватці до вмісту сухих речовин 50 % і більше. При цьому 75÷85 % всієї аморфної лактози переходить в кристалічний стан. Висушують концентрат при таких температурних режимах, щоб вологість порошку на виході з сушильної установки складала 6 ÷ 7 %, що створює сприятливі умови для процесу агломерування частинок [5, 13]. Далі продукт потрапляє в інстантайзери вібраційного типу, де відбувається укріплення агломератів, їх досушування та охолодження. Дрібні неагломератні частинки порошку, які видаляються разом з відпрацьованим повітрям з сушильної камери та інстантайзерів, відділяються в циклонах від теплоносія і знову надходять в зону розпилювання. Описана схема найбільш придатна для солодкої сироватки з низьким вмістом молочної кислоти і є аналогічною процесу виробництва сухого швидкорозчинного молока [8]. Суха сироватка, що отримується практично негігроскопічна (гігроскопічність – 0÷5 %) та неспіклива (ступінь спікливості – до 10 %).

– сушіння при низькій температурі рекомендується для кислої сироватки,

яка має $pH \leq 4,5$ [10]. При цьому способом, згущена до вмісту сухих речовин 50 %, сироватка миттєво охолоджується в вакуум-охолоджувачі до температури масової кристалізації і направляється в кристалізаційний танк, де витримується на протязі 8÷10 годин при постійному перемішуванні [14]. Далі концентрат висушують в розпилювальній установці теплоносієм з температурою на виході 55 °С. При такому режимі сушіння отриманий порошок містить 10 ÷ 14 % вологи. Висока вологість дуже важлива для наступної кристалізації лактози, яка триває близько 5 хвилин. За цей час залишкова частина аморфної лактози переходить в кристалічний стан, при якому ступінь кристалізації досягає 85 ÷ 90 %. Кінцева кристалізація (до 95 %) лактози відбувається в інстантайзері, де порошок досушується і охолоджується. Готовий продукт має вигляд агломератів розміром до 2 мм з об'ємною вагою (0,4 ÷ 0,5) г/см³. Порошок практично неспікливий та негіроскопічний, має високий індекс змочування та добрі смакові якості.

Необхідно відмітити, що останні два способи сушіння молочної сироватки широко застосовуються за кордоном, так як забезпечують високу якість сухої сироватки, яка застосовується для виробництва харчових продуктів.

Висушування молочної сироватки зводиться до видалення вологи, що міститься в вихідному матеріалі. За фізичним складом сироватка є складною полідисперсною системою з численними зв'язками між її структурними утвореннями, де волога пов'язана з сухою речовиною різними формами і в різних кількостях. В полідисперсній системі зв'язок вологи з сухою речовиною досить складний і теоретично має бути значно більшим, ніж в молоці, тобто видаляти вологу з молочної сироватки значно складніше, ніж із незбираного і збираного молока.

Згідно класифікаційній системі академіка П.А. Ребіндера, вологу молочної сироватки можна поділити на три основні групи [9]: хімічно зв'язану, яка має найбільшу енергію і практично не видаляється при висушуванні; фізико-хімічно зв'язану – адсорбційно і осмотично пов'язану вологу, яка видаляється в основному висушуванням; фізико-механічно пов'язану вологу – вологу мікрота макрокапілярів, а також вологу змочування, яка видаляється при висушуванні. Досвід сушіння незбираного, збираного молока та сироватки дозволяє стверджувати, що збільшення жирності (несепарована сироватка) та білків (додавання збираного та альбумінного молока) полегшує процес [15].

Криві кінетики сушіння натуральної та згущеної сироватки (рис. 1.1) показують, що процес видалення води відбувається нерівномірно в часі, а загальний характер процесу видалення води з неї повністю співпадає з закономірностями висушування інших матеріалів [7].

На кривих швидкості сушіння (рис. 1.2) простежується три основних періоди (критичні точки) швидкості сушіння: зростаючої, сталої та спадаючої [7]. Із збільшенням концентрації сухих речовин вихідних зразків відмічається зменшення тривалості першого періоду з одночасною зміною характеру кривизни і значення максимальної швидкості сушіння.

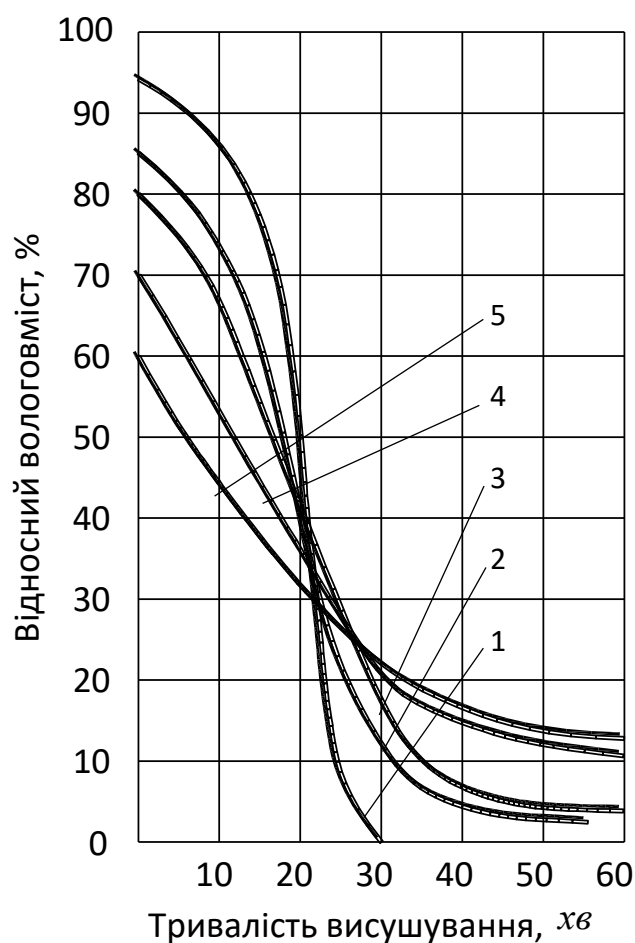


Рис. 1.1 Криві кінетики сушіння молочної сироватки: 1– натуральної; 2– згущеної (15% СР); 3– згущеної (19,5% СР); 4 – згущеної (30,2% СР); 5 – згущеної (39% СР)

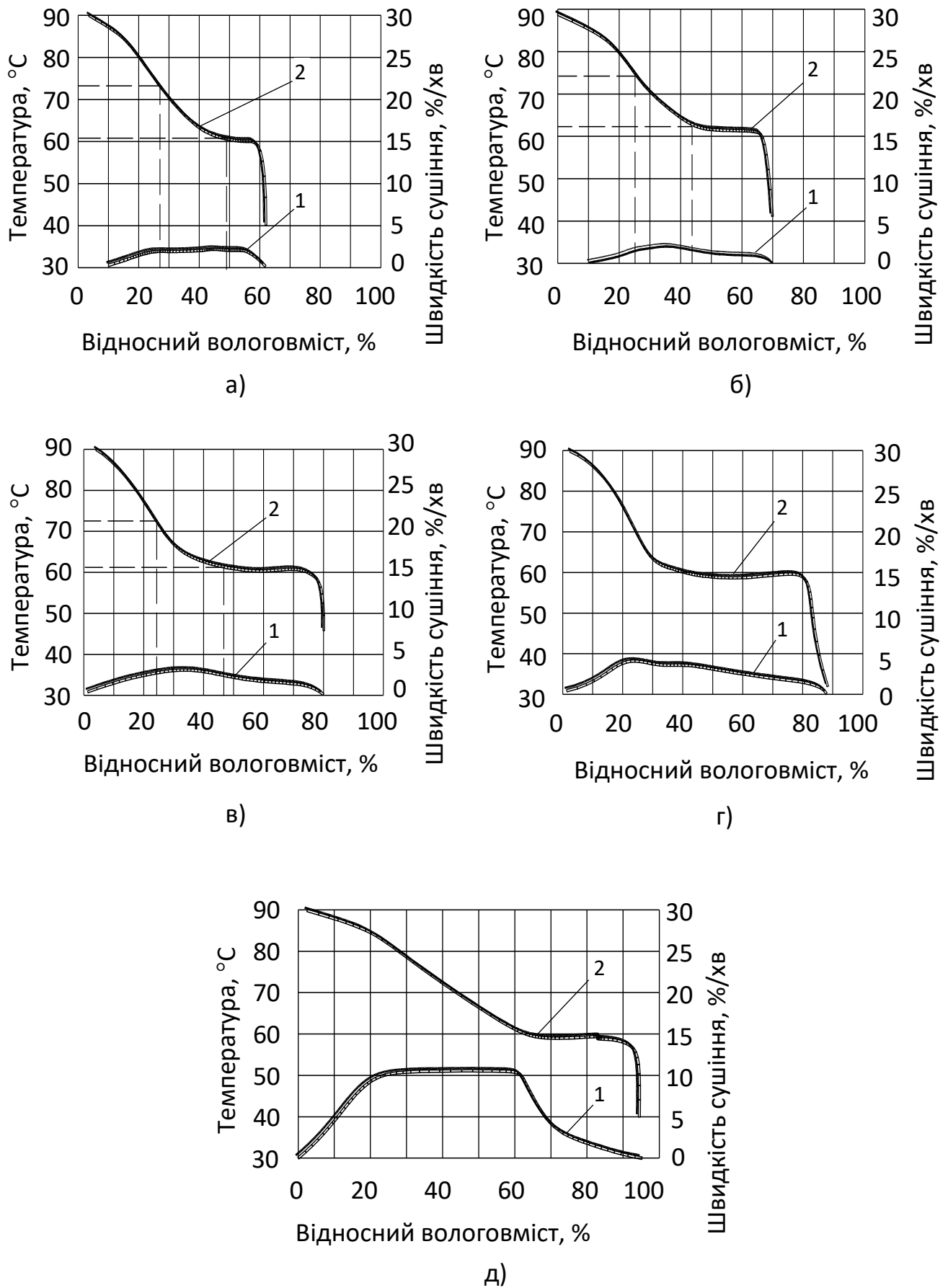


Рис. 1.2 Криві швидкості сушіння молочної сироватки (1) та температурні криві (2): а – натуральна сироватка; б – згущена сироватка (15,5% СР); в – згущена сироватка (19% СР); г – згущена сироватка (30% СР); д – згущена сироватка (39% СР)

На термограмах (рис. 1.2) першому періоду сушіння відповідає ділянка зменшення вмісту води при сталій температурі. В другому періоді температура збільшується, а в третьому – наближається до ізотерми зони нагрівання термостату (90 0C).

Ці дані, з врахуванням відомої умовності поділення процесу видалення води на три періоди, підтверджують наявність в молочній сироватці різноманітно пов'язаної води.

В перший період, при зростаючій швидкості сушіння і сталій температурі матеріалу, видаляється вільна вода, тобто відбувається просте випаровування. В другому періоді, при сталій швидкості сушіння і збільшеній температурі матеріалу, видаляється осмотична пов'язана вода. В третій період, при спадаючій швидкості сушіння і наближенні температури зразка до ізотерми зони нагрівання, видаляється адсорбційна пов'язана вода.

Отримані результати, особливо в другому і третьому періодах сушіння, збігаються з даним, отриманими при сушінні незбираного та збираного молока [7, 16]. Там же припускається, що при концентрації сухих речовин більше 40 % і температурі сушіння вище 100 0C молочна сироватка буде висушуватись в два основних періоди швидкості сушіння – сталий та спадаючий. При цьому зникає період видалення вільної води, в зв'язку з тим, що вона буде випарюватись при згущенні.

2.2. Основи апаратного оформлення та інтенсифікації процесів сушіння молочної сироватки

Принципи апаратного оформлення процесу сушіння залежать від способу видалення води з продукту. В харчовій промисловості найбільш широко застосовують конвективний та кондуктивний способи.

Висушування молочної сироватки в основному проводиться розпилювальним та плівковим методами. Інші способи висушування – сублімаційний, терморадіаційний, та висушування за допомогою ультразвуку, струмів високої та надвисокої частоти із-за складності та високої вартості апаратного оформлення не отримали широкого застосування в промисловості [17].

Кондуктивні сушильні установки бувають вальцьові та стрічкові, в свою чергу вони поділяються на атмосферні і вакуумні. За кількістю вальців розрізняють одно- і двохвальцеві сушарки. Ці типи сушарок застосовують головним чином для висушування збираного молока та сироватки [9,17].

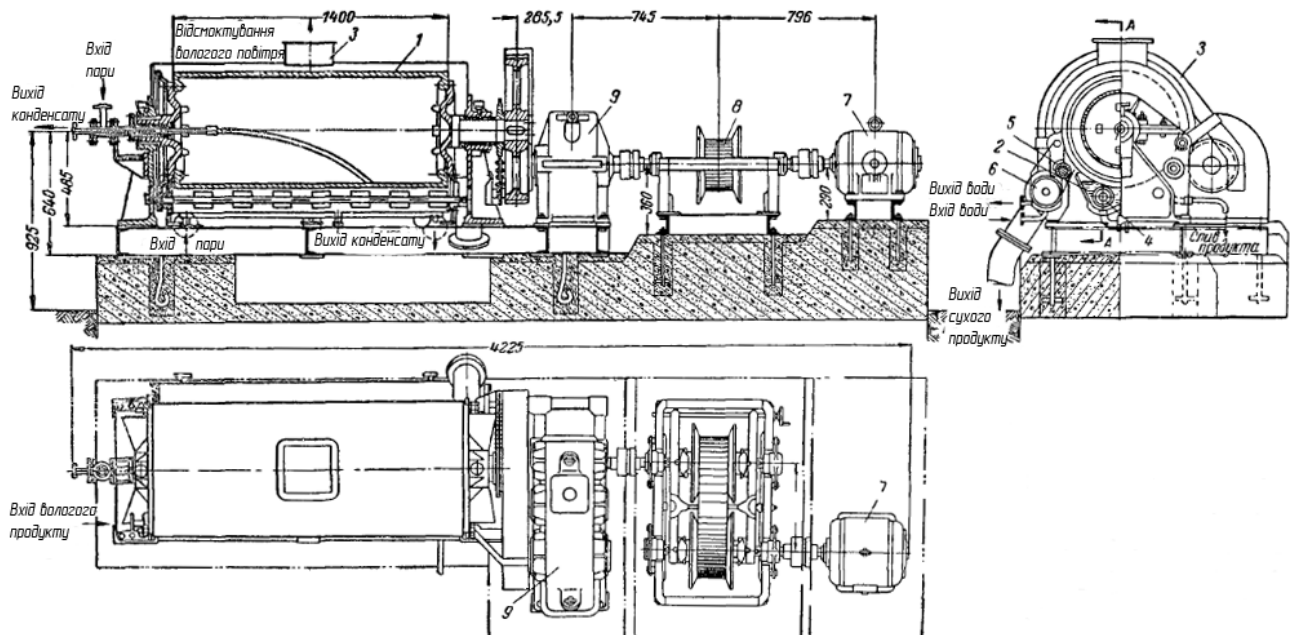


Рис. 1.3 Сушарка одновальцова атмосферна: 1 – сушильний валець; 2 – місткість живлячого пристрою; 3 – кожух; 4 – перемішуючий пристрій; 5 – ножі шкребкового пристрою; 6 – шнек; 7 – електродвигун; 8 – варіатор кількості обертів; 9 - редуктор

Розчинність продуктів, які отримуються на цих сушарках, не перевищує 80÷85 %, тому застосування їх обмежене. До переваг слід віднести порівняно незначну їх вартість та високі техніко-економічні показники роботи. Витрата пари на сушіння складає (1,2÷1,25) кг на 1 кг випареної вологи. З 1м² поверхні вальців за 1 год. видаляється (40÷90) кг води [9].

До конвективних сушарок, які застосовуються для сушіння рідких продуктів, відносяться розпилювальні сушильні установки, в яких продукт диспергується в середовище теплоносія.

При розпилювальному способі тривалість сушіння та час перебування матеріалу в сушильній камері складає 5÷30 секунд, в залежності від виду

видалення висушеного продукту із сушарки.

Теплоносієм в розпилювальних установках є гаряче повітря з температурою (140÷180) 0С, що лімітується наявним тепловим обладнанням – паровими котлами, тиск в яких, у більшості випадків, не перевищує 1,3 МПа.

Розпилювальні сушарки, що використовуються для сушіння рідких продуктів, класифікуються за декількома основними ознаками [17, 26]:

- за способом розпилювання продукту їх поділяють на форсункові (з механічними, відцентровими, та пневматичними форсунками) та дискові (з пласкими, лопатевими, зубчастими та сопловими дисками);

- за способом надходження і напрямком руху теплоносія в сушильній камері розрізняють розпилювальні установки прямотечійні, протитечійні, змішаного та комбінованого типів. В протитечійних сушильних установках частинки продукту рухаються в напрямку, протилежному руху теплоносія; в прямотечійних – рух частинок продукту співпадає з напрямком руху теплоносія. В сушарках змішаного типу відбувається як прямо- так і протитечійний рух частинок і теплоносія. В комбінованих установках суміщаються різні технологічні операції: агломерація, охолодження та кристалізація;

- за розташуванням сушильної камери сушарки поділяють на вертикальні та горизонтальні;

- за способом очищення теплоносія, який відходить з сушильної камери, сушарки розділяються на установки з системами інерційного відділення частинок готового продукту від відпрацьованого теплоносія, установки з фільтруванням аерозважених сумішей через пористу перегородку та установки, що працюють на принципі мокрому пиловловлювання дрібних частинок продукту;

- в залежності від способів видалення продукту з сушильної камери розрізняють розпилювальні сушарки із скребковими механізмами, з пневматичними пристроями, установки із стрічковими, шнековими або вібраційними транспортерами, а також з гравітаційним механізмом видалення.

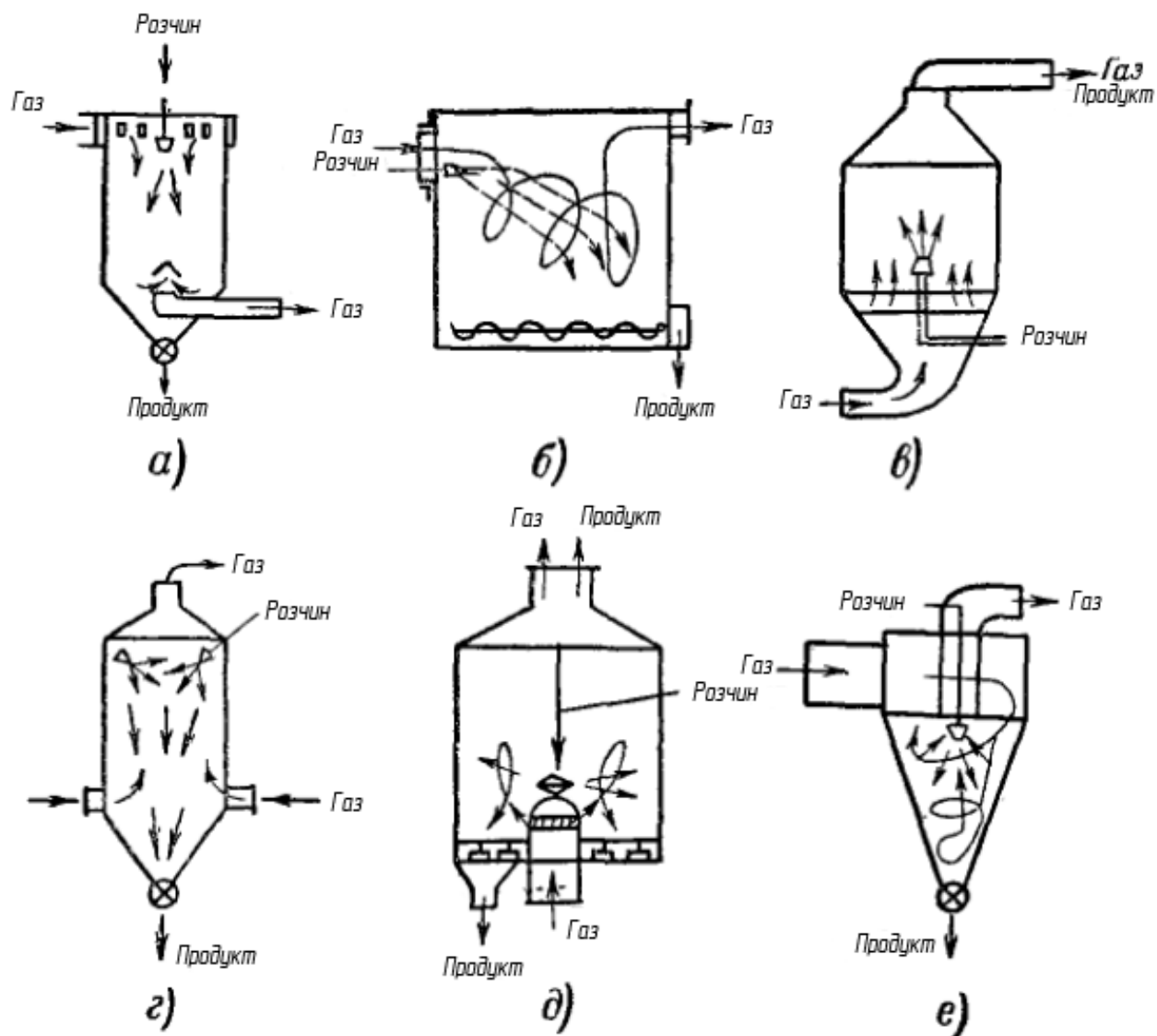


Рис. 1.4 Схеми роботи сушильних камер: а,б,в – прямотечійні; г – протитечійна; д,е – комбінованого типу; а,в,г,д,е - вертикального типу; б - горизонтального типу

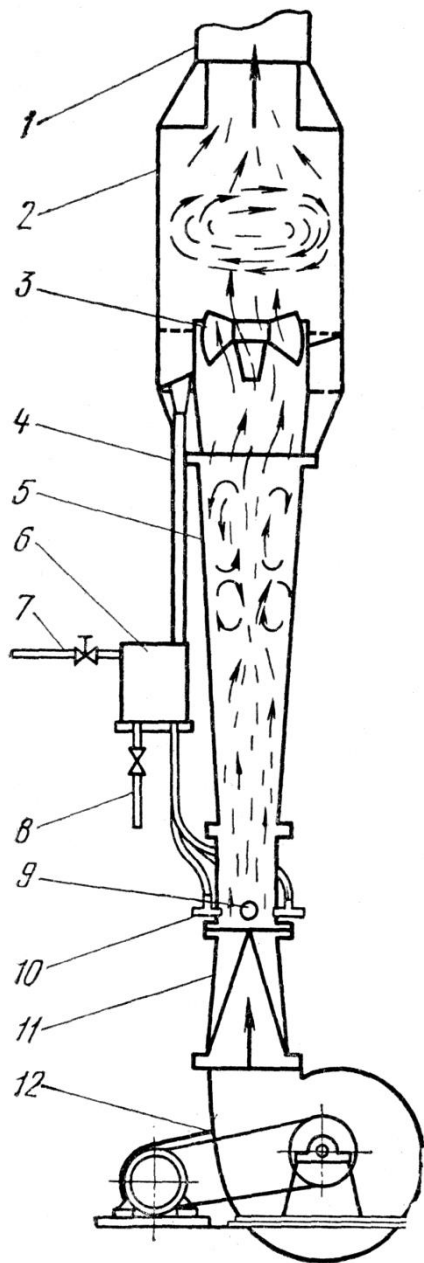


Рис. 1.5 Рукавний фільтр: 1 – повітропровід із сушильної камери; 2 – розділювач; 3 – завихрювач повітря; 4 – трубопровід; 5 – труба Вентурі; 6 – збірний бачок; 7 – підводячий патрубок рідини; 8 – відводячий патрубок; 9 – живильний отвір; 10 – колектор; 11 – патрубок відходячого повітря; 12 – вентилятор

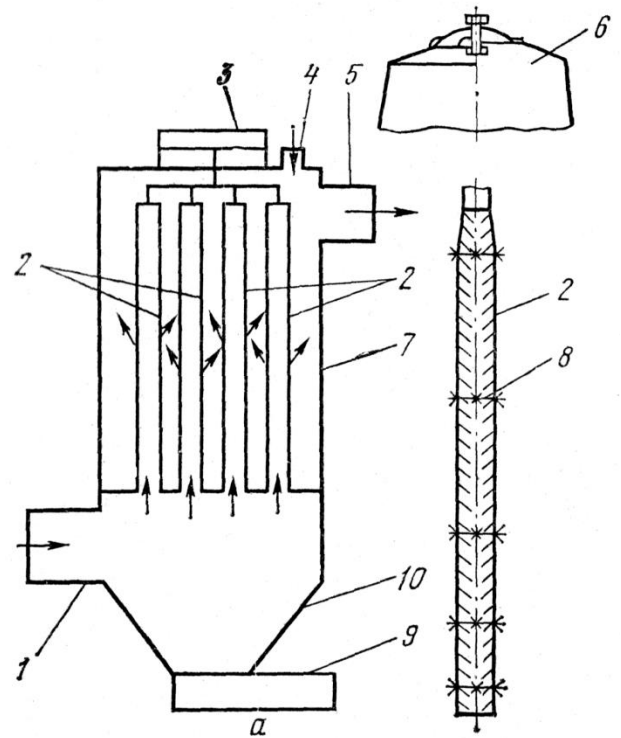


Рис. 1.6 Рукавний фільтр: 1 – повітропровід із сушильної камери; 2 – матерчасті рукава; 3 – струмувало-обдувочний механізм; 4 – патрубок для підводу повітря; 5 – повітропровід для очищеного повітря; 6 – голівка рукава; 7 – кожух; 8 – металеві кільця; 9 – шнек; 10 – бункер

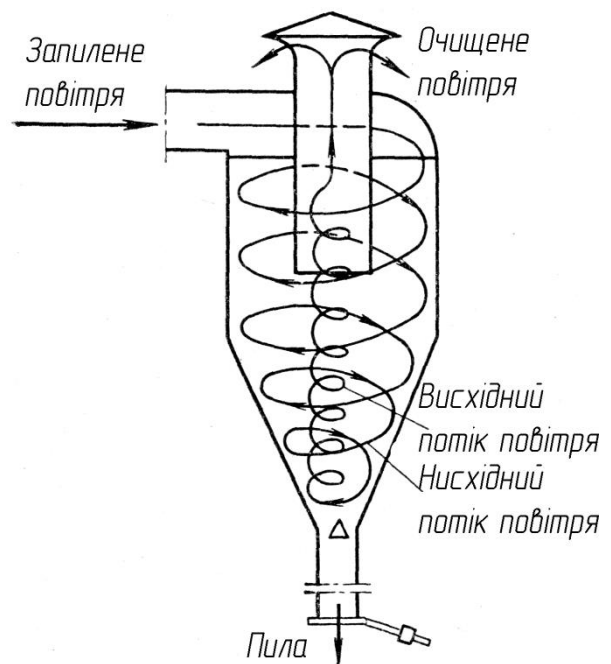


Рис.1.7 Принципова схема циклону

Одним з основних напрямків розвитку сушильної техніки є розробка нових конструкцій сушарок, які б забезпечували отримання продуктів високої якості. Розвиток цього напрямку супроводжується ускладненням загального конструктивного оформлення сушильних установок за рахунок введення в апаратурну схему нових елементів обладнання, підвищення ступеню автоматизації процесу, використання більш прогресивних методів переробки продуктів на різних етапах технологічного процесу. Разом з тим в окремих розробках передбачено не тільки підвищення якості продукту, але і забезпечення компактності установок, які мають знижену металоємність та підвищені техніко-економічні показники [17].

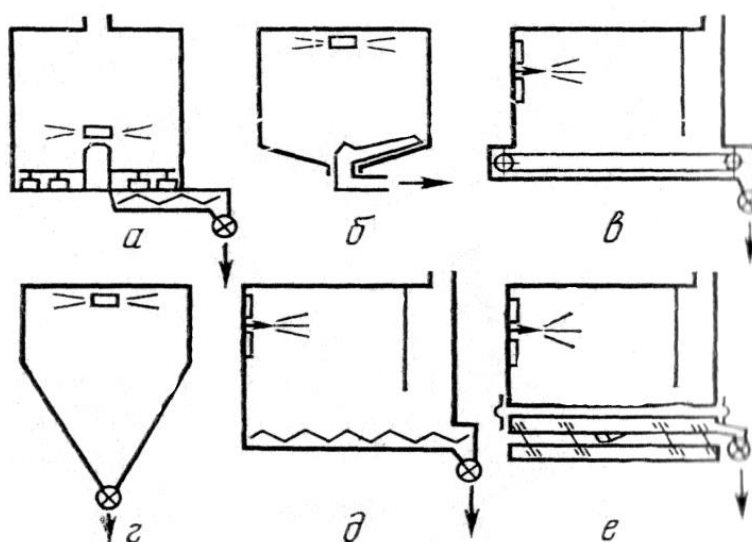


Рис. 1.8 Засоби вивантаження сухого продукту: *а* – скребковим механізмом; *б* – пневматичним пристроєм; *в* – стрічковим транспортером; *г* – гравітаційного типу; *д* - шнеком; *е* – вібраційним транспортером

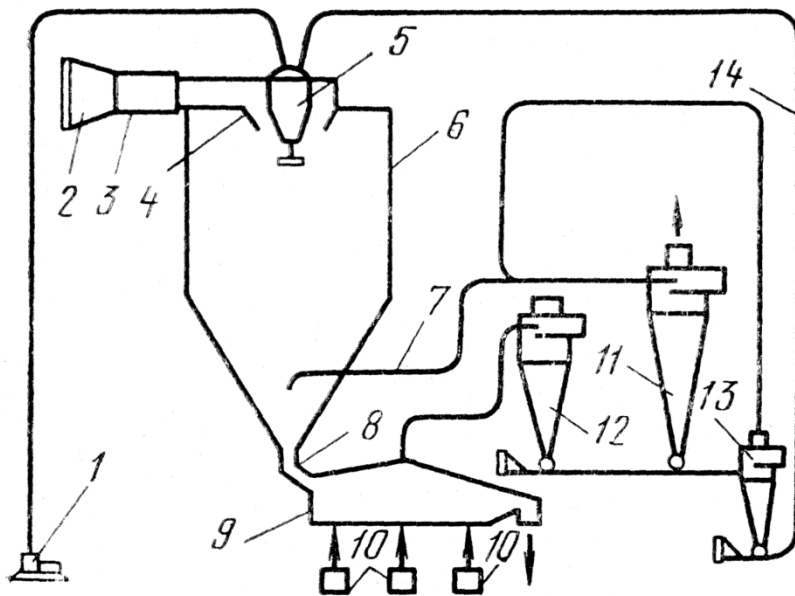


Рис. 1.9 Принципова схема розпилювальної двостадійної установки: 1 – насос; 2 – фільтр; 3 – калорифер; 4 – розподільувач повітря; 5 – відцентровий розпилювач; 6 – сушильна камера; 7 – патрубок; 8 – вібрлоток; 9 – інстантайзер; 10 – повітроохолоджувач; 11,12,13 – циклони; 14 – аерозольтранспортна лінія

сушіння. Як правило, типовою схемою подібних установок є наявність на першій стадії зневоднення прямотечійної розпилювальної сушильної установки, а на другому етапі – конвективної вібраційної сушарки або установки для сушіння порошку в псевдозрідженому шарі [10].

Двохстадійний спосіб сушіння на відміну від процесу сушіння в розпилювальних установках звичайного типу є більш ефективним і дозволяє інтенсифікувати процес сушіння. Використання розпилювальної сушарки на першій стадії сушіння дозволяє переважну кількість вологи з частинок видалити в період сталої швидкості сушіння, коли робота її є більш ефективною. Остаточне видалення вологи після першої стадії доцільно проводити в апараті, робота якого характеризується високою ефективністю при зневоднюванні вологих продуктів у вигляді порошків [13].

Ефективність двохстадійного способу сушіння з точки зору енергоспоживання, металоємності і габаритів установок, в значній мірі визначається обранням сполученням методів сушіння на першій і другій стадіях

Все більшого поширення в промисловості набувають комбіновані сушильні установки, які дозволяють проводити двохстадійний процес сушіння. Такі установки дозволяють отримувати сухі продукти з підвищеною швидкістю розчинення при значно менших питомих витратах енергії в порівнянні з тими ж показниками, характерними для традиційних способів

процесу та особливостями апаратного оформлення ліній.

Так при розпилювальному сушінні близько 30 % теплоти витрачається на видалення 5 % залишкової вологи. Застосування ж конвективних вібраційних сушарок дозволяє підвищити продуктивність розпилювальних установок на 15÷20 % з одночасним зменшенням витрат енергії [13].

Переважає більшість наукових робіт по інтенсифікації процесів розпилювального сушіння рідких продуктів направлена на прискорення теплових та масообмінних процесів.

В вітчизняній та світовій практиці інтенсифікацію процесів тепло- та масопереносу при розпилювальному сушінні рекомендується проводити декількома способами:

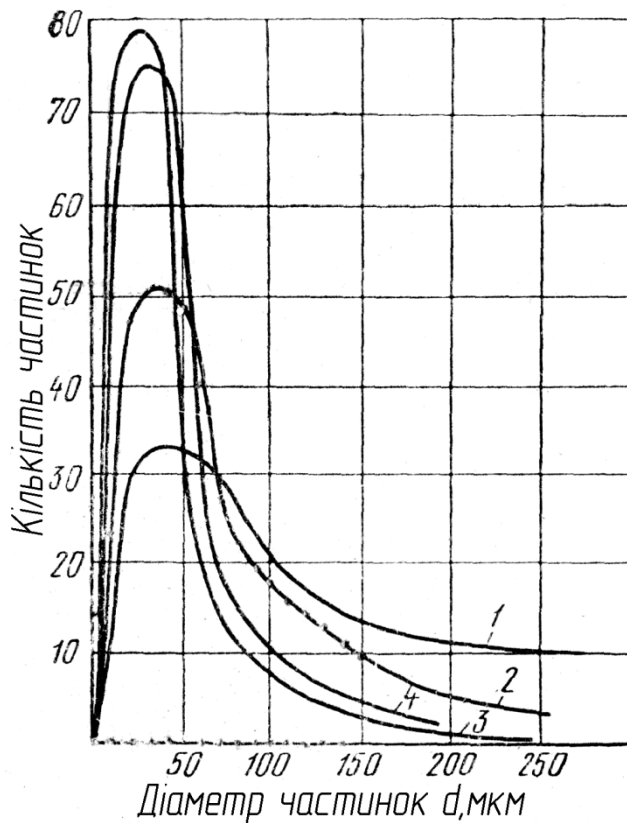


Рис. 1.10 Криві рахункового розподілу частинок сухого молока, отриманого на різних сушильних установках: 1 – „HEMA-500”; 2 – ЦАН-300; 3 – „Блау-Нокс”; 4 – „Ніро Атомайзер”

за рахунок підвищення ефективності розпилювання продукту, шляхом забезпечення достатньо тонкого розпилювання для зменшення розміру частинок та підвищення ступеню їх монодисперсності (рис.1.5);

за рахунок збільшення швидкості відносного руху частинок продукту в потоці теплоносія;

шляхом збільшення потенціалу сушіння з використанням підвищених температур теплоносія;

попереднім перегріванням розчинів.

Розпилювальні пристрої, що застосовуються в сушильних апаратах,

забезпечують достатньо тонке розпилення продукту із середнім розміром сухих частинок до 50 мкм. Однак зменшення розміру частинок викликає додаткові

ускладнення при вловлюванні їх в циклонах з потоку відпрацьованого теплоносія [18]. Проте, при підвищенні ступеня ефективності роботи циклонів за рахунок їх конструктивного удосконалення можна досягти позитивних результатів роботи обладнання і при підвищеному рівні дисперсності частинок [19].

Інтенсифікація процесу сушіння за рахунок підвищення ступеня монодисперсності процесів розпилювання є перспективною внаслідок можливості поруч із економічністю процесу сушіння досягти і інших переваг, пов'язаних із підвищенням якості продукту, що виробляється і покращенням умов експлуатації допоміжного обладнання [20,21]. Однак реалізація цього напрямку ускладнена з-за відсутності необхідних промислових розпилювальних пристроїв.

Питання інтенсифікація процесу сушіння рідких продуктів шляхом збільшення відносної швидкості руху частинок та теплоносія розглянуті в ряді робіт [112,115]. Позитивні результати при реалізації цього напрямку отримані в основному при інтенсифікації початкового періоду розпилювального сушіння і не поширюються на процес видалення вологи на кінцевому етапі зневоднення.

Досить перспективним є напрямок інтенсифікації процесу сушіння, що ґрунтується на підвищенні температури теплоносія [13,24]. Так, в роботі [25] була доведена ефективність роботи сушильних установок з використанням високотемпературного режиму сушіння. При підвищенні температури теплоносія на вході в сушильну установку з 200 °С до 250 °С спостерігалось збільшення продуктивності установки двохстадійної дії на 25 % при зменшенні витрат теплоти на 20 %. Однак при цьому збільшується температура відпрацьованого теплоносія, що значно погіршує якість готового продукту.

На практиці перераховані напрямки забезпечують інтенсифікацію процесу в основному в періоді сталої швидкості сушіння. Цей період характеризується високою інтенсивністю випаровування і в сушарках розпилювального типу проходить в основному в зоні факелу розпилення, де випаровується більша кількість вологи [22].

Таким чином подальше вдосконалення розпилювального способу сушіння полягає в розробці оптимальних конструкцій сушильних камер, пристроїв для розподілу повітря, видалення продукту та відпрацьованого теплоносія з сушарки, а також правильної організації процесу диспергування продукту.

2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Процес сушіння заснований на послідовному використанні двох різних способів сушіння в єдиному циклі зневоднювання продукту. Здійснення процесу у дві стадії дозволяє найбільше повно використати загальні закономірності процесу сушіння. Перша стадія процесу протікає в основному при постійній, а друга - при падаючій швидкості сушіння. При цьому необхідно, щоб використовувані на кожній стадії процесу способи сушіння були досить ефективними.

Слід зазначити, що між періодами постійної й падаючої швидкості сушіння фактично не існує чіткої границі, припустимий діапазон вологості продукту після завершення першої стадії досить широкий. Тому стадії процесу досить приблизно збігаються з періодами сушіння. На практиці перша стадія процесу включає повністю період постійної швидкості сушіння й частково період падаючої швидкості сушіння, а друга стадія - цілком період падаючої швидкості сушіння. Таким чином, після завершення першої стадії сушіння вологість продукту нижче гігроскопічної, але вище стандартної, характерної для готового продукту. На другій стадії сушіння вологість продукту доводять до стандартної.

Розглянемо широко розповсюджений варіант двостадійного сушіння з використанням на першій стадії розпилювального сушіння. Як відомо, найбільше ефективно процес розпилювального сушіння протікає в період постійної швидкості сушіння, протягом якого інтенсивність дифузії вологи із часток дуже висока. Утворення на поверхні часток кірки, а потім і формування їхньої твердої структури наприкінці розпилювального сушіння приводять до різкого зниження швидкості дифузії вологи й значному

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Е.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	230592.KP.007.002 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/13

підвищенню енергоємності процесу. Внаслідок цього сушильні камери розпилюючих сушарок мають досить значні розміри, а спроби їхнього зменшення приводять до істотного збільшення навантажень на пристрої для очищення повітря [13].

У загальному випадку перша фаза розпилювального сушіння характеризується значно більшою інтенсивністю, чим друга. Отже, один зі шляхів інтенсифікації процесу в цілому - це проведення другої фази (період падаючої швидкості сушіння) розпилювального сушіння більше ефективним методом, наприклад у конвективних вібраційних сушарках. У сушарках цього типу інтенсивність видалення вологи із сипучих і пастоподібних продуктів досить висока.

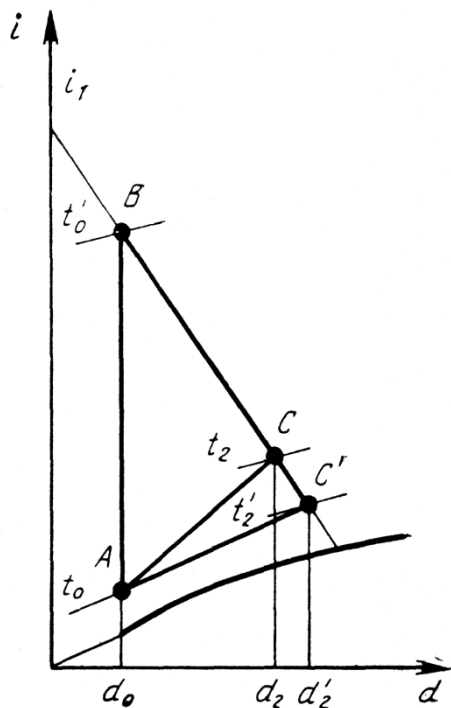
Таким чином, при реалізації даного способу враховуються загальні закономірності процесу, а саме розходження у швидкостях видалення вільної вологи при постійній швидкості сушіння й зв'язаної вологи при падаючій швидкості сушіння. При цьому для видалення вільної вологи без побоювання погіршити властивості продукту можливе використання практично всіх доступних прийомів інтенсифікації процесу. При видаленні зв'язаної вологи перегрів продукту неприпустимий, тому сушіння здійснюють звичайно при порівняно м'яких температурних режимах.

Особливості процесу

Для здійснення першої стадії сушіння використовують в основному сушіння розпиленням, що включає процеси розпилення продукту, змішення потоків нагрітого повітря й часток продукту. Важливе значення в процесі розпилювального сушіння мають виділення сухих часток з потоку повітря, що відробило, і ряд допоміжних операцій по виводу вологого молочного порошку із сушильної камери, його агломерації й т.п. Перераховані вище процеси визначають ефективність сушіння на цій стадії й техніко-економічні показники устаткування. Слід зазначити, що зазначені процеси, у значній мірі характерні як для традиційної, так і для двостадійного сушіння, розглянуті в цілому ряді робіт [7, 9, 13] і не аналізуються в тому, що

піддані короткому аналізу.

Перша стадія сушіння характеризується більшою інтенсивністю й рядом особливостей у порівнянні із традиційним процесом.



2.1 Побудова теоретичного процесу сушіння на $i-d$ -діаграмі

Розглянемо зміну стану повітря в процесі першої стадії двостадійного сушіння. Попередньо побудуємо теоретичний процес традиційного сушіння (рис. 2.1). Припустимо, що в калорифер сушарки надходить повітря з відносною вологістю φ_0 , температурою t_0 і вологовмістом d_0 (крапка A). Припустимо далі, що підігрівання повітря завершиться при параметрах φ_1 , t'_0 , i_1 , d_0 (крапка B). Знаючи кінцеву температуру відпрацьованого повітря, можна знайти крапку C , що характеризує завершення процесу сушіння. Вона лежить на перетині ліній i_1 і t_2 .

Якщо перша стадія двостадійного сушіння здійснюється при аналогічних початкових параметрах повітря, то крапки A і B для традиційного й двостадійного сушіння відповідають тим же значенням. Однак перша стадія завершується при більш низькій температурі t'_2 відпрацьованого повітря і з більш високою відносною вологістю φ'_1 .

Тяким чином крапка C' , що характеризує завершення першої стадії процесу двостадійного сушіння, на $i-d$ -діаграмі завжди перебуває нижче крапки C . Зсув крапки C' при теоретичному процесі відбувається по лінії постійної ентальпії повітря ($h = \text{const}$), причому вона буде перебувати тим нижче, чим більше буде вологість молочного порошку на виході із сушильної камери.

У практичних умовах процес сушіння супроводжується втратами теплоти, з врахуванням яких аналітичним шляхом можна визначити дійсні положення крапок C і C' на $i-d$ -діаграмі [18]. Розглянемо особливості

процесу двостадійного сушіння на промислових установках, що представляють собою комбінацію розпилювальних і конвективних вібраційних сушарок.

Діаметр частинок				Продукт
				Згущене молоко після розпилення: пневматичною форсункою відцентровим лопатним диском гладким відцентровим диском механічною форсункою ультразвуковою форсункою
				Фасований продукт, отриманий на традиційній розпилювальній установці установці двостадійної дії для отримання продуктів з підвищеною насипною масою установці двостадійної дії для отримання продуктів з агломерованою структурою
				Продукт після очисних пристроїв: циклонів фільтрів

Рис.2.2 Діапазон розмірів частинок сухих молочних продуктів

При розпилювальному сушінні молочних продуктів розмір утворених часток не перевищує звичайно 150 мкм. Отже, поверхня контакту продукту з нагрітим повітрям досить значна, що обумовлює високу інтенсивність процесів тепло- і масообміну. На рис.2.2 наведені діапазони розмірів часток рідкого й сухого продуктів у процесі сушіння [13]. Розгляд даних, представлених на рис.2.2, показує, що сухий продукт, вироблений на установках двостадійної дії, має більше низьку дисперсність часток, чим продукт, вироблений на традиційних розпилювальних сушарках. Це пов'язане із частковою агломерацією часток при двостадійному сушінні.

Розглянемо іншу особливість розпилювального сушіння, що має істотне значення при аналізі двостадійного процесу.

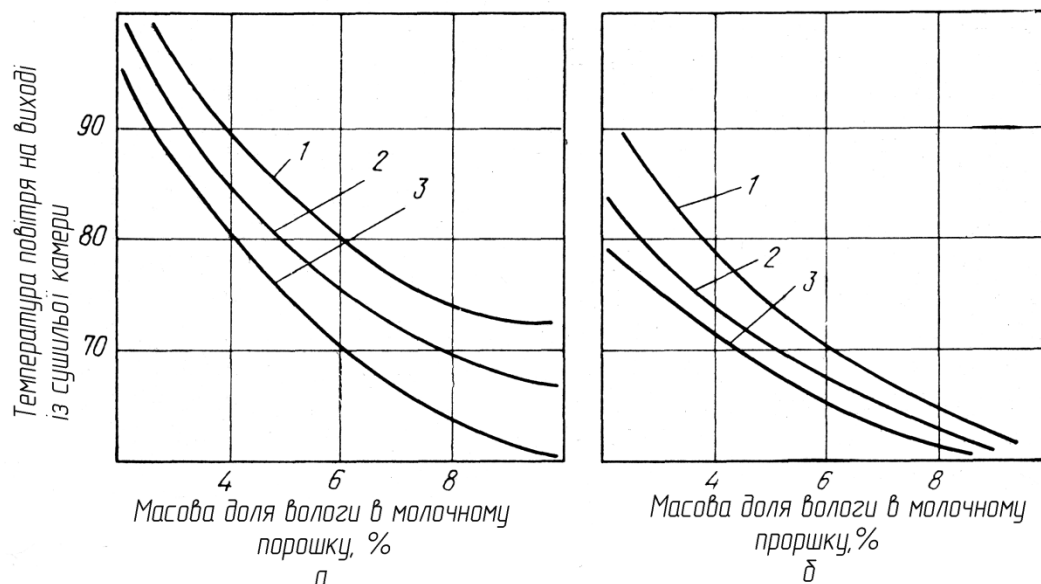


Рис.2.3 Залежність температури повітря на виході із сушильної камери розпилювальної сушарки від масової частки вологи в сухому порошку: а - сушарки різного типу: 1 - лабораторна форсуночна сушарка; 2 - промислова форсуночна сушарка; 3 - промислова дискова сушарка; б - різна концентрація сухих речовин у згущеному молоці (в %), подаваному на сушіння в дискову сушарку: 1 - 50; 2 - 48; 3 - 46

Відомо, що при розпилювальному сушінні зниження температури відпрацьованого повітря, приводить до підвищення змісту вологи в продукті, що вивантажується із сушильної камери, (рис.2.3). При однакових параметрах сушіння зміст вологи на виході із сушильних камер різного конструктивного виконання неоднаковий (рис.2.3,а), що пояснюється особливостями протікання в них процесів тепло- і масообміну.

Однак навіть при використанні сушильних камер одного конструктивного виконання ряд параметрів (температура, витрата, вологовміст повітря на вході в сушильну камеру, концентрація, в'язкість і поверхневий натяг продукту, що подається на сушіння, і т.п.) впливає на зміст вологи у вивантажуємому продукті, що, при тих самих температурах відпрацьованого повітря. Як приклад на рис.2.3,б наведені криві, що характеризують зазначену залежність при різних концентраціях згущеного незбираного молока, подаваного на сушіння.

Іншим важливим із практичних позицій обставиною є й те, що зниження

температури повітря, що відробила відпрацьованого повітря, приводить до підвищення вологості молочного порошку, що надходить у циклони.

Зрівняємо ефективність використання розпилювального сушіння на першій стадії двостадійного процесу й традиційної розпилювального сушіння.

Припустимо, що при роботі сушарки за традиційною схемою із сушильної камери вивантажується продукт із масовою часткою 4 %. Як приклад умовимося, що на сушіння при цьому буде подаватися 2000 кг/ч згущеного знежиреного молока з масовою часткою сухих речовин 45 % (продуктивність установки по випареній волозі складе 1062,4 кг/ч). Однак на цій же сушарці шляхом збільшення витрати згущеного молока, тобто продуктивності установки, можна одержати на виході із сушильної камери продукт із масовою часткою вологи більше 4 %. Для зручності порівняльного аналізу роботу сушарки при різній продуктивності будемо оцінювати при наступних постійних параметрах вступника в калорифер повітря: температура $t_0 = 20^\circ\text{C}$, вологість $\varphi_0=70\%$, вологовміст $d=0,01\text{кг на } 1\text{ кг}$ сухого повітря. Прийmemo також, що температура повітря, що подається в сушильну камеру, дорівнює 185°C , витрата його постійна й достатній для одержання готового продукту з масовою часткою вологи 4% у сушарці, що працює в режимі традиційного процесу, із зазначеною вище продуктивністю по випаруваній волозі [13].

При цих умовах питома витрата повітря, необхідна для сушіння продукту, буде зменшуватися в міру підвищення масової частки вологи на виході із сушильної камери. Це наочно видно з даних, наведених у табл.2.1, у якій зафіксовані показники роботи сушарки, що змінюються при вищенаведених умовах.

Звідси випливає, що ефективність розпилювального сушіння продукту з підвищеною вологістю (більше 4%) на виході із сушильної камери вище, ніж ефективність розпилювального сушіння за традиційною схемою.

Табл.2.1

Параметри відпрацьованого повітря на виході із сушильної камери			Питома витрата повітря на сушіння продукта, кг на 1кгвипареної вологи
Температура, °C	Вологість, %	Волгговміст, кг на 1кг продукту	
85,0	12,5	0,049	25,641
70,0	27,5	0,0555	21,978
62,5	38,0	0,058	20,833
61,0	42,0	0,0593	20,284
60,5	43,0	0,06	20,0

Розглянемо фактичні режими роботи розпилювальної сушарки при змінній витраті згущеного продукту, що подається на сушіння, і постійних інших параметрах, здатних впливати на її продуктивність. Були досліджені три режими роботи промислової форсуночної розпилювальної сушарки: температура подаваного на сушіння повітря 154, 165, 178°C, витрата повітря — 32 000кг/г, тиск розпилення 16,6—17,6МПа, зміст сухих речовин у згущеному молоці 46%.

Розрахункові криві й дані фактичних вимірів (позначені крапками) наведені на рис.2.4. Отримані результати свідчать про те, що при підвищенні масової частки вологи в продукті на виході із сушильної камери з 4 до 8% продуктивність сушарки по випаруваній волозі зростає на 20-22%. Характерно, що подальше підвищення змісту вологи в продукті не дає істотного збільшення продуктивності сушарки [13].

Як видно з рис. 2.4 іншим параметром, за рахунок регулювання якого можливе вивантаження із сушильної камери продукту з підвищеним змістом вологи, є температура сушильного агенту. Однак при одно стадійному сушінні інтенсифікувати в такий спосіб процес не представляється можливим через погіршення якості готового продукту й небезпеки його самозаймання в сушильній камері. При двостадійній схемі подібна небезпека менш імовірна, тому що продукт, що вивантажується із сушильної камери, характеризується

підвищеною вологістю, що позитивно позначається на його якості й не створює передумов до його самозаймання [13].

Розглянемо тепер залежність питомих витрат теплоти на сушіння продукту від температури сушильного агента й масової частки вологи в ньому на виході із сушильної камери. Результати досліджень [25], здійснених на промислових розпилювальних сушарках, наведені в табл.2.2.

На підставі даних, наведених у табл.2.2, були визначені питомі витрати теплоти й побудовані графічні залежності цього параметра від температури повітря, що подається в сушильну камеру, і масової частки вологи у продукті, що вивантажується.

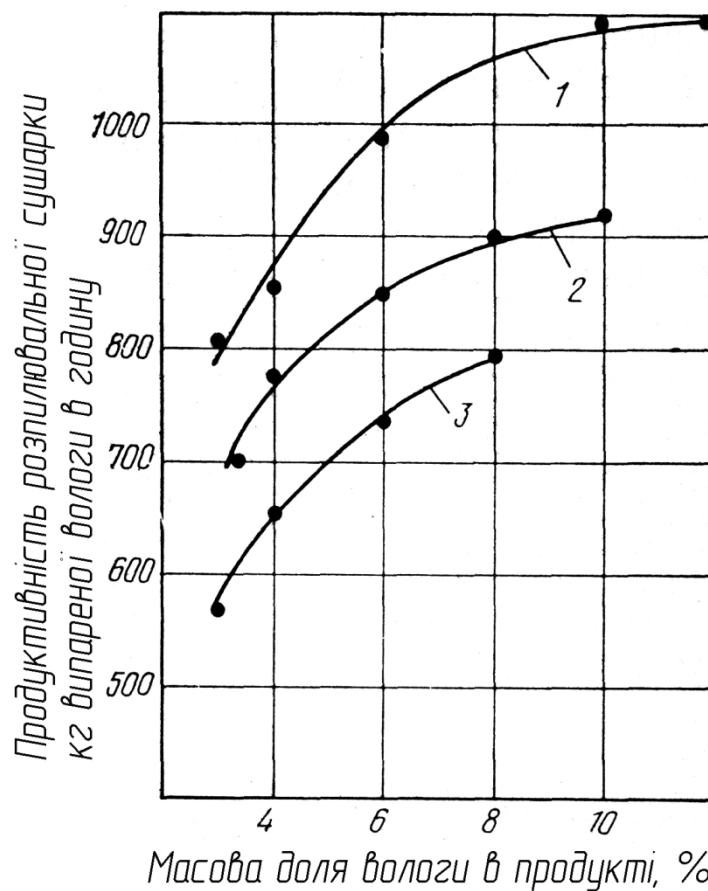


Рис.2.4 Залежність продуктивності розпилювальної сушарки від масової частки вологи в продукті на виході із сушильної камери при різних температурах сушильного агента (t °C): 1 — 178; 2 — 165; 3 — 154

Табл.2.2

Тип установки	Температура теплоносія, °C		Витрата, кг/год		Масова доля сухих речовин в сгущеному молоці, %	Масова доля вологи в сгущеному молоці, %
	На вході	На виході	теплоносія	Сгущеного молока		
Дискова	160	63	$60 \cdot 10^3$	3770	47	10
Форсуночна	151	76	$32 \cdot 10^3$	1520	47	11
Форсуночна	165	77	$32 \cdot 10^3$	2060	48	11
Форсуночна	178	82	$32 \cdot 10^3$	2281	47	10

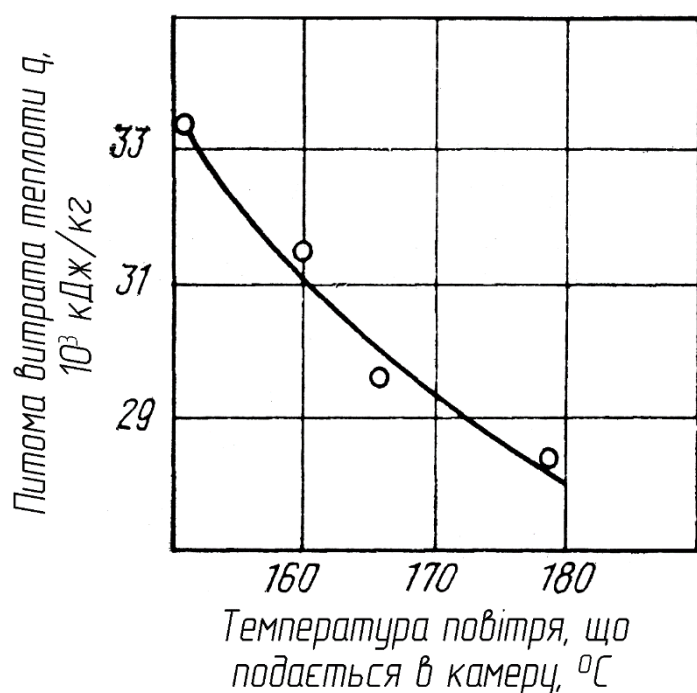


Рис.2.5 Залежність питомої витрати теплоти від температури повітря, що подається в сушильну камеру

Питома витрата теплоти зв'язана зворотною функціональною залежністю з температурою повітря, що подається в сушильну камеру (рис.2.5). Тому при двостадійному сушінні молока вологість молочного порошку на виході із сушильної камери недоцільно підвищувати за рахунок зниження температури повітря, що подається в сушильну камеру.

У той же час за умови регулювання процесу сушіння шляхом зміни витрати згущеного молока при одночасному підвищенні температури повітря, що подається в сушильну камеру, можна домогтися істотного зниження питомої витрати теплоти на здійснення

першої стадії сушіння.

Ефективність використання теплоти при різних температурах сушильного агента й масовій частці вологи в продукті на виході із сушильної камери можна оцінити за даними, отриманим у результаті аналізу роботи форсуночної розпилювальної сушарки (рис.2.6). Як видно із графіка, з підвищенням температури повітря питома витрата теплоти на сушіння знижується. Крім

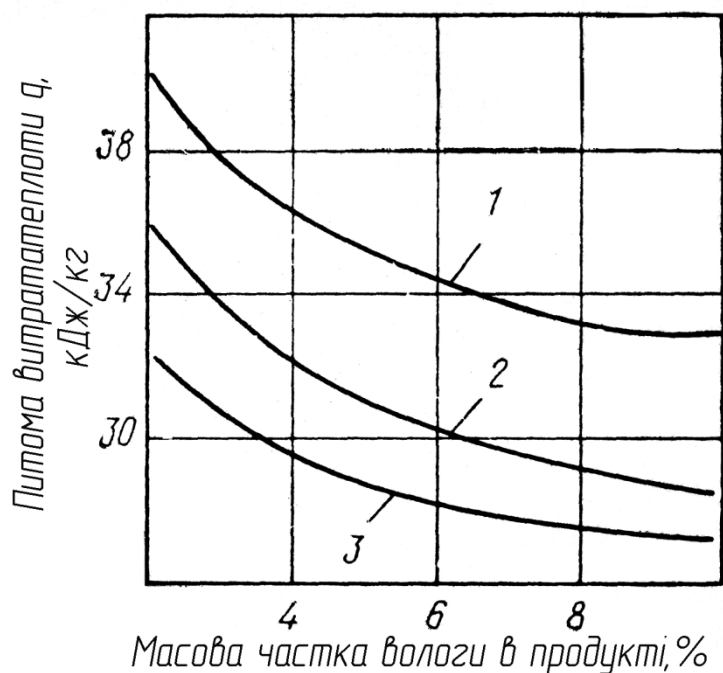


Рис.2.6. Залежність питомої витрати теплоти від масової долі вологи в продукті на виході із сушильної камери при різних температурах сушильного агента (в°С): 1 — 154; 2 — 165; 3 — 178

того, характер залежностей наочно свідчить про те, що для одержання масової частки вологи в продукті, близької до стандартного значення, потрібно більша питома витрата теплоти. Нескладний розрахунок показує, що для видалення 5-6% залишкової вологи, тобто для зниження масової частки вологи в продукті з 10 до 4 %, у розпилювальній сушарці витрачається приблизно 30 % загальної кількості теплоти, необхідної для сушіння продукту [13].

Таким чином, аналіз першої стадії сушіння свідчить про ряд переваг подібного методу ведення процесу в порівнянні із традиційним.

Однак підвищення продуктивності й зниження питомих енерговитрат на першій стадії сушіння саме по собі ще не свідчить про ефективне використання теплоти в процесі сушіння в цілому. Це обумовлено тим, що при двостадійному сушінні необхідно додатково видалити вологу із продукту, що виходить із розпилювальної сушарки. На другій стадії сушіння доцільно використати апарати іншого типу. Витрати теплоти на видалення

залишкової вологи в цих апаратах повинні бути нижче, ніж у розпилювальної сушарці. Виходячи із практичних можливостей розпилювальних сушарок, порівняно нескладно оцінити припустимі теплові витрати на другу стадію сушіння й у такий спосіб одержати необхідні вихідні дані для проектування або підбора відповідного устаткування.

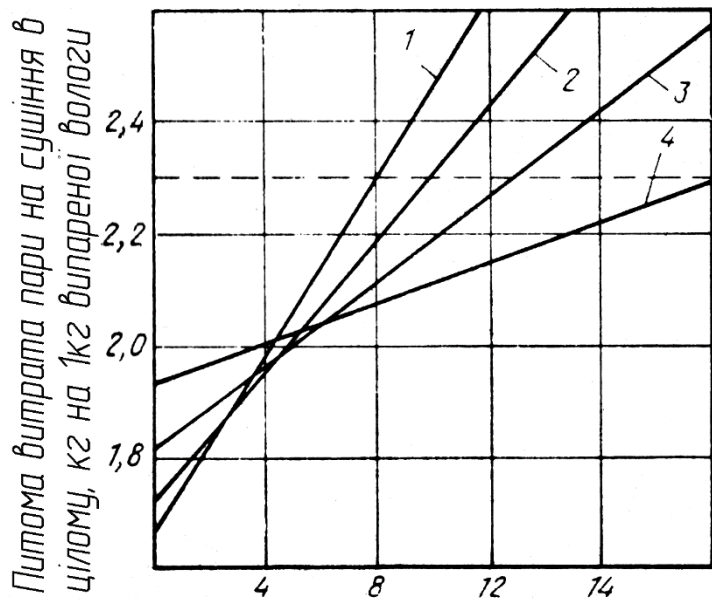


Рис. 2.7. Залежність питомої витрати пари на сушку в цілому та на її другу стадію від масової частки вологи (в%) в продукті після першої стадії сушіння:
 1 — 12; 2 — 10; 3 — 8; 4 — 6.
 Пунктиром показаний одностадійний процес сушіння

Рис. 2.7. Залежність питомої витрати пари на сушку в цілому та на її другу стадію від масової частки вологи (в%) в продукті після першої стадії сушіння:

1 — 12; 2 — 10; 3 — 8; 4 — 6.

Пунктиром показаний одностадійний процес сушіння

нескладно розрахувати продуктивність і питома витрата пари при роботі цих сушарок (рис. 2.7).

Залежності, представлені на рис. 2.7, є типовими для різних установок, що забезпечують першу стадію сушіння. Аналіз показує, що в міру підвищення масової частки вологи в продукті після першої стадії сушіння спостерігається зниження припустимих питомих витрат пари на другу стадію сушіння.

Слід зазначити, що робота розпилювальних сушарок у режимах традиційного й двухстадійного процесів сушіння не має принципових

Розглянемо роботу установки, у якій для здійснення першої стадії сушіння використовують розпилювальну сушарку, а другий - сушильну установку якого-небудь іншого типу. Припустимо, що розпилювальна сушарка в традиційному режимі сушіння забезпечує процес сушіння згущеного знежиреного молока з

питомою витратою пари 2,3 кг на 1 кг випаруваної вологи. Масова частка вологи в готовому продукті 4%. За допомогою формул матеріального балансу

розходжень. Однак підвищена витрата продукту на сушіння, характерна для двухстадійного процесу, викликає збільшення розмірів факела розпилу, виникнення більше сильних циркуляційних потоків повітря в центральній зоні сушильної камери, більш інтенсивне налипання і агломерацію на її стінках часток молочного порошку.

З огляду на вищевикладене, зокрема припустимі значення питомих теплових витрат на здійснення другої стадії сушіння, можна відзначити перспективність використання для цих цілей сушіння в псевдозрідженому шарі. На практиці другу стадію сушіння проводять звичайно в конвективних вібраційних сушарках. Надходячий у них молочний порошок переводиться в псевдозріджений стан і висушується. При цьому псевдозріджений шар створюється як за рахунок вібраційного впливу перфорованого листа, по якому переміщається шар продукту, так і висхідного потоку газу. Однак псевдозріджений шар часток можна створити тільки шляхом впливу на шар сходячого потоку газу або використання вібраційних коливань. Для обробки порошкоподібних молочних продуктів ці методи одержали обмежене поширення через складність забезпечення необхідних характеристик шару продукта. У той же час псевдозріджений шар на вібруючій перфорованій поверхні, що продувається потоком газу, дозволяє найбільш ефективно обробляти полідисперсні порошкоподібні продукти. Він має незначний гідравлічний опір і забезпечує розвинену поверхню контакту взаємодіючих фаз. Інтенсивне перемішування часток сприяє вирівнюванню температури в шарі, при цьому створюються сприятливі умови для обробки термочутливих продуктів.

Слід також зазначити, що процес сушіння в конвективних вібраційних сушарках характеризується певним часом перебування продукту в них. Це дозволяє забезпечити високу якість готового продукту.

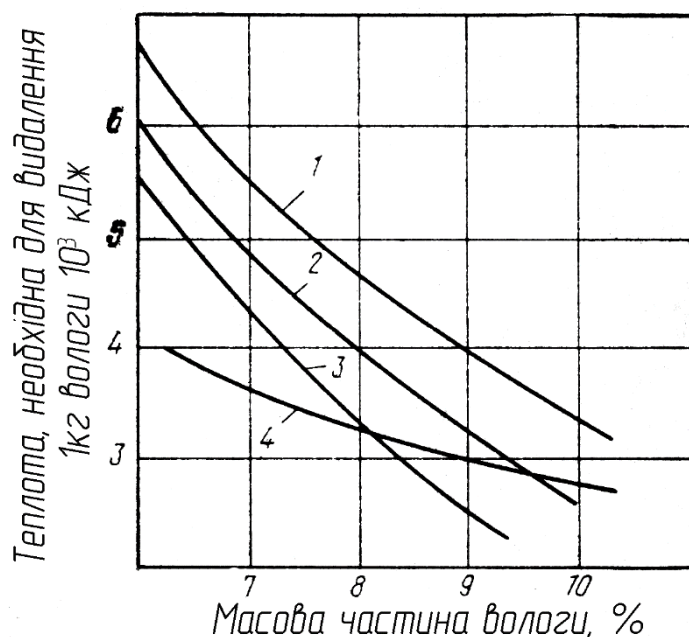


Рис.2.8 Залежність кількості теплоти, необхідної для видалення 1кг вологи від масової долі вологи в порошку:

1,2,3 — розпилювальні сушарки при температурі відповідно 154,165,178°C; 4 — конвективна вібраційна сушарка

продукту з масовою часткою вологи w_1 . Наведені дані дозволяють оцінити з погляду ефективного використання теплоти бажаний діапазон вологості молочного порошку для розглянутої установки після першої стадії сушіння. Наприклад, якщо температура повітря, що подається в розпилювальну сушарку дорівнює 178°C, то використання конвективних вібраційних сушарок виправдано при масовій частці вологи в молочному порошку не більше 9,5%.

В загальному випадку залежності типу $\Delta Q/\Delta W=f(w_1)$ носять якісно загальний характер, однак припустимий діапазон вологості молочного порошку буде залежати від конкретних значень питомих витрат теплоти на першій і другій стадіях сушіння [13].

Включення конвективних вібраційних сушарок до складу установок двостадійного сушіння виправдано з погляду ефективності використання теплоти.

На рис.2.8 показана залежність $\Delta Q/\Delta W=f(w_1)$ для двухстадійного процесу, отримана в результаті аналізу роботи вітчизняної промислової сушильної установки двухстадійного дії. Співвідношення $\Delta Q/\Delta W$ являє собою кількість теплоти, необхідної для видалення 1 кг вологи з порошкоподібного

3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Створення області розрахунку і математичної моделі виконуємо в програмному комплексі Autodesk Inventor Professional 2024 тривимірну модель камери сушіння с загальними розмірами існуючої установки імпортуємо її в програмний пакет Ansys 18.2. Задаємо модель для обчислення і надаємо потрібних значень.

Граничні умови і фізичні параметри. Основні базові умови проведення досліджень процесу розпилювального сушіння

Температура сушильного агенту – 150°C-200°C

Швидкість подачі розпилювального продукту 120 м/сек – 150 м/сек

Швидкість подачі теплоносія в тангенційні підводи сушильного комплексу 10 м/сек – 40 м/сек

Температура теплоносія в тангенційні підводи сушильного комплексу 50°C-80°C

Прискорення вільного падіння в сушильній камері – 9.81 м/с²

Масова витрата продукту – 0,3 кг/сек

Кількість ітерацій для моделювання – 1000it.

Теплопровідність стінки сушильної камери – 3 Вт·м⁻¹·К⁻¹

Тиск в башні під час сушіння – 0.8 бар

Об'ємна витрата нагнітаючого вентилятора 560 м³/хв.

Завдання початкової розрахункової сітки та кроку за часом обчислювального алгоритму

Параметри початкової розрахункової сітки: **74676** елементів розбиття для програмного розрахунку.



Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	14449
<input type="checkbox"/> Elements	74676

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Дослідна частина та узагальнення результатів	230592.KP.007.003 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/38

Визначення геометричних розмірів елементів камери сушіння

Глибина розташування розпилювального диску в сушильну камеру(H_p)

Мінімальне співвідношення відстані від кришки камери до розпилюючого диску (H_p) до діаметра камери сушіння D , при якому характер руху розпилювального потоку не буде „прилипати” до кришки камери сушіння є : $H_p/D=0,1$. Для існуючої камери $H_p=60$ см.

У діапазоні окружних швидкостей розпилюючого диска $60 \div 120$ м/с при величині вильоту диска під зводом апарата $H_{p/D}<0,1$ створюється режим настільного струменя. Факел розпилення підтискається до кришки апарата, приводячи до інтенсивного обростання поверхонь апарата недосушеним продуктом. При значеннях відносини $H_{p/D}>0,1$ двофазний струмінь поширюється як вільний затоплений струмінь, індукує рух навколишніх обсягів газу в напрямку до факела розпилення.

Геометричні співвідношення в сушильних апаратах з відцентровим розпиленням (H_c/D ; H_p/D рис.3.1) встановлюються в результаті обліку ряду обставин, специфічних для цього виду встаткування, зокрема:

- конструктивних особливостей механізмів, що розпилюють (пристрою привода, довжини швидкохідного вала й т.д.),
- методу розпилення, що характеризується горизонтальним напрямком основних сил і відповідно формою факела розпилення» близької до горизонтального.

На основі досвіду практичного освоєння цих апаратів з урахуванням згаданих умов для сушильних камер з верхнім розташуванням розпилювача встановлені наступні співвідношення розмірів:

$$H_c/D = 0,5 - 1,0; \quad H_p/D = 0,1$$

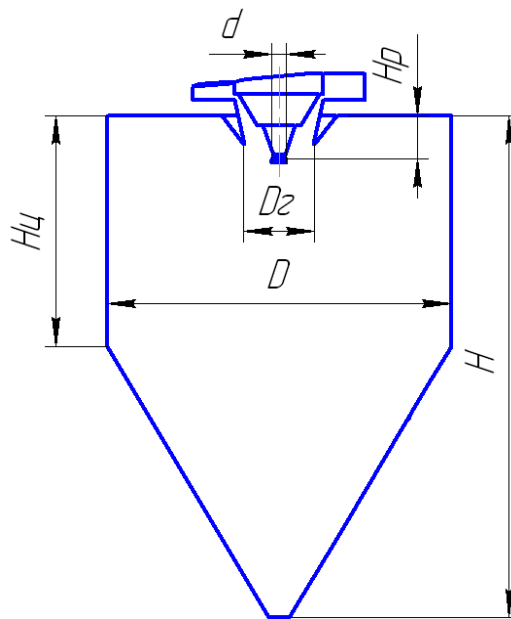


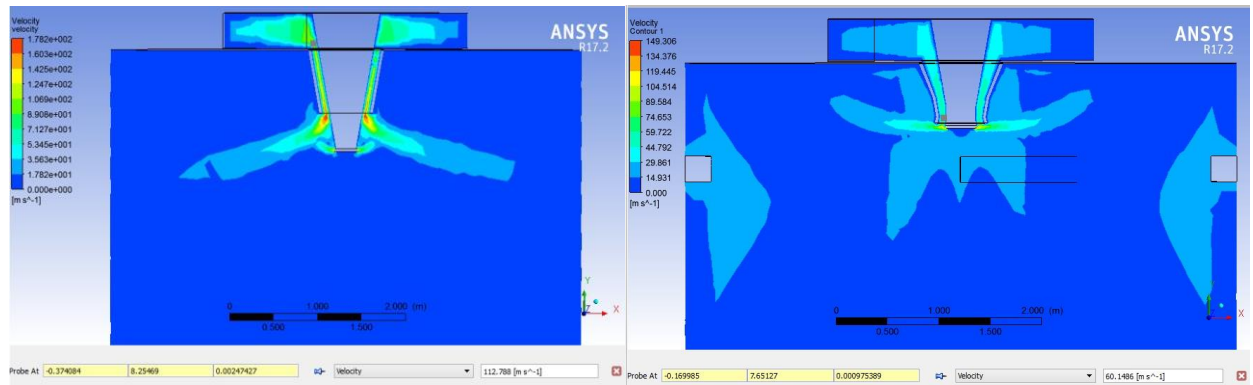
Рис.3.1 Схема сушильної камери з відцентровим розпилювачем.

Як видно, кришка апарата розташована на невеликому віддаленні від диска, а висота циліндричної обичайки під диском може бути порівнянна й навіть менше радіуса апарата.

У цих умовах стійка, без заростання стін, робота сушарки можлива тільки при горизонтальній, або близької до неї, формі початкової ділянки факела розпилення.

У протилежному випадку частки не встигають висохнути до влучення на кришку або днище апарата.

Подібний ефект різкого підйому початкової ділянки факела розпилення спостерігався при пуску ряду промислових об'єктів [32] у виробництвах мінеральних добрив, кормових дріжджів, барвників і інших матеріалів. У цих випадках навіть при використанні форсованих значень температури й швидкості теплоносія сушильний апарат був непрацездатним, не забезпечуючи одержання сухого сипучого порошку й приводячи до інтенсивного заростання внутрішніх поверхонь сушильної камери недосушеним продуктом. Дослідженнями встановлені параметри подачі сушильного агенту, та змодельовано швидкості потоку в факел розпилу продукту (рис 3.2)



а

б

Рис.3.2 Режими швидкостей в навколофакельних зонах у радіальному перетині сушильної камери

а) Швидкість в конструкції без модифікації сопла вентури

б) Швидкість в конструкції з модифікацією сопла вентури

Форма конусу газорозподільчого пристрою

На режим руху факелу розпилу впливають величина заглиблення конусу газорозподільчого пристрою та його діаметр. При малих значеннях діаметра конусу потік з нього повітря час від часу прориває факел розпилу, в результаті чого він починає коливатися у вертикальній площині і переходить у нестабільний режим, в результаті чого відбувається передчасний контакт недосушених частинок сироватки із поверхнею кришки камери і частки продукту налипають на її поверхню (рис 3.5) Також діаметр нижньої частини конусу газорозподільчого пристрою повинен бути таким, щоб швидкість подаваного в камеру теплоносія була достатня для врівноваження рециркуляційних потоків. Тому діаметр нижньої частини конусу не може бути дуже великим.

Чим менше величина заглиблення конусу в сушильну камеру, тим вище підіймається факел розпилення і, врешті решт переходить у настільний режим. Винос розпилювального диску від краю конуса газорозподільчого

пристрою повинен бути таким, щоб струмінь факелу розпилення не торкався до краю конуса і на нього не відбувалося налипання вологих часок продукту. Виходячи з цього в результаті експерименту було обрані наступні параметри: швидкість повітря 15 м/с на початку сопла вентурі ми маємо 63 м/с, а на виході 90 м/с (рис.3.3), що в 6 разів прискорює потік повітря до факелу розпилу без додаткових енерго затрат, а тільки завдяки конструктивному рішенню. При максимальному тиску 5440 Па, що забезпечується вентилятором типу ВВД (рис.3.4).

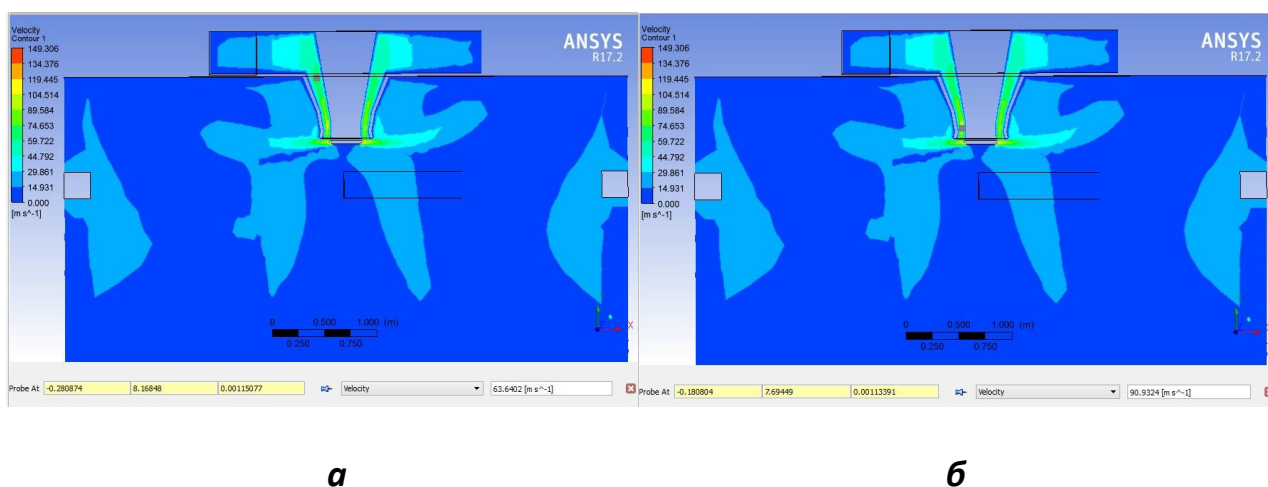


Рис.3.3 Режими швидкостей в сушильній камері:
 а) на початку сопла Вентурі ми маємо 63 м/с. б) на виході 90 м/с.

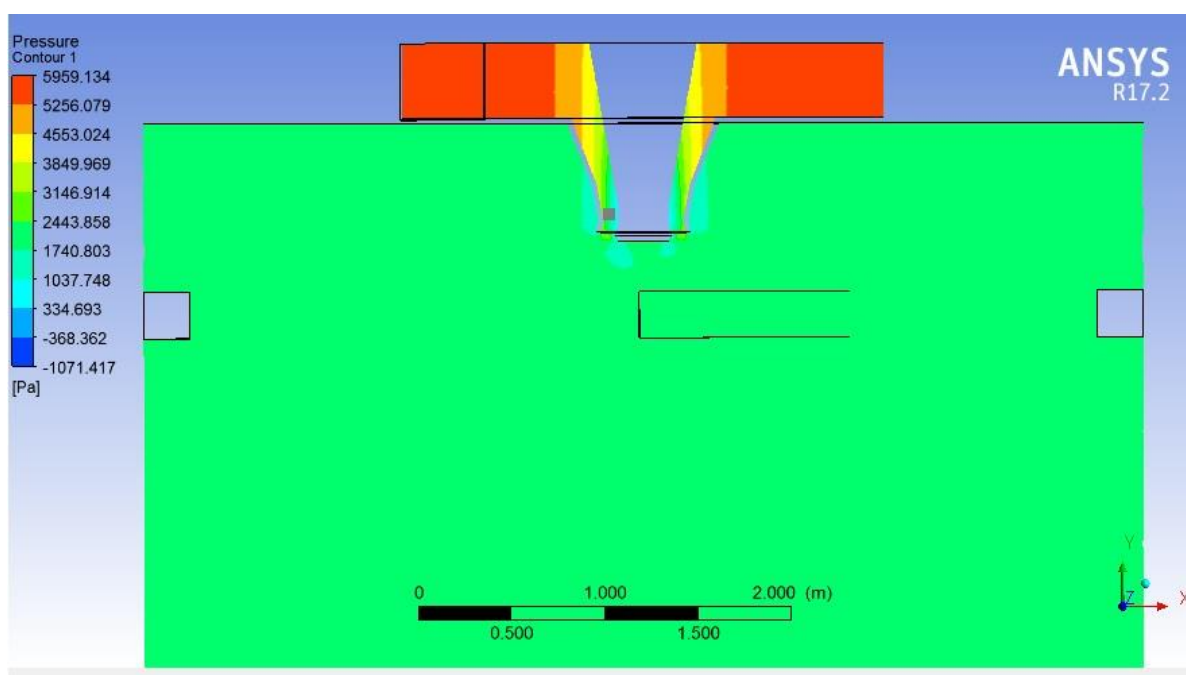


Рис.3.4 Розподіл тиску в сушильній камері

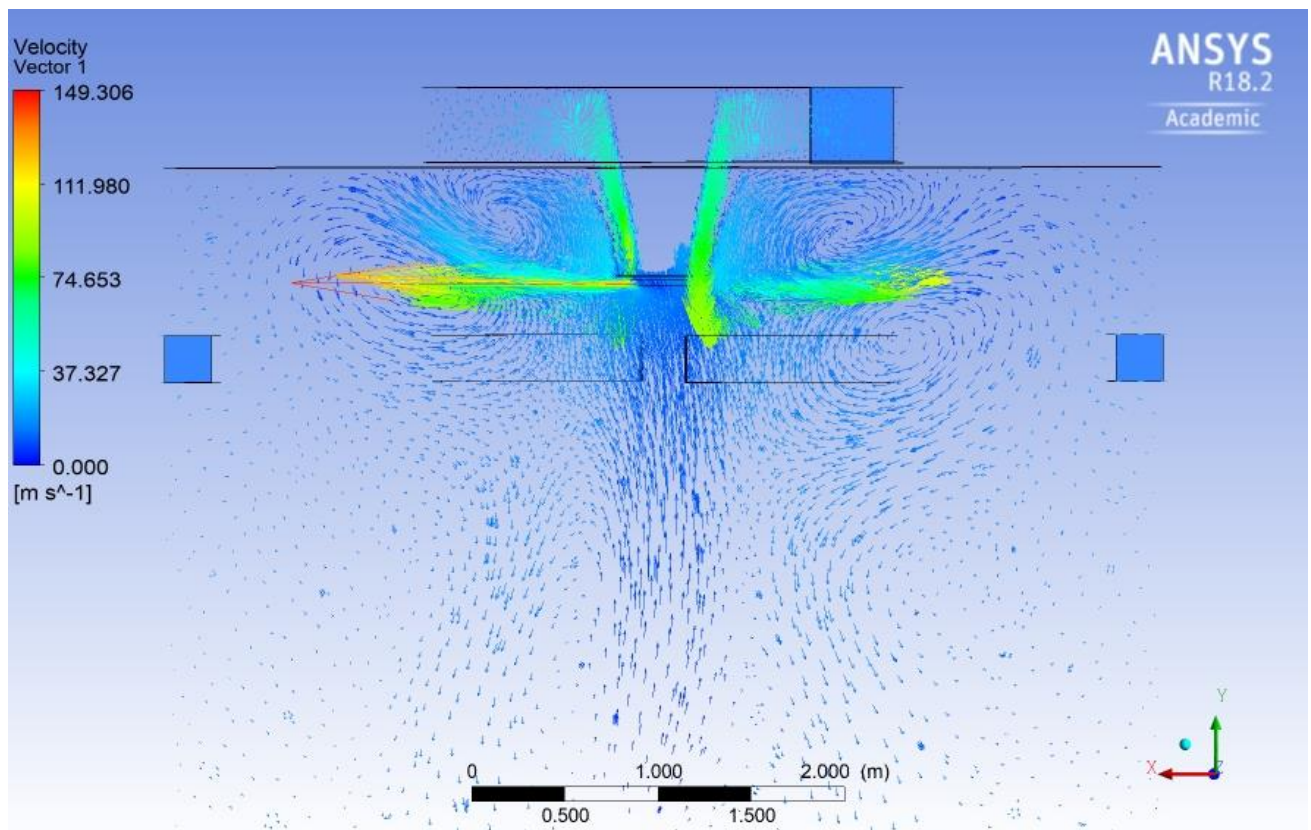


Рис.3.5 Вектори швидкості теплоносія в місці факелу розпилу продукту:

Дослідження тангенційного введення теплоносія в сушильну камеру і вплив його на зміну розподілу потоків

По периметру сушильної камери зробимо чотири отвори висотою 250 і шириною 250мм. Центри отворів знаходяться на відстані 900мм від кришки камери і знаходяться нижче рівня із осями сопел розпилюючого диска (рис.3.5) і будемо вводити через них теплоносій поступово збільшуючи його надходження із кроком 5м/с. В горизонтальну площину, будемо запускати частинки в і дослідимо вплив збільшення швидкості тангенційного вводу теплоносія на зміну траєкторії їх руху (зміна кута нахилу руху відносно вертикальної осі), α , рад, а також на час прольоту частинок до отвору труби відводу теплоносія і до зони досушування, відповідно, τ_1 і τ_2 , сек. Також визначимо залежності впливу швидкості вводу теплоносія на вищенаведені параметри.

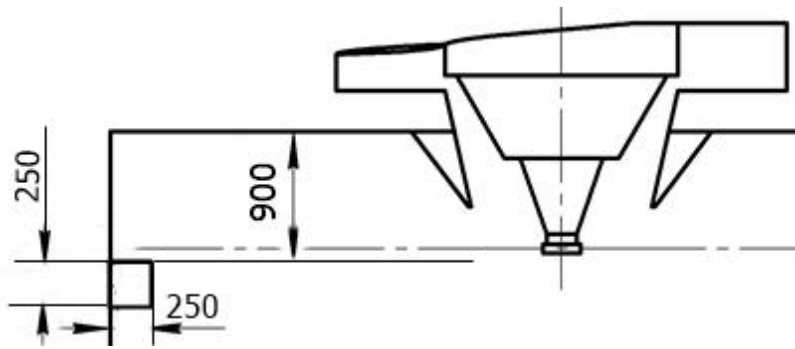


Рис.3.5.Схема розташування отворів для тангенційного вводу теплоносія.

Параметри, подачі теплоносія через інші зони будуть наступні:

- через газорозподільчий пристрій: $6\text{ м}^3/\text{с}$;
- в зону досушування: $1\text{ м}^3/\text{с}$.

Істинний вигляд функцій нам невідомий оскільки невідомі зв'язки

між вхідними та вихідними параметрами, тобто ми маємо об'єкт хімічної технології (ОХТ) типу "чорного ящика".

У загальному вигляді функції можна представити так:

$$y_n = f(\omega);$$

де y – величина параметрів α , τ_1 та τ_2 ;

ω – швидкість вводу теплоносія, $\text{м}/\text{с}$.

Побудуємо загальну схему математичної моделі:

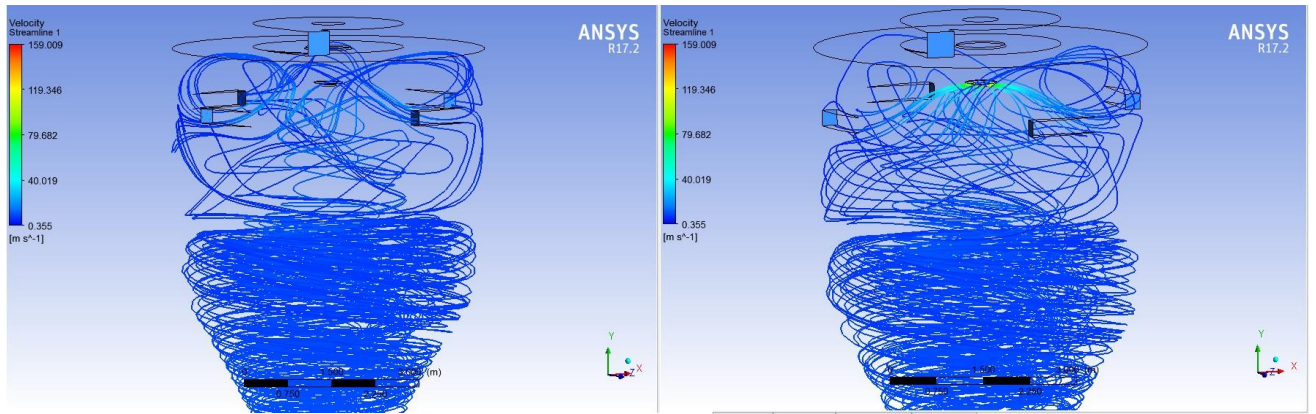
За результатами експериментів отримуємо регресійні рівняння.

Визначимо інтервал і крок варіювання.

Крок варіювання призначимо $5\text{ м}/\text{с}$.

Інтервал варіювання визначимо виходячи із наступного: швидкість тангенційної подачі теплоносія повинна з одного боку забезпечувати максимально можливий час проходження частинок через камеру сушіння, а з іншого боку – забезпечити стабільний режим зворотної циркуляції для того, щоб не відбувалося налипання частинок продукту на кришку камери.

Такий режим забезпечується при швидкості руху теплоносія включно до $15\text{ м}/\text{с}$ (рис.3.6)



а

б

Рис 3.6 Режим руху частинок рідини та тангенціальній подачі теплоносія:

а) режим циркуляції тангенційного теплоносія при $\omega_P=15\text{ м/с}$

б) режим циркуляції рідини при $\omega_P=15\text{ м/с}$

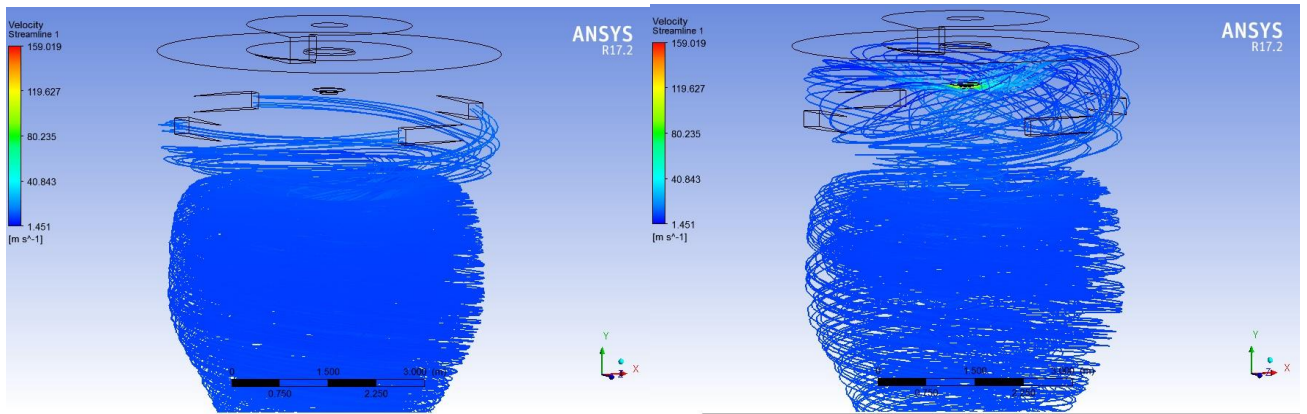
Зробивши цей аналіз можна побачити результати при параметрах 15 м/с швидкість повітря в основний патрубок сушильної камери, та 15 м/с швидкість подачі теплоносія в тангенційні патрубки.

Параметри тиску повністю задовольняють всі граничні умови, але траєкторія польоту частинок продукту в сушильній башні має не малу кількість завихрень, що в наслідок «підпору» продукту до кришки апарату може слугувати причиною відкладення та налипання продукту на стінках та кришці апарату.

Отже, інтервал варіювання призначимо $\omega_P= 0 - 5 \text{ м/с}$

Продовжуючи дослідження при визначених раціональних початкових параметрах (рис 3.7-3.9)

- 15 м/с швидкість повітря в основний патрубок сушильної камери,
- 25 м/с швидкість подачі теплоносія в тангенційні патрубки.
- параметрах тиску до 6000 Па



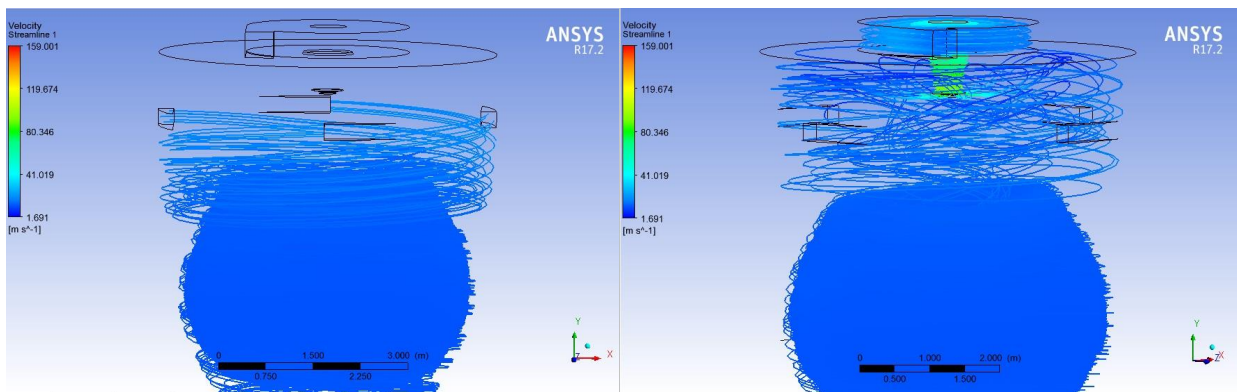
а

б

Рис 3.7 Режим руху частинок рідини та тангенціальній подачі теплоносія:

а) режим циркуляції рідини при $\omega_P=20\text{м/с}$

б) режим циркуляції тангенційного теплоносія при $\omega_P=20\text{м/с}$



а

б

Рис 3.8 Режим руху частинок рідини та тангенціальній подачі теплоносія:

а) режим циркуляції теплоносія при $\omega_P=25\text{м/с}$

б) режим циркуляції рідини при $\omega_P=25\text{м/с}$

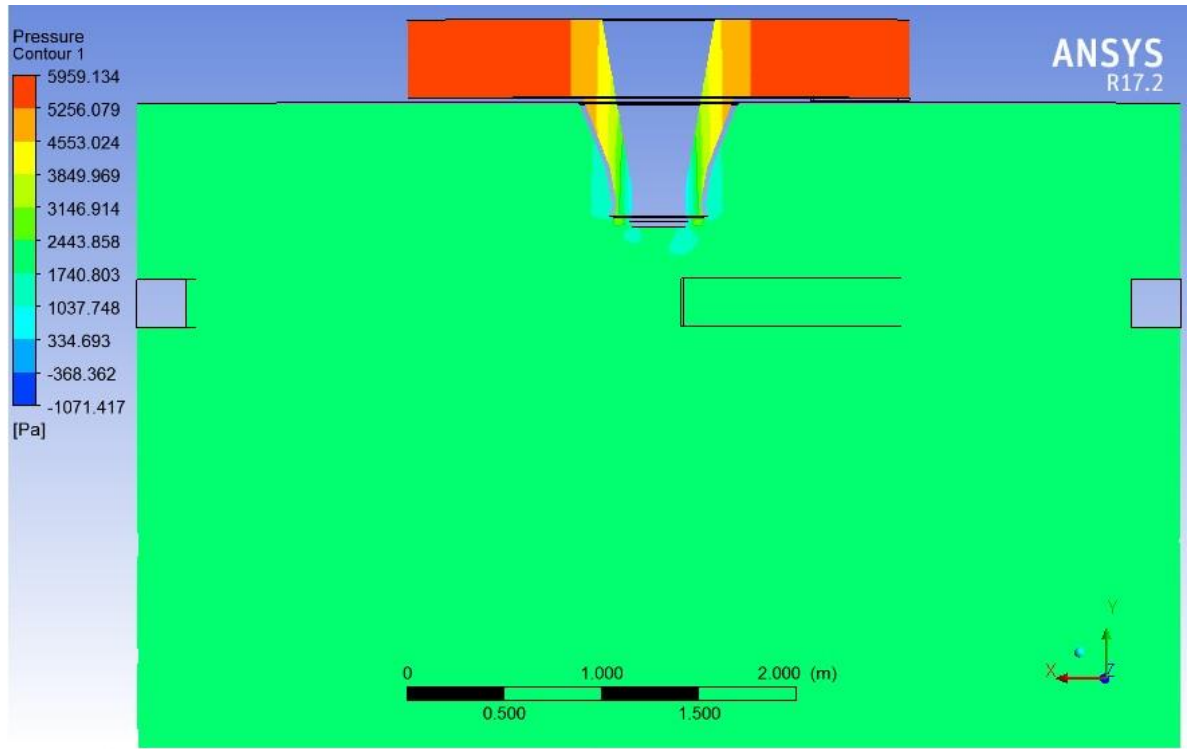


Рис 3.9 Параметри тиску в сушильній башні

В результаті тангенційних підовдів можна показати траєкторію польоту частинок тангенційного повітря де видно утворення так званої повітряної подушки в середині башні. (рис 3.10)

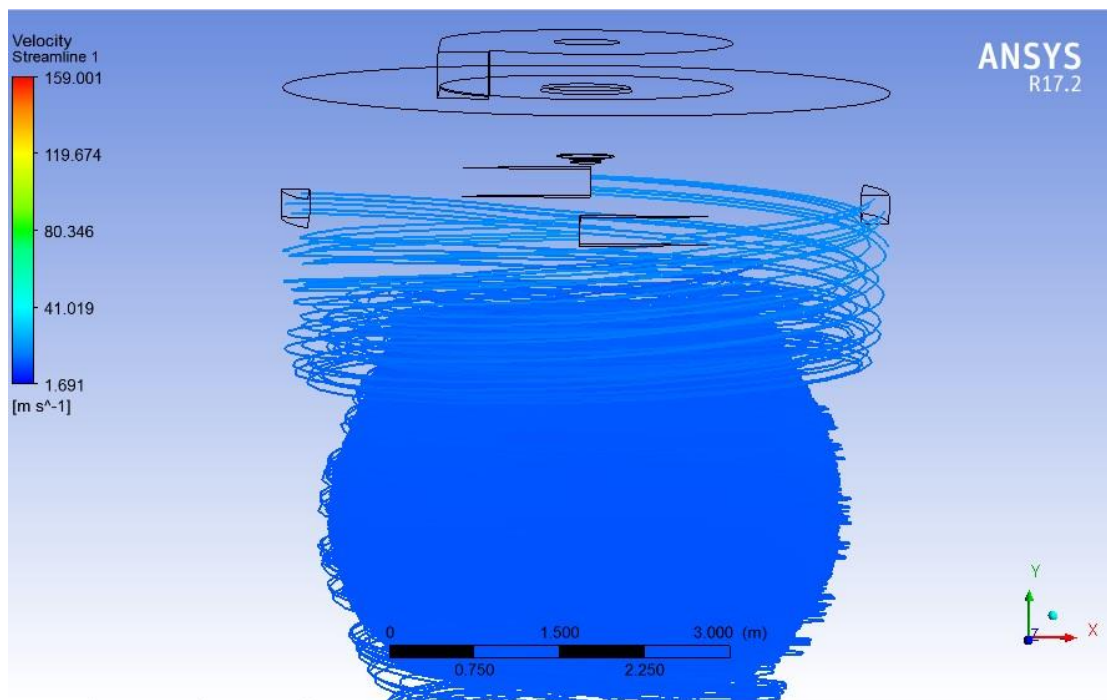


Рис 3.10 Утворення повітряної подушки в середині башні

При перевірці стабільності роботи установки в різних режимах тангенційної подачі теплоносія також було помічено не тільки збільшення закрутки вздовж стінок камери сушіння, а й збільшення траєкторії руху часток від розпилювального диску до стінок камери також за рахунок збільшеного закручення, що, окрім підвищення температури теплоносія, що підводиться, зменшує вірогідність налипання недосушених частинок на стінки камери. (рис 3.11)

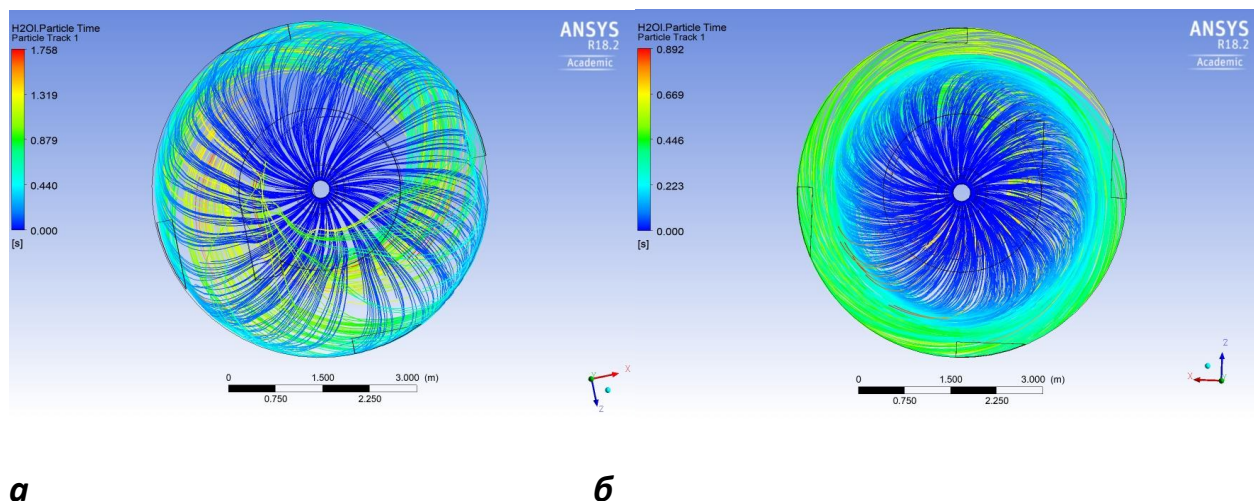
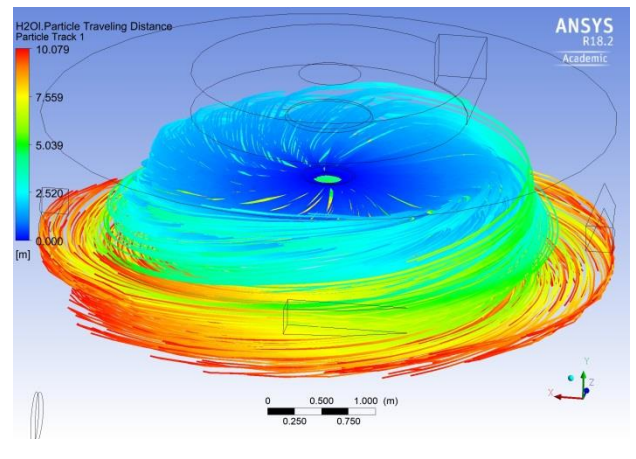
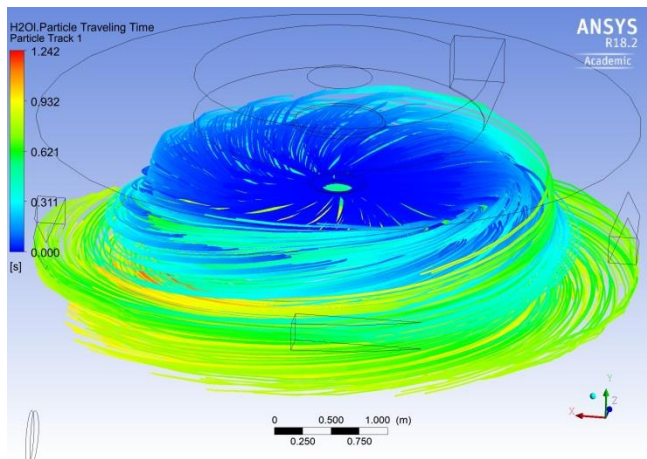


Рис 3.11 Зміна руху частинок в навколофакельній зоні при швидкості тангенційної подачі теплоносія: а) 10м/с; б) 25м/с

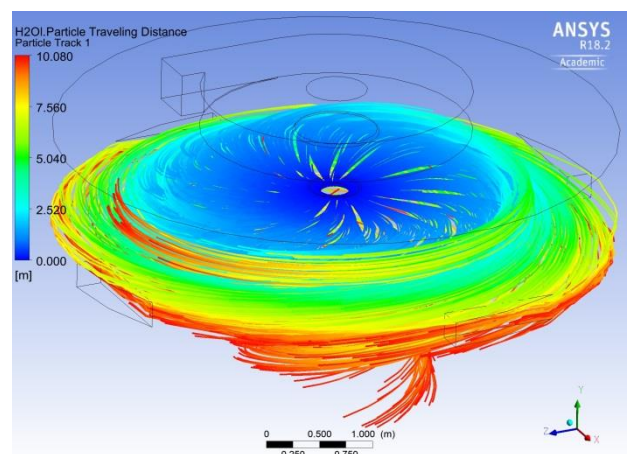
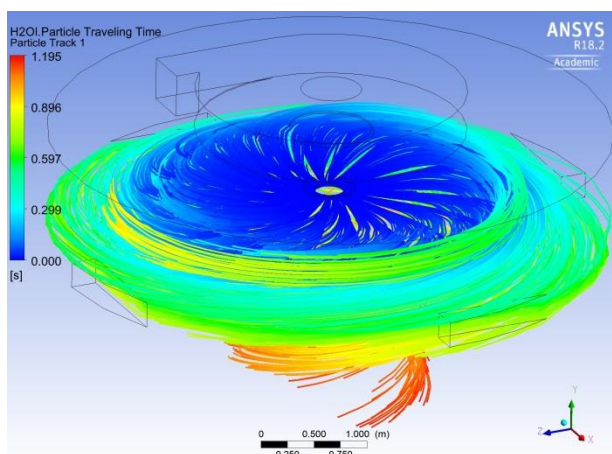
Дослідження дистанції та часу прольоту частинки розміром (від 5 до 150 мкм) в сушильній камері.

Для визначення часу прольоту частинок та довжини за який частинка рідини висихає наступні серії дослідів.

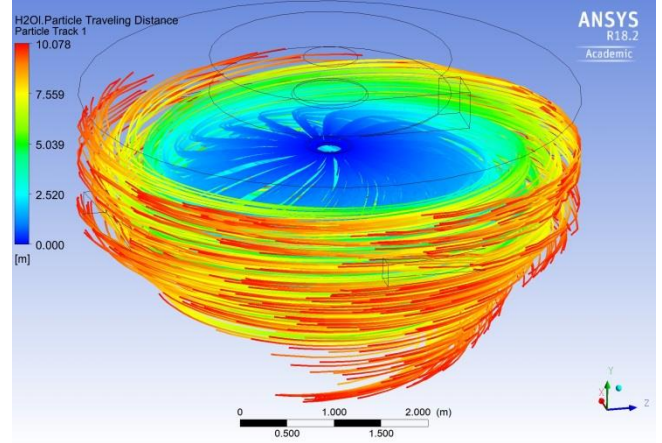
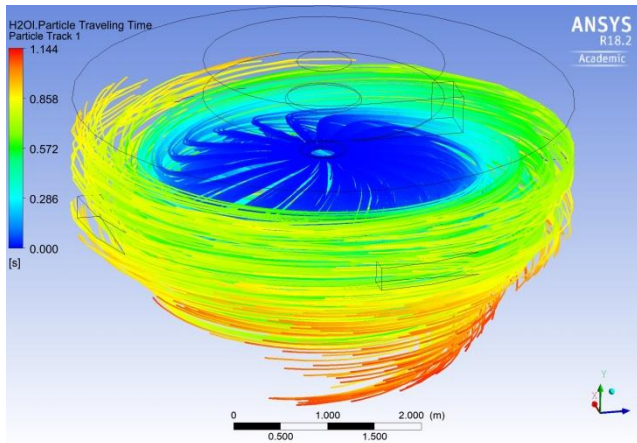
Дослід 1	
Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	150°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	23°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек



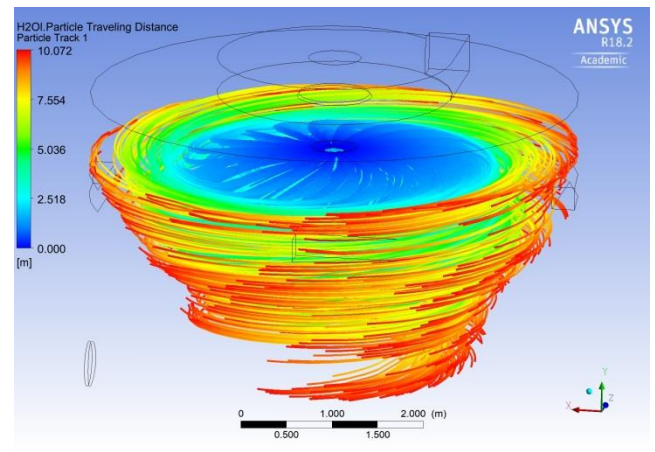
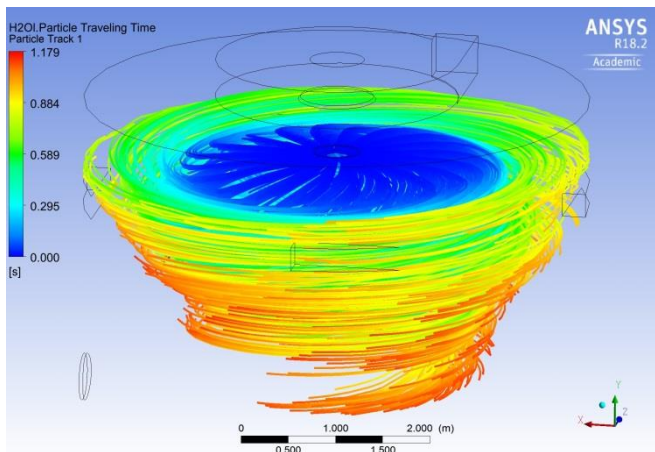
Дослід 2	
Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	160°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	25°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек



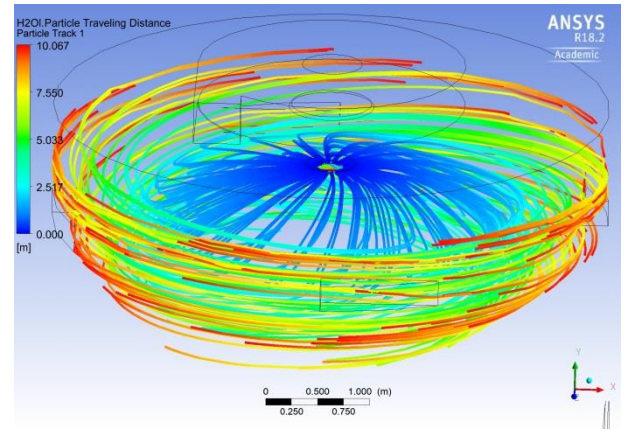
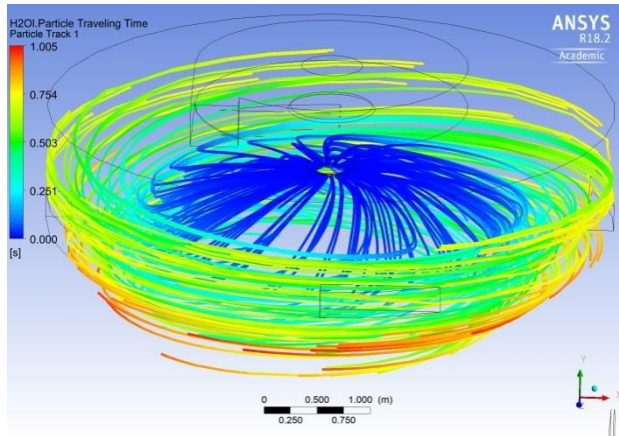
Дослід 3	
Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	170°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	25°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек



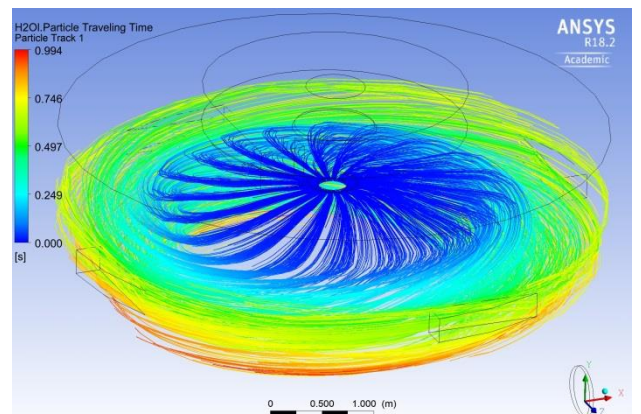
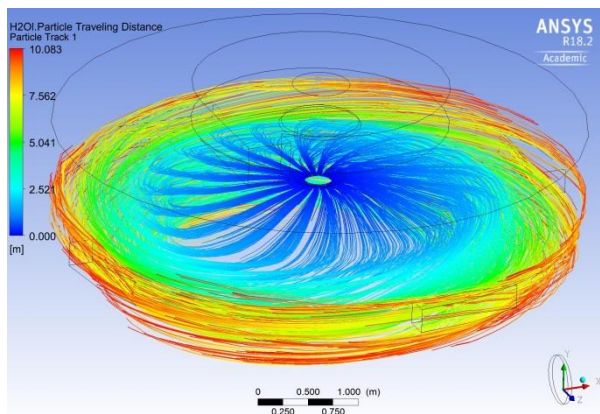
Дослід 4	
Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	175°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	25°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек



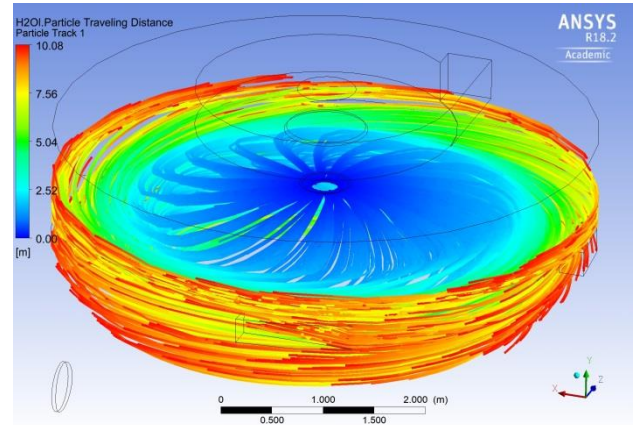
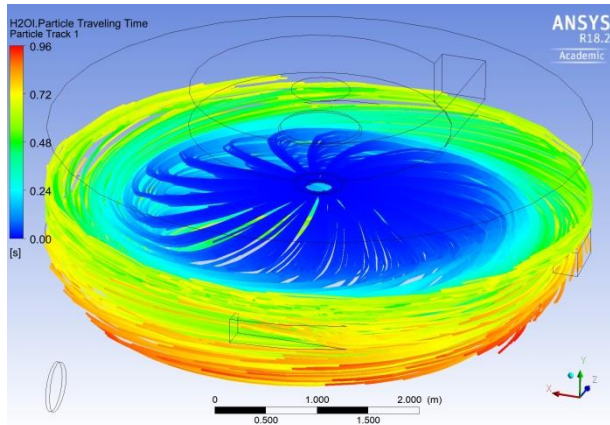
Дослід 5	
Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	180°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	25°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек



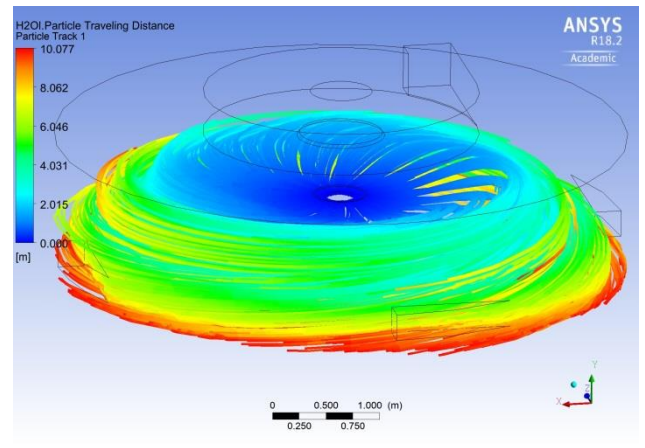
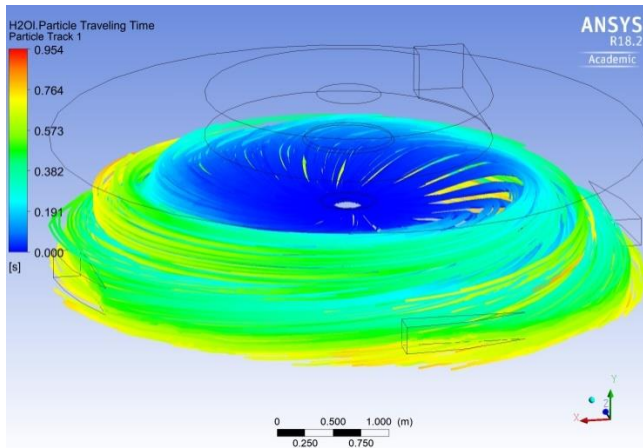
Дослід 6	
Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	185°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	25°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек



Дослід 7	
Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	190°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	25°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек



Дослід 8	
Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	200°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	25°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек



В результаті досліджень отримано результати в вигляді графіків:

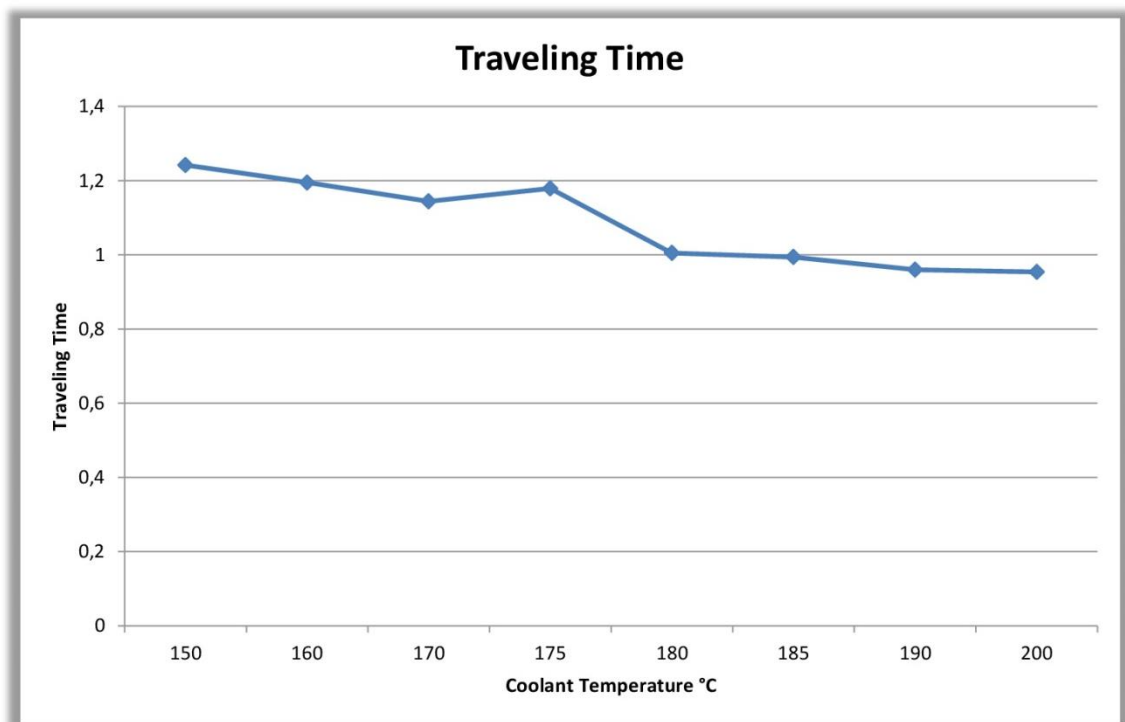


Рис 3.12 Залежність часу висихання дисперсної частинки продукту від температури теплоносія.

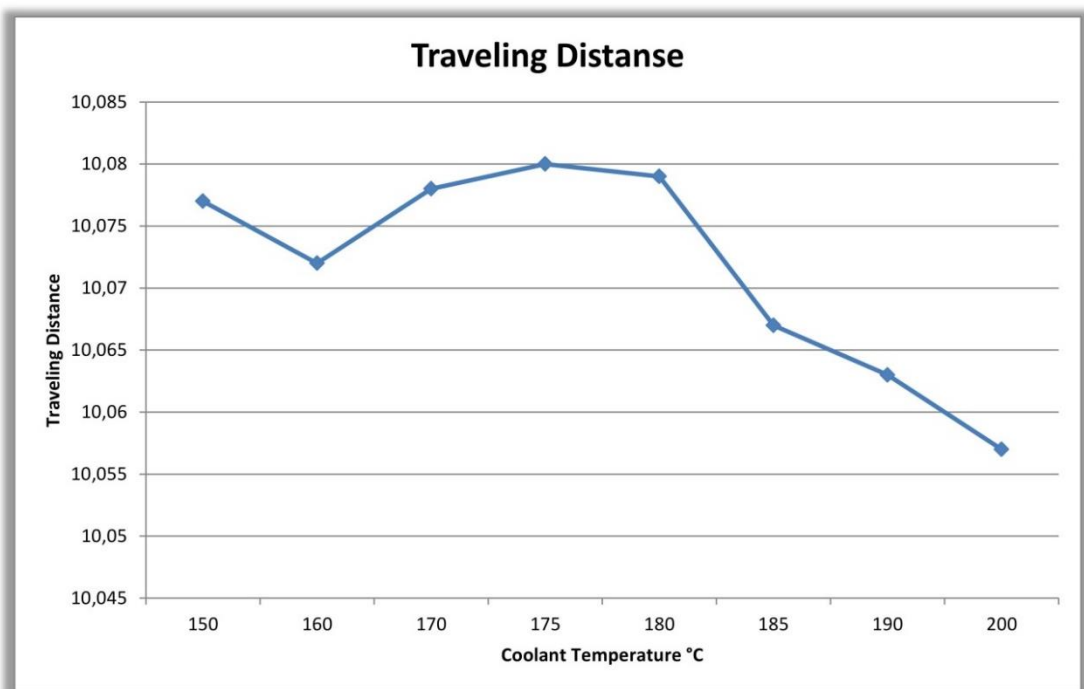


Рис 3.13 Залежність дистанції прольоту дисперсної частинки продукту від температури теплоносія.

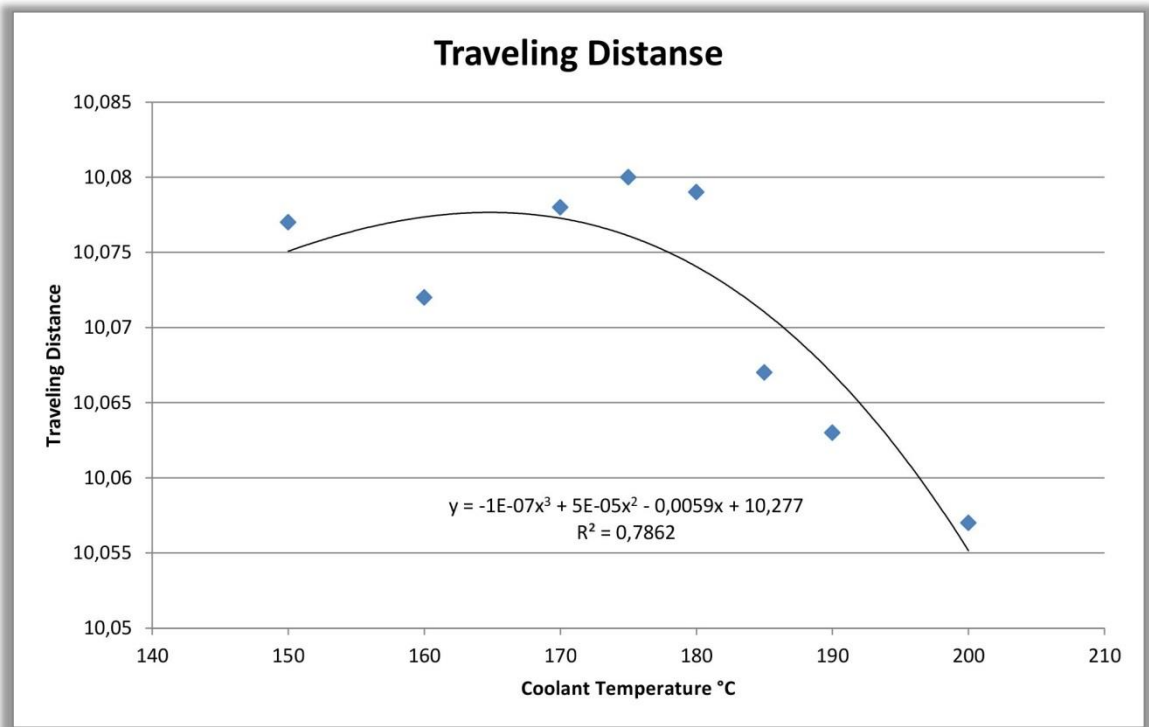


Рис 3.14 Залежність дистанції прольоту дисперсної частинки продукту від температури теплоносія. Лінія тренда.

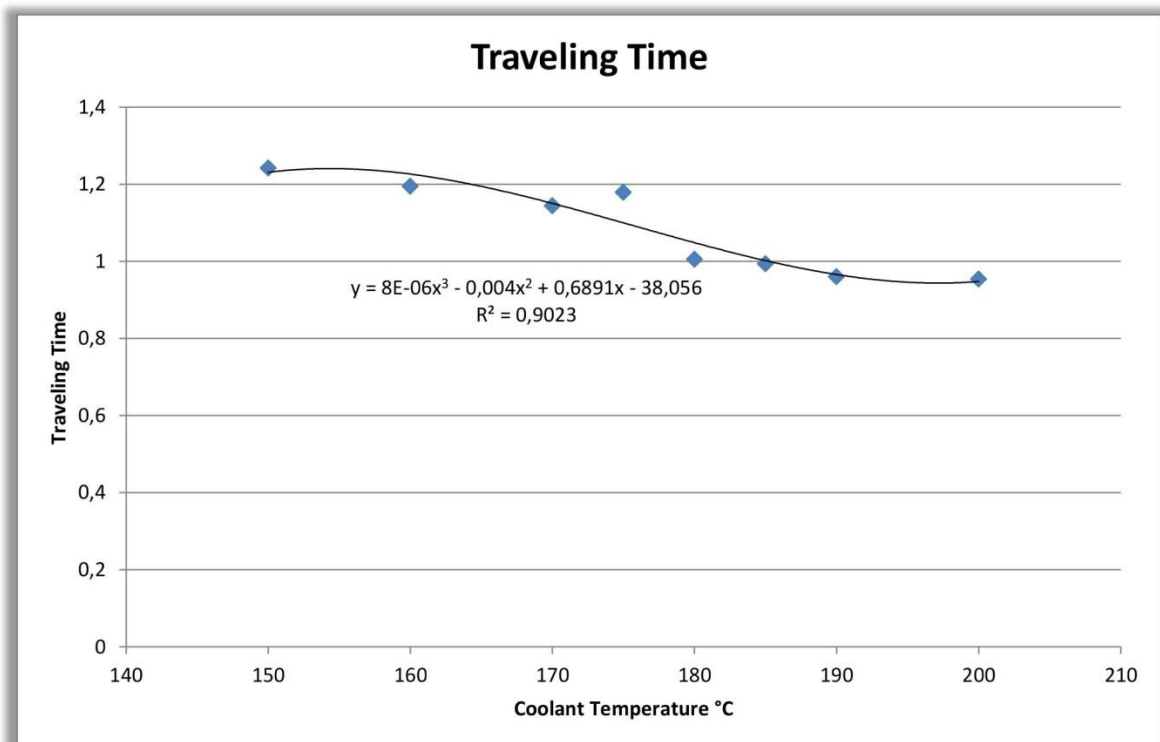


Рис 3.15 Залежність часу висихання дисперсної частинки продукту від температури теплоносія. Лінія тренда.

Побачивши данні залежності видно, що траєкторія польтучастнок значно відрізняється при збільшенні температури теплоносія, дистанція сушіння найбільшої дослідницької частинки (150мкм) дорівнює приблизно 10 м.

Практично лінійну залежність має час висихання найбільшої частинки від температури теплоносія.

При параметрах:

Швидкість теплоносія	15 м/сек
Температура теплоносія	175°C
Швидкість продукту	135 м/с
Температура продукту	25°C
Масова витрата потоку з башні	4 кг/сек

Час висихання має значення в 1.144 сек. Прийнявши ці параметри оптимальними, спроектувавши лінії по периметру башні під розпилювальним диском в програмному комплексі ANSYS 18.2 Academic можливо відобразити наступні графічні залежності.

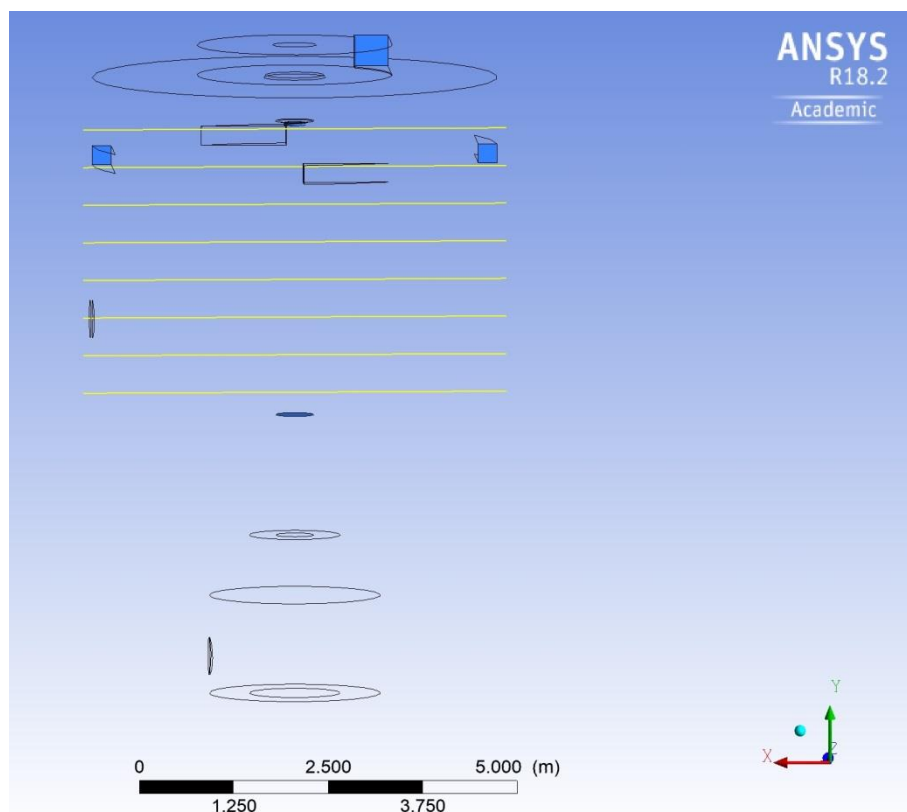


Рис 3.16 Розподіл ліній по периметру башні розпилюючого комплексу А1-ОРЧ.

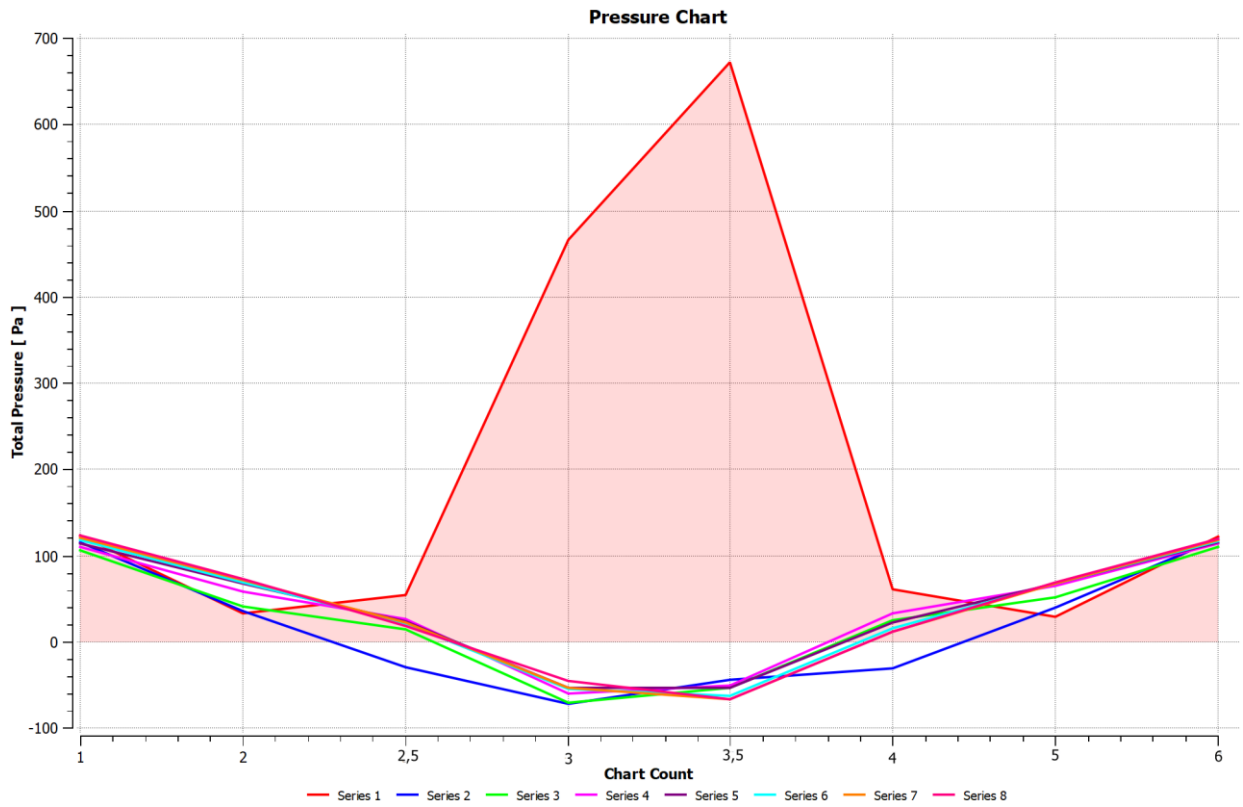


Рис 3.17 Залежність тиску по лінії діаметру під розпилювальним ДИСКОМ до низу.

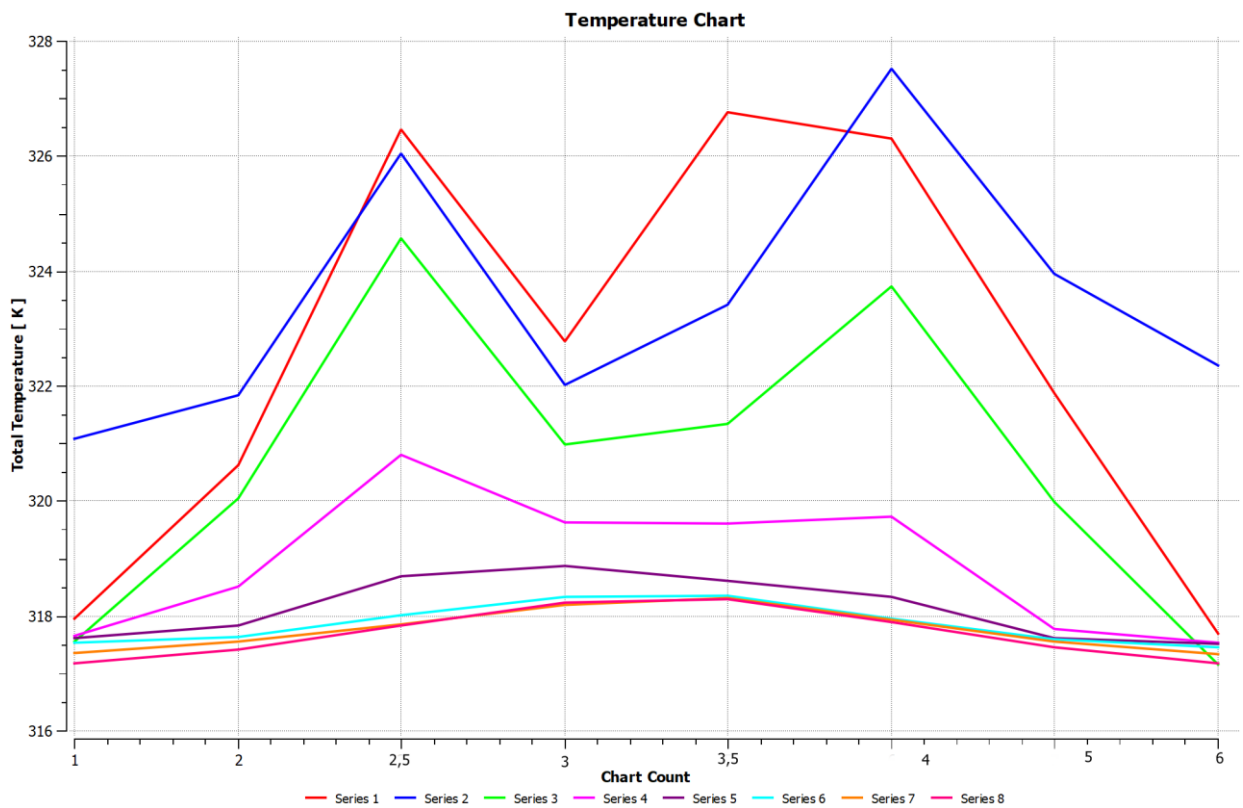


Рис 3.18 Залежність температури по лінії під розпилювальним ДИСКОМ до низу.

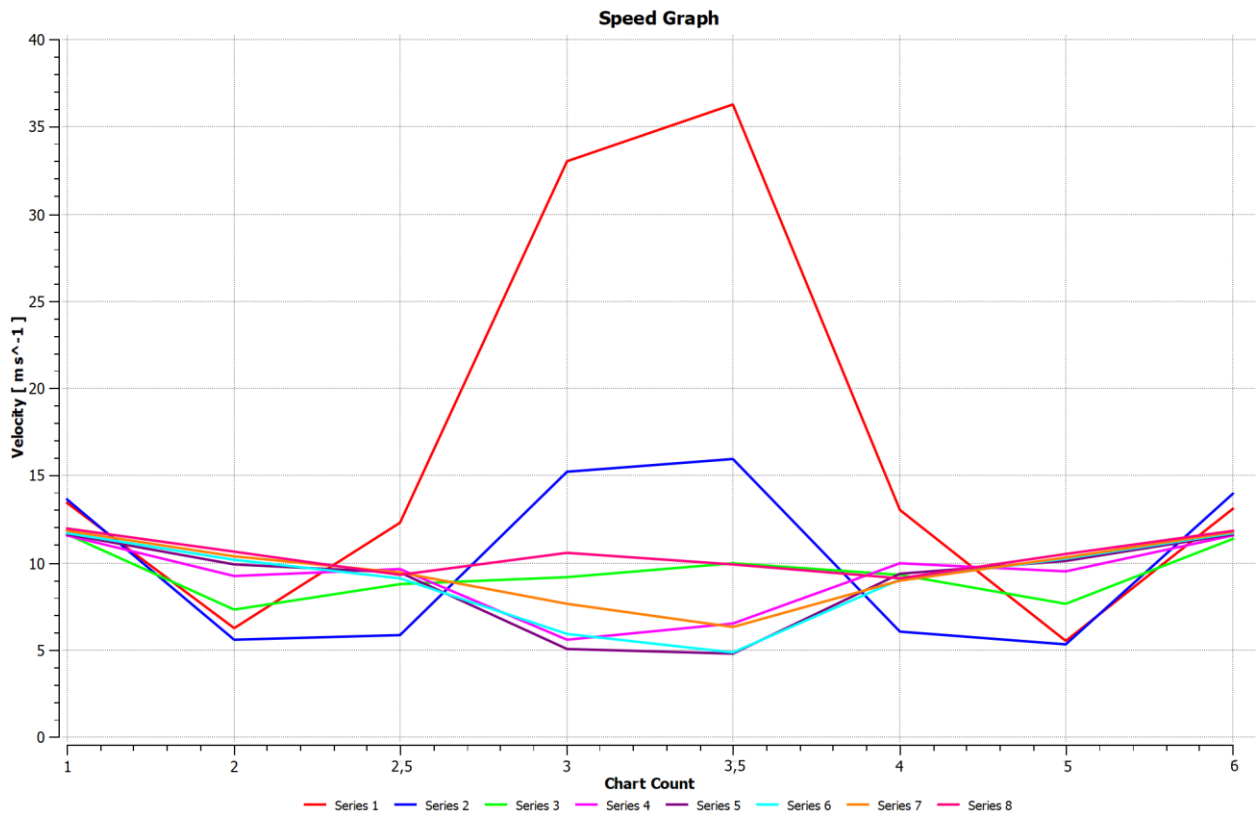


Рис 3.19 Залежність швидкості потоку по лінії діаметру під розпилювальним диском до низу.

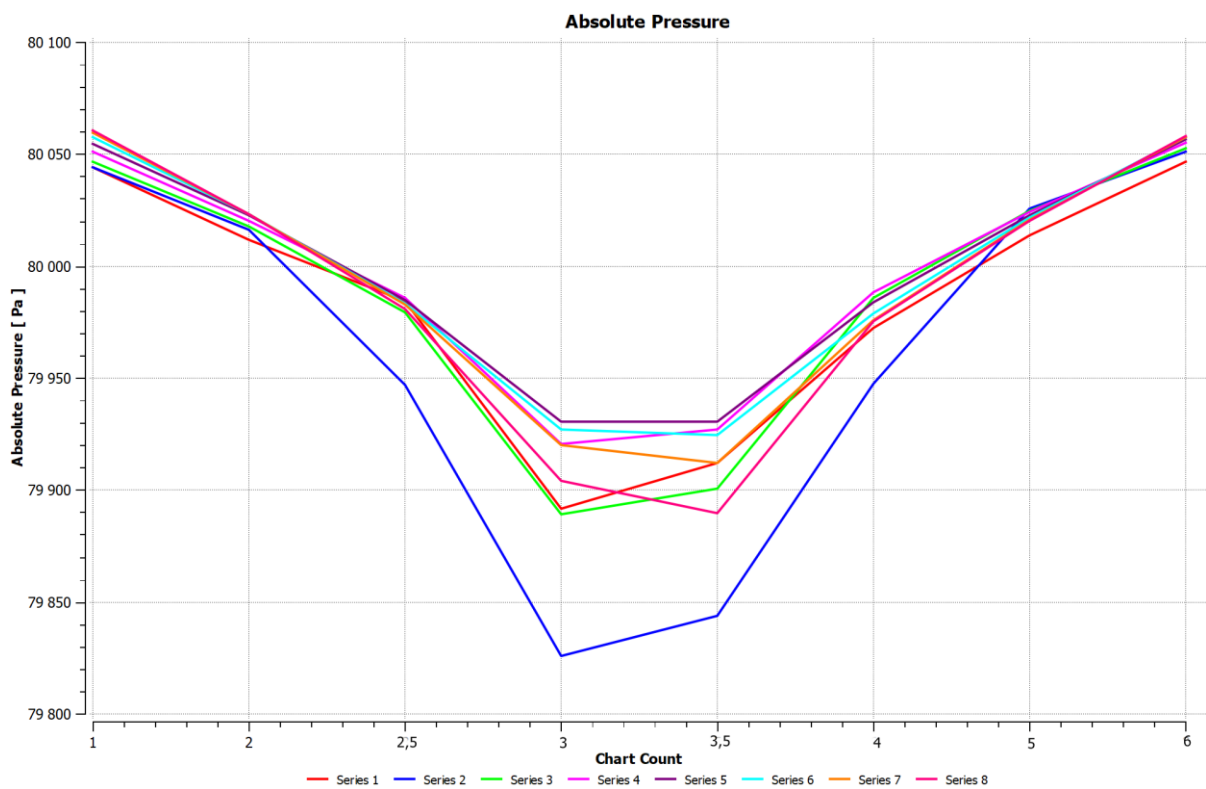


Рис 3.20 Залежність абсолютного тиску в башні, по лінії діаметру під розпилювальним диском до низу.

Висновки

В результаті дослідів:

- визначено глибину розташування розпилювального диску в камері сушіння;
- визначену геометричні параметри конусу газорозподільчого пристрою;
- змодельовано конструкцію газорозподільчого пристрою і визначити вплив радіальної подачі теплоносія на напрямок і розподіл потоків в камері сушіння та час проходження часток продукту від розпилювального диску до зони досушування;
- визначено оптимальну кількість тангенційних підводів. Глибина встановлення їх в сушильному комплексі;
- підібрано такі параметри роботи сушильної установки, які, при збільшенні загальної подачі теплоносія забезпечують необхідний час прольоту частинок продукту через камеру сушіння, для його висушування і при цьому стабільну роботу сушарки;
- змодельовано траєкторії прольоту частинок, визначити параметри тиску в сушильній башні;
- визначено оптимальний параметр температури по сушильній установці;
- визначено траєкторію, дистанцію та час висихання однієї (модельованої до 150мкм) частинки модельної рідини.

Методика проведення досліджень

Гідродинаміка сушарок з відцентрово-дисковим розпиленням

Ефективність розпилюючих сушарок у значній мірі визначається раціональною організацією процесу взаємодії ансамблю диспергованих крапель з теплоносієм в зоні факела розпилення.

Аналіз закінчених досліджень по вивченню процесів розпилення й тепло-масообміні взаємодії диспергованих часток з навколишнім газом для цілей

розпилюючого сушіння показав, що в цій області виконаний ряд фундаментальних робіт. Серед них можна виділити роботи А.М. Ластовцева, Фрасера, Фридмана й ін (по диспергуванню), А.В. Лыкова, П.Д. Лебедева, О.А. Кремнева, А.И. Плановского, М.Ю.Лур'є Р. Горбиса, Б.И. Леончика А.А. Долинського, Мариалла й ін. (по тепло-масообміну), М.В. Ликова, А.Я. Фокіна, И.И. Борде й ін (по інженерних методах розрахунку)[9,22,26,27].

У результаті цих досліджень були істотно розширені фізичні подання про процеси в розпилюючих сушарках і отримані важливі дані про закономірності їхнього протікання.

Однак відсутність повних відомостей про аеродинамічну обстановку в апарату утрудняє правильну оцінку ступеня перемішування в апарату й відносній швидкості взаємодіючих фаз, що істотно знижує точність розрахунку процесу сушіння.

Детерміновану модель визначення режиму роботи й конструкції камери сушіння пропонує Г.П. Пітерських [28].

У моделі сушарки, що приводиться Г.П. Пітерських, розглядається вплив основних гідродинамічних факторів, що визначають рух у сушильній камері.

Рідина, що сходить із розпилюючого диска, розпадається на краплі, які захоплюють за собою газ, а самі гальмуються. Поблизу диска утвориться зона інтенсивної турбулізації, у якій дисипується значна частина кінетичної енергії краплі й відбувається їхнє вторинне подрібнення. Обертовий рух, створений у сушильній камері потоком краплі й закрученим теплоносієм, що надходить у камеру, приводить до того, що двофазний струмінь при своєму русі проектує газ, що рухається, і тому гальмується повільніше, ніж у нерухливому газі. З іншого боку, обертовий рух газу призводить до зростання тиску уздовж радіуса сушильної камери, причому тиск у верхній зоні виникає швидше, ніж у нижньої, і струмінь вигинається донизу. Вплив поля тисків на струмінь реалізується за посередництвом потоку рециркулюючого газу. Над струменем складова швидкості газу, спрямованої до неї, більше, ніж у нижній зоні, що й приводить до вигину струменя. Поблизу газо-підводу струмінь відхиляється

безпосередньо потоком теплоносія. При подачі теплоносія зверху він може пронизати струмінь і проникнути в нижню зону сушарки.

Обертальний рух газу приводить до виникнення поблизу вертикальної осі сушильної камери вихрового ядра (циліндричного обсягу газу), симетричного щодо осі сушарки й обертового як квазітверде тіло. Особливість вихрового ядра полягає, зокрема, в ослабленому обміні з іншим потоком газу. Теплоносій, що проникнув у вихрове ядро з газо-підводу, а також захоплені їм частки дисперсної фази безпосередньо йдуть у газовідвід.

Кут розкриття потоку краплі поблизу диска визначається пульсаційним рухом у турбулентному потоці рідини, що сходить із диска, і тому не відрізняється істотно від типового кута розкриття для турбулентних струменів. Коефіцієнт розкриття в діаметральному перетині сушарки (з урахуванням обертального руху)[28].

$$\alpha_c = \frac{V}{V_r} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}, \quad (3.1)$$

V - швидкість крапель;

V_r - їхня радіальна швидкість;

β - кут розкриття, обмірюваний уздовж траєкторії.

Методика проведення досліджень для визначення концентрацій висушених частинок та витрати теплоносія.

При розрахунках реальних апаратів необхідно знати характер перемішування потоків в сушарці, які визначають поле концентрацій апарата. Поряд з іншими методами обліку поздовжнього перемішування [32,33] поле концентрацій може бути виражене через ступінь використання рушійної сили, рівної відношенню рушійних сил у реальному і в апараті ідеального витиснення: $E = \text{ДР}_\Pi / \text{ДР}_В$. Для з'ясування поздовжнього перемішування в газовій фазі в прямоточній сушильній камері були проведені досліді по вимиванню міченого газу.

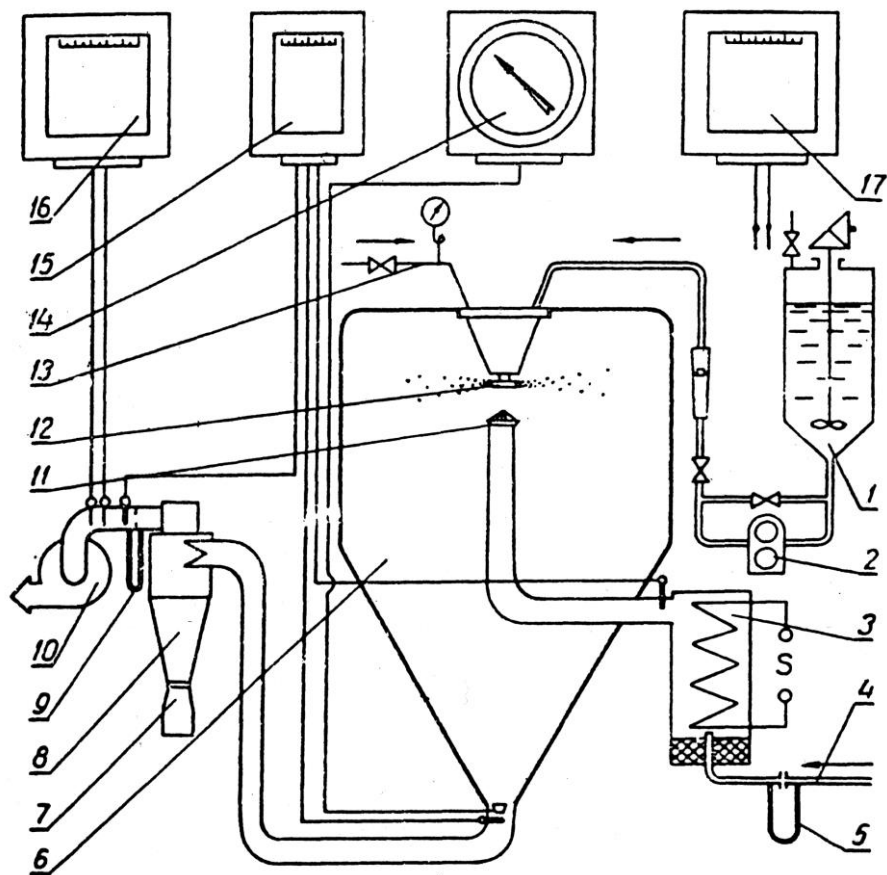


Рис. 3.21 Схема дослідницької установки:

1 — ємність із продуктом; 2 — шестерний насос; 3—електропідігрівач;
 4 — трубка для подачі гелію; 5— диференціальний манометр; 6 — сушильна камера; 7 — ємність для висушеного продукту; 8 — циклон; 9 — диференційний манометр; 10 — вентилятор; 11 — насадка; 12— розпилюючий диск; 13—лінія стисненого повітря; 14 — газоаналізатор; 15-електронний

На рис. 3.21 представлена схема дослідної установки[26]. Розчин, що висушується, з ємності шестерним насосом подається по живильній трубці на швидкообертвий від повітряної турбіни диск. Повітря через електропідігрівач засмоктується вентилятором у сушильну камеру через трубу, розташовану в центрі камери. Труба закінчується насадкою, жалюзі якої встановлені таким чином, щоб додати повітряю обертвий рух

До теплоносія домішувалася певна порція гелію. Після встановлення стаціонарного режиму подача гелію припинялася й відбувалося вимивання його з камери, при цьому, концентрація вихідної газоповітряної суміші аналізувалася й безупинно записувалася газоаналізатором.

Порівняння отриманих кривих з розрахунковими показує, що досліджуваний прямоточний апарат для розпилювальної сушіння близький до апарата ідеального витиснення, причому витрата розчину, що розпорошується, і температура теплоносія практично не роблять впливу на повздовжнє перемішування в газовій фазі. На *полі* концентрацій впливає тільки витрата теплоносія.

Методика визначення впливу режимів роботи сушильного обладнання на характеристики відновлення продукту.

Конструкція сушильної камери та витрата повітря визначають час перебування частинки в об'ємі камери. Після завершення бажаного видалення вологи з частинки, продукт видаляється з сушарки, перед тим як температура продукту досягне температури повітря на виході із камери. Внаслідок цього, вірогідність пошкодження продукту температурою дуже низька.

Дві загальні системи, що відокремлюють продукт та сушильне середовище, включають основне відокремлення продукту, яке відбувається в основі сушильної камери, і повне відновлення кінцевого продукту в пристрої для розділення.

Відновлення порошку покращується з підвищенням температури повітря, що подається, а також зі зменшенням швидкості насоса, що відображено в ознаках графіків (рис. 3.22 – 3.27), отриманих за моделлю рівняння для відновлення порошку: для температури вхідного повітря, температури подачі та швидкості насоса, відповідно [51].

При зменшенні значення швидкості подачі, час розпилених дисперсних часток у нагрітому повітрі був довшим, що призвело до менш липкого кінцевого продукту та високого відновлення порошку. Вища температура подачі призвела до зменшення в'язкості подачі, тим самим збільшуючи швидкість подачі. Отже, збільшення швидкості подачі призводить до збільшення розміру частинок порошку.

Оскільки швидкість подачі зменшується, температура виходу збільшується, що приводить до невеликої різниці в температурі між температурою вхідного

отвору та температурою виходу. Отже, залишкова вологість у кінцевому продукті зменшується. Якщо температура на виході дуже низька, частинки продукту в сушильній камері не будуть мати змоги висохнути протягом дозволеного часу, що призведе до виникнення липких частинок, які можуть спричинити блокування або закупорювання [26]. Окрім налипання частинок продукту на стінки камери, висока залишкова вологість може також призвести до поганого відновлення порошку.

Методика визначення температури подачі, швидкості насоса та витрати продукту

Критерій був встановлений для кожної з вимірюваних характеристик. Обидві, нижня та верхня межі були заповнені, щоб переконатися, що значення знаходяться в межах необхідного діапазону.

Для остаточної вологості та насипної густини мета полягала в мінімізації їх значень у отриманому порошку. Високі рівні сушіння та відновлення порошку є показниками ефективності роботи сушарки. Відновлення порошку на 100% є неможливим, оскільки існує ймовірність того, що витяжне повітря може забирати частинки порошку, тоді як деякі частинки можуть прикріпитися до стінки камери та труб сушарки. З іншого боку, швидкість висихання легко контролюється шляхом регулювання швидкості насоса та величини в'язкості подачі.

Найважливішими властивостями відновлення порошку є вміст вологи та розмір частинок [51], тоді як об'ємна густина і швидкість висушування вважалися найменш важливими. Вміст вологи, розмір частинок і насипна густина впливають на якість кінцевого продукту, тоді як швидкість висихання та відновлення порошку впливають на економічні показники процесу сушіння порошку.

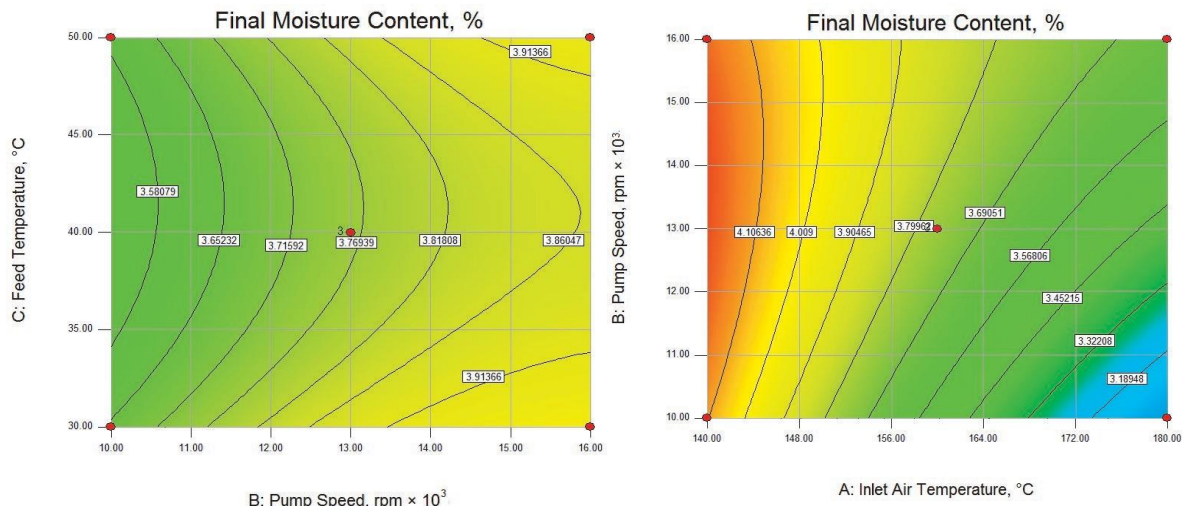


Fig. 3.22. Contour lot of final moisture content of spray dried as a function of feed temperature and pump speed (left) and pump speed and inlet air temperature (right).

Рис. 3.22. Контурний графік кінцевої вологості сухої суміші як функція температури подачі та швидкості насоса (ліва) та швидкості насоса та температури вхідного повітря (права).

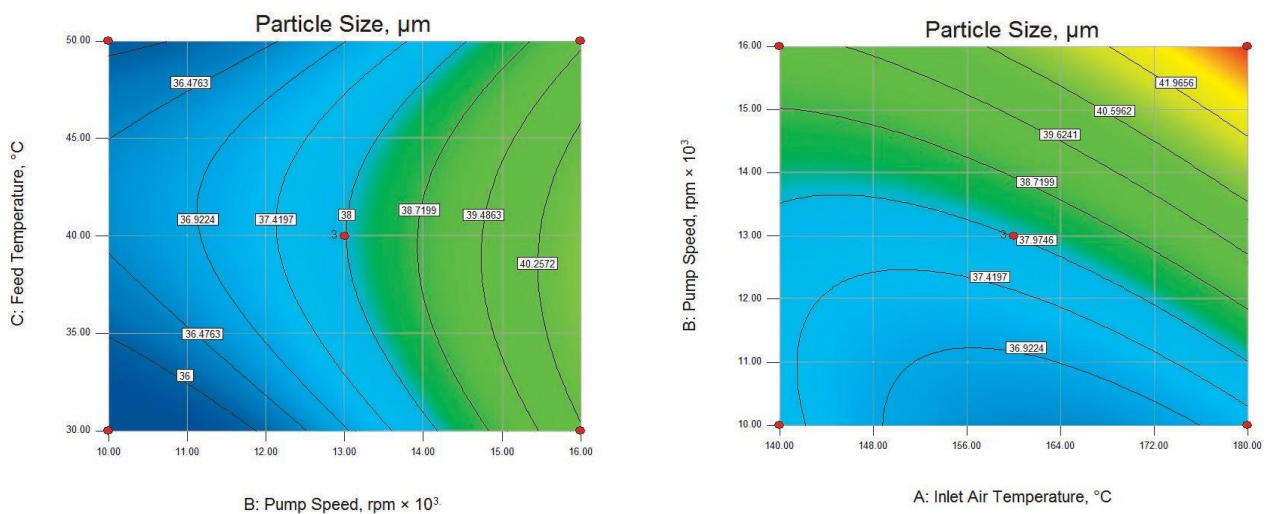


Fig. 3.23. Contour plot of particle size of spray dried as a function of feed temperature and pump speed (left) and pump speed and inlet air temperature (right).

Рис 3.23. Контурний графік розміру частинок сухої частинки як функція температури подачі та швидкості насоса (ліворуч) та швидкості насоса та температури вхідного повітря (праворуч).

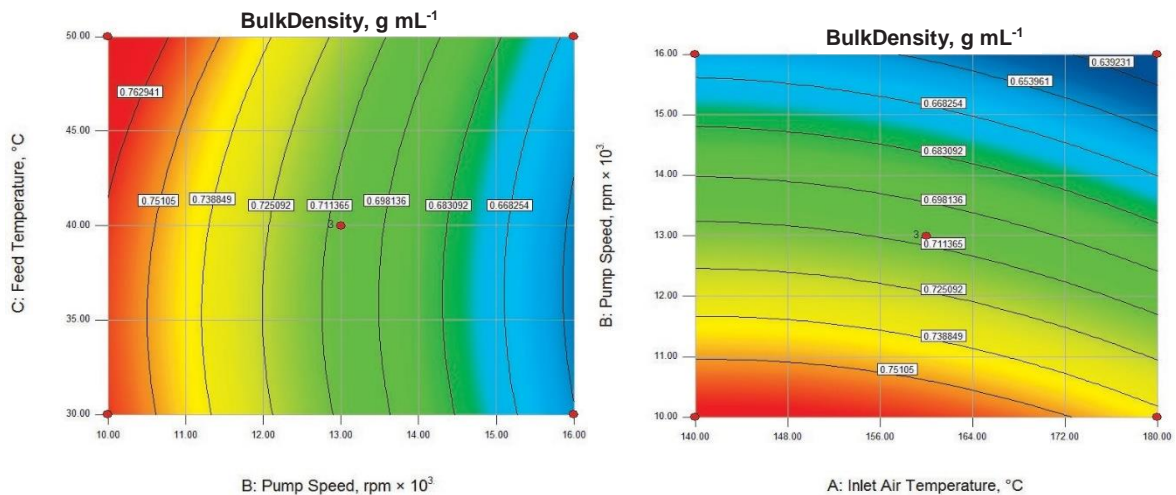


Fig. 3.24. Contour plot of bulk density of spray dried as a function of feed temperature and pump speed (left) and pump speed and inlet air temperature (right).

Рис 3.24. Контурний графік насипної густини сухої частинки, що випускається розпилювачем, в залежності від температури подачі та швидкості насоса (ліва) і швидкість насоса та температура вхідного повітря (права).

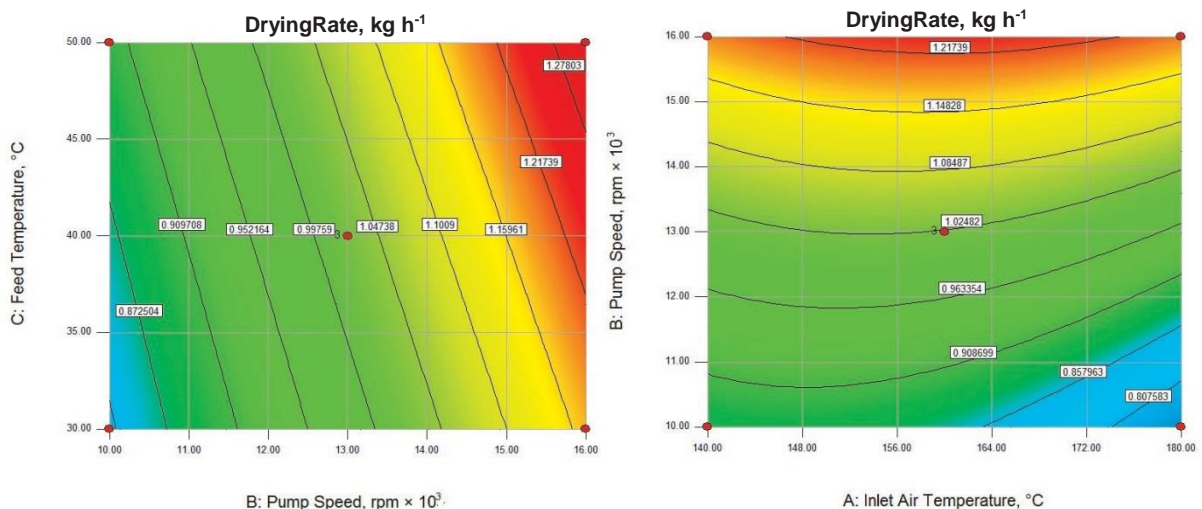


Fig. 3.25. Contour plot of drying rate of spray dried as a function of feed temperature and pump speed (left) and pump speed and inlet air temperature (right).

Рис 3.25. Контурний графік швидкості висушування сухої сироватки як функція температури подачі та швидкості насоса (ліва) та швидкості насоса та температури вхідного повітря (права).

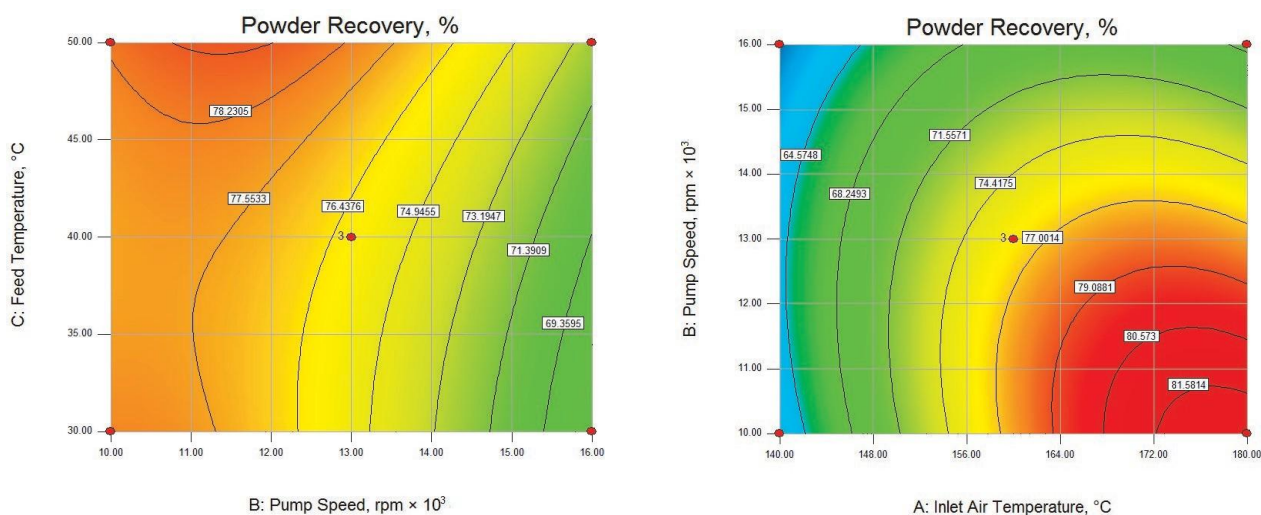


Fig. 3.26. Contour plot of powdered covary of spray dried as a function of feed temperature and pump speed (left) and pump speed and inlet air temperature (right).

Рис 3.26. Контурний графік з відстоювання порошку сухої частинки, що випускається розпилювачем, в залежності від температури подачі та швидкості насоса (ліворуч) та швидкості насоса та температури вхідного повітря (праворуч).

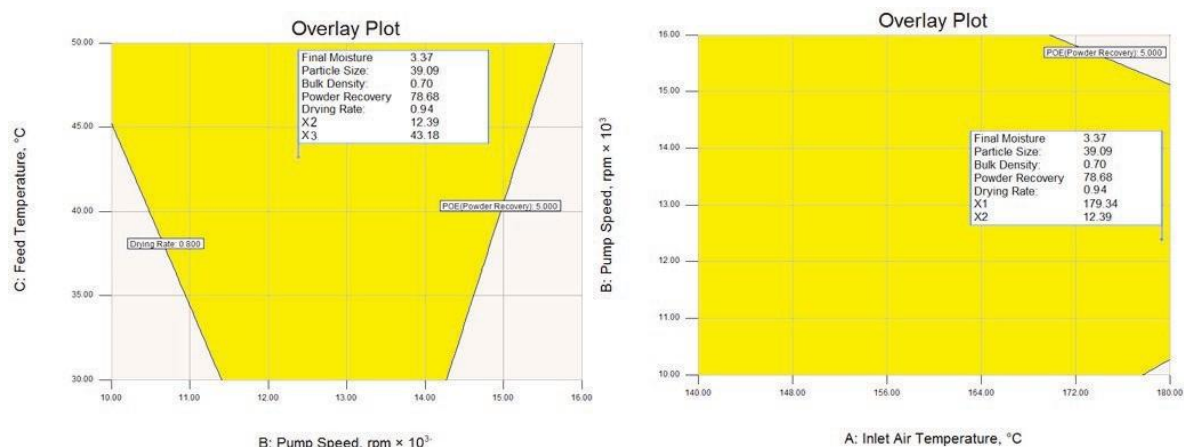


Fig. 3.27. Overlay plot showing the optimum spray drying parameters and predicted values as a function of feed temperature and pump speed (left) and pump speed and inlet air temperature (right).

Рис 3.27. Графіки, що показують оптимальні параметри сушіння порошку, значення як функція температури подачі та швидкості насоса (ліворуч) та швидкості насоса та температури вхідного повітря (праворуч).

Методи дослідження температурних полів в активній зоні розпилюючої камери.

При висушуванні розпиленням важливе значення має гідродинаміка розпилення (характер, швидкість руху частинок і т. ін.), яка впливає на тепло- і масообмін в процесі сушки; при цьому масообмін (зменшення розмірів і маси частинок в результаті випаровування) впливає в свою чергу на гідродинаміку процесу. Важливими є дослідження температурних полів в активній зоні розпилюючої камери, які наближено відображають ефективність взаємодії гідродинаміки розпилу рідкого продукту з аеродинамічними умовами потоку повітря, що надходить до камери в якості теплоносія. Такі дослідження були проведені С.І. Шапіро в [50]. Картина, що зображена на рис. 1, свідчить про досить рівномірний розподіл температури середовища в об'ємі камери, тобто про рівномірне і досить повне змішування газового потоку з факелом рідини. Розпилення суспензії (барвник кубовий голубий) відбувалось за допомогою відцентрових дисків (тип – плоский, закритий, з зубцями). С.І. Шапіро отримані цікаві дані, що характеризують зміну залишкової вологості продукту по висоті сушильної камери. Аналогічні експериментальні дослідження розподілу температур у камері розпилюючої сушарки були виконані Долінським А.А. також для випадку розпилювання рідкої суспензії відцентровим диском (рис. 3.28). Початкова вологість суспензії 75...77,8 %, температура газів на вході 160 °С, температура середовища в камері 75 °С.

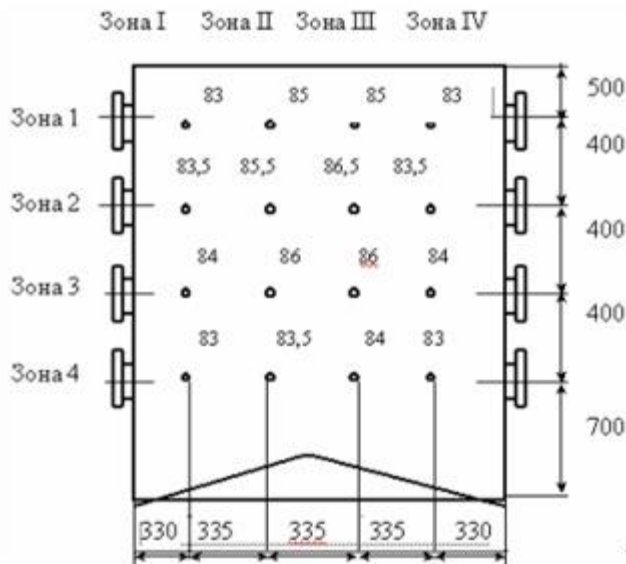


Рис 3.8 Температурне поле (°C) в середньому перерізі сушильної камери розпилювальної установки.

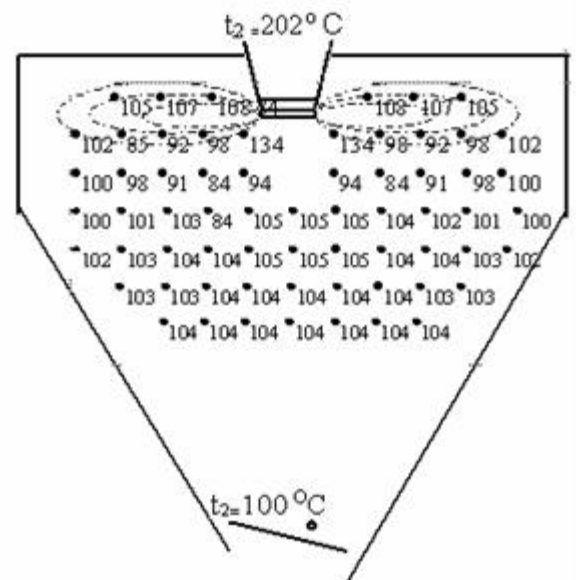


Рис 3.9 Температурне поле розпилювальної камери з дисковим розпиленням.

Методи дослідження гідродинамічних потоків камер розпилюючих сушильних установок.

Відсутність відомостей про аеродинамічну взаємодію потоків у сушильних камерах з відцентровим розпиленням визначило необхідність з'ясування, насамперед, фізичної картини їхнього руху, який можна визначити насамперед в результаті постановки експериментів на реальних сушильних апаратах[36].

Розвиток віялового струменя викликає значні циркуляційні потоки у верхньому й нижньому півпросторах. При цьому обсяг у кожному з них різний: при розташуванні механізму, що розпилює, на кришці апарата надфакельній обсяг менше підфакельного.

Напрямку потоків визначалися як за допомогою візуальних засобів спостереження (димові струмені, шовковинки, фотографування двофазного струменя), так і вимір векторів швидкості або електро-термоанемометром марки ЕЛ-2М, або крильчастим анемометром типу АСО-3-Б. Форма факела розпилення й динаміка її зміни фіксувалися швидкісною кінокамерою СКС-1М при частоті кадрів 1500 кадр/с [36].

Як показали досліди, у нижньому півпросторі спостерігається переважно один режим руху: висхідний потік у центральній частині апарата й спадний по периферійній. У верхній зоні - три якісно різних режими:

а)настильний струмінь, що рухається уздовж кришки апарата від центра до периферії;

б)зворотна циркуляція від периферії до центра;

в)проміжний режим із внутрішнім циркуляційним потоком і настильним струменем у периферійній зоні. Порівняльний аналіз циркуляційних режимів на двофазній краплинно-газовій системі й на однофазному газовому середовищі показав ідентичність якісних картин при $\chi < 0,3$.

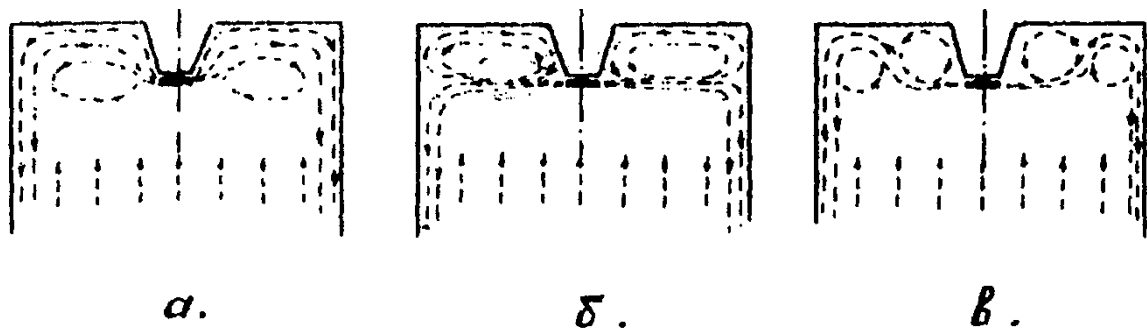


Рис 3.30. Режими руху потоків в навколо-факельних зонах у радіальному перетині сушильної камери *а)настильний струмінь б)зворотна циркуляція в)проміжний режим*

Встановлено, що вирішальне значення при відхиленні факела від горизонтального напрямку має недостатність обсягу, що безпосередньо прилягає до початкової ділянки струменя. Ця недостатність може бути викликана близько розташованими від розпилюючого диска нерухливими поверхнями, що виступають за його діаметр, наприклад, корпусом механізму.

В експериментах показано, що в умовах стисненості й асиметрії обсягів "над" і "під" коренем факела розпилення завжди існує градієнт статичних тисків, спрямований у бік меншого обсягу, що і викликає відхилення факела розпилення від горизонтального положення,

Встановлено, що при концентрації дисперговані домішки в газі $\chi > 1,1$ двофазний віяловий струмінь у дослідженому діапазоні швидкостей зберігає горизонтальну форму навіть за умови асиметричної скрутності.

У такий спосіб для забезпечення горизонтального положення факела розпилення необхідно виключити недостатність об'єму викликану геометрією сусідніх з диском нерухливих поверхонь, або створити значну початкову концентрацію важкої домішки в газі.

Розвиваючись у своїй основній ділянці, вилученій від обмежуючих стін камери, у режимі вільного затопленого струменя, факел розпилення, як зазначено вище, викликає зворотні циркуляційні потоки. Останні являють собою газове середовище з температурою й вологістю практично відповідному відпрацьованому теплоносієві.

Звідси випливає, що зниження вторинної зворотної циркуляції дозволить збільшити тепло- і масообміні потенціали процесу сушіння, скоротити повернення найбільш дрібних фракцій зважених часток матеріалу в початкову фазу процесу, тим самим інтенсифікуючи процес, підвищуючи якість матеріалу й скорочуючи його відкладення па стінках апарата.

Визначення масових витрат газу в циркуляційних потоках, підсмоктуємих у віяловий струмінь, здійснювалось шляхом виміру поля швидкостей у границях відповідних прохідних перетинів. Ці виміри виконувалися за допомогою згаданих вище крильчатого анемометра й електро-термоанемометра.

Розвиток сучасної комп'ютерної техніки та програмного забезпечення дозволяють змоделювати і дослідити рух рідин і газів за допомогою програмних комплексів, без використання дорогих методів, таких як використання промислових зразків обладнання для досліджень і, навіть, використання моделей, чи лабораторних установок.

Пропоную моделювання і дослідження швидкостей і напрямків руху потоків повітря (рух дисперсної фази суттєво не впливає на розподіл потоків внаслідок її малої концентрації) всередині камери сушіння провести за допомогою програмного комплексу ANSYS 18.2 Academic.

Програмний комплекс ANSYS 18.2 Academic призначений для моделювання тривимірних плинів рідини й газу в технічних і природних об'єктах, а також візуалізації цих плинів методами комп'ютерної графіки.

Моделюємі течії містять у собі стаціонарні й нестаціонарні, стисливі, слабо-стисливі й нестисливі потоки рідини й газу. Використання різних моделей турбулентності й адаптивної розрахункової сітки дозволяє моделювати складні рухи рідини, включаючи течії із сильним закрученням, горінням, течією вільною поверхнею.

ANSYS 18.2 Academic заснований на кінцево-об'ємному методі вирішення рівнянь гідродинаміки й використовує прямокутну адаптивну сітку з локальним здрібнюванням.

Для апроксимації криволінійної геометрії з підвищеною точністю ANSYS 18.2 Academic використовує технологію під сітковогорозподілення геометрії. Ця технологія дозволяє імпортувати геометрію із систем САПР і обмінюватися інформацією із системами кінцево-елементного аналізу. Використання цієї технології дозволило вирішити проблему автоматичної генерації сітки - щоб згенерувати сітку, досить задати всього лише кілька параметрів, після чого сітка автоматично генерується для розрахункової області, що має геометрію будь-якого ступеня складності.

Оскільки буде проводитись дослідження руху повітря у камері в цілому де швидкості руху теплоносія з дисперсною фазою невеликі, а високі швидкості руху дисперсної фази і повітря є тільки поблизу, на дуже маленькій відстані від розпилюючого диска, то розрахунки будуть вестись в режимі (підпрограмі CFX). Програма дозволяє визначити швидкість руху повітря, її напрямок, розподіл тисків в камері, час прольоту часток через камеру, їхню дистанцію в процесі експерименту змінювати вхідні параметри, а також оперативно змінювати геометричну форму і розміри обладнання.

Задачею для дослідження є:

- Визначення глибини розташування розпилювального диску в камері сушіння
- Визначення геометричних параметрів конусу газорозподільчого пристрою
- Змодельовати конструкцію газорозподільчого пристрою і визначити вплив радіальної подачі теплоносія на напрямок і розподіл потоків в камері сушіння та час проходження часток продукту від розпилювального диску до зони досушування
- Визначити оптимальну кількість тангенційних підводів. Глибина встановлення їх в сушильному комплексі
- Підібрати такі параметри роботи сушильної установки, які, при збільшенні загальної подачі теплоносія забезпечують необхідний час прольоту частинок продукту через камеру сушіння, для його висушування і при цьому стабільну роботу сушарки
- Змодельовати траєкторії прольоту частинок, визначити параметри тиску в сушильній башні
- Визначити оптимальний параметр температури по сушильній установці
- Визначити траєкторію, дистанцію та час висихання однієї (модельованої до 150 мкм) частинки модельної рідини.

Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування

Прямоточні розпилювальні установки останнім часом стали широко використовуватись у молочній промисловості як в Україні, так і за кордоном.

Сушильна установка (рис. 3.31) складається з вертикальної сушильної камери 1 з конічним дном, циклонів та допоміжних елементів. Циліндрична частина камери має внутрішній діаметр 6 м і висоту 4 м, загальна висота установки — 10,5 м. Внутрішня поверхня камери виготовлена з нержавіючої

сталі, а теплоізоляція зроблена з мінеральної вати та покрита листами алюмінію.

У верхній частині сушильної камери змонтовані повітрерозподільувач 3 і дисковий розпилювач 2, що працює з частотою обертання 200 с⁻¹.

Повітря для сушіння нагрівається в калорифері 13, де тиск пари становить 1·10⁵ Па. Витрата пари — 6231 кг/год, а об'єм поданого повітря — 22316 м³/год. Після калорифера повітря нагрівається до температури 180-200°С і спрямовується до кореня факела розпилу, де потік повітря закручується, щоб співпасти з напрямком руху частинок розпилювального продукту. Згущене молоко подається в сушильну камеру через трубопровід з допомогою насоса 14.

Після того, як частинки продукту втрачають високу початкову швидкість, вони разом з повітрям рухаються по спіралі вниз при температурі 65-85°С.

Відпрацьоване повітря з дрібними фракціями молочного порошку виводиться через трубу 9 в батарею циклонів 7 для очищення. Очищене повітря виводиться в навколишнє середовище за допомогою вентилятора 12.

Молочний порошок потрапляє на перфоровану решітку 15, де знизу подається повітря з температурою 85°С і витратою 3600 м³/год, що сприяє досушуванню найбільших часток в "киплячому шарі". Після цього порошок потрапляє в шнековий розвантажувач 16 і вивантажується в пневмотранспортну лінію 8 нагнітаючого типу.

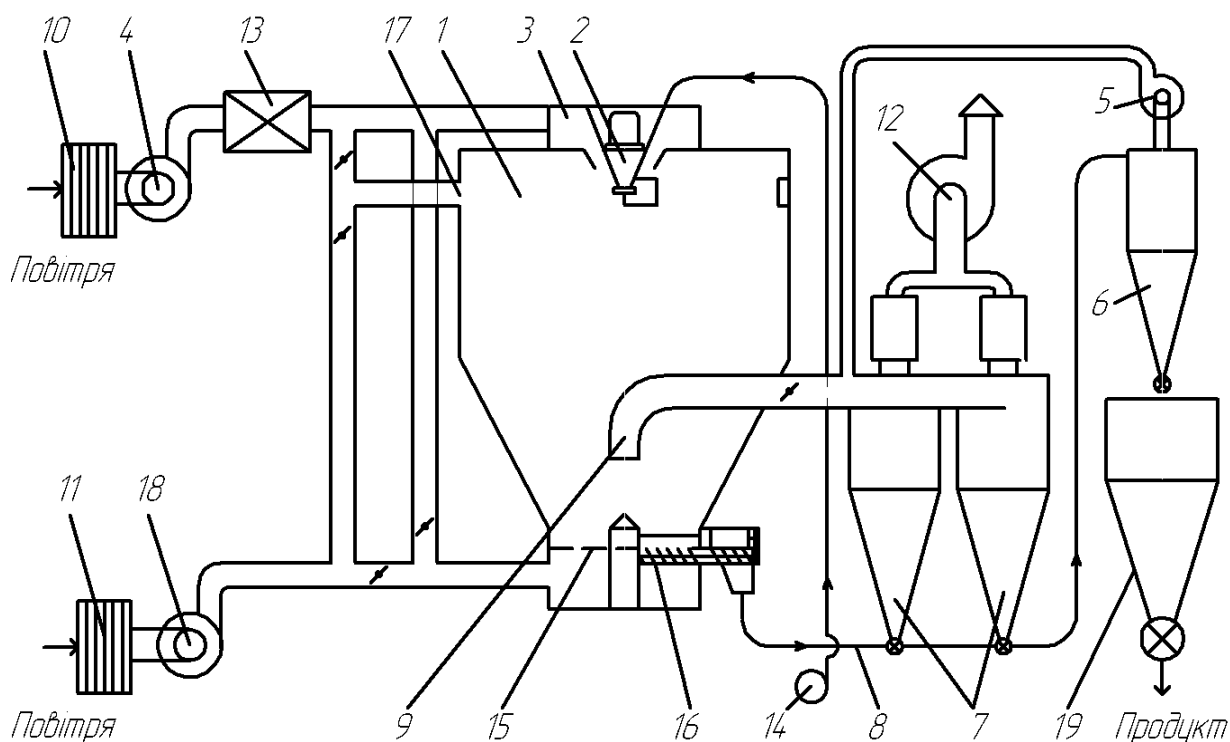


Рис. 3.31 Схема роботи сушильної установки. 1- сушильна камера; 2- дисковий розпилювач; 3-повітрерозподільувач; 4-нагнітаючий вентилятор; 5- середнього тиску; 6-допоміжним вентилятором; 6-циклон розвантажувальний; 7-батарея циклонів; 8-пневмотранспортна лінія; 9-трубу відпрацьованого повітря; 10,11-фільтри очистки повітря; 12-вентилято, яким очищене повітря виводиться в навколишнє середовище; 13-калорифери; 14- насос згущеного молока; 15-перфорована решітка; 16- шнековий розвантажувач; 17- отвори тангенційної подачі повітря; 18-додатковий вентилятор; 19-бункер-накопичувач

Для впорядкування потоків теплоносія через чотири отвори 17, розташовані по периметру камери сушіння на рівні дискового розпилювача подається повітря з температурою 120°C і кількістю $3200 \text{ м}^3/\text{год}$. Для подачі повітря, радіально і в зону досушування, використовується додатковий вентилятор 18. Необхідна температура теплоносія досягається за рахунок змішування повітря, подаваного додатковим вентилятором, і нагрітим повітрям з калорифера, яке регулюється засувками.

Пневмотранспортування сухого молочного порошку здійснюється повітрям, яке збирається в цеху допоміжним вентилятором 5. Перед вентилятором повітря очищується в фільтрах 10 та 11 із змінним елементом з

крепсилона.

В процесі транспортування молочний порошок охолоджується до температури яка на 10-15°C більша за температуру засмоктуваного повітря. В пневмо-транспортну лінію потрапляє також молочний порошок з батареї циклонів 7. Молочний порошок поступає по пневмо-транспортній лінії в розвантажувальний циклон 6, з якого потім подається в бункер-накопичувач 19. У зв'язку з недостатньою очисткою, повітря з розвантажувального циклона повертається в повітре-провід, по якому відпрацьоване повітря з сушильної камери подається в батарею циклонів.

За допомогою шлюзового затвору, що встановлений під бункером-накопичувачем, готовий продукт вивантажується з установки, після чого відбувається фасування в крафт-мішки.

4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок продуктивності модернізованого обладнання

Вихідні дані для розрахунку:

Жирність сироватки, що приймається на заводі і становить – 0,4%; розрахункова кількість змін роботи на ділянці за добу - 2 зміни; розрахункова кількість змін роботи на ділянці за рік - $229 \cdot 2=458$ змін; потужність ділянки по виробництву за зміну складає – $0,9 \cdot 7=6,3$ т.

Назва продукту	Вміст, %		
	Жиру	СЗМЗ	Вологи
Сироватка: з-під кисломолочного сиру під сирна	0,4	8,8	87,83

Необхідна кількість сироватки для отримання 6,3 т сухого продукту в зміну:

$$K_{зм} = 12,4 \cdot 6,3 = 78,12 \text{ т}$$

Вихід сироватки:

$$B_3 = \frac{100(J_B - J_M)}{(J_B - J_3)}, \%$$

Тоді:

$$B_3 = \frac{100(35 - 3,4)}{(35 - 0,05)} = 90,41\%$$

Кількість сироватки направленої на сепарування:

$$K_{M,сен} = \frac{100 \cdot K_{зм}}{B_3}$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	230592.KP.007.004 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/33	

Тоді:

$$K_{M, cen} = \frac{100 \cdot 78,12}{90,41} = 86,41 m / зм$$

Технологічний розрахунок

Приймаємо параметри сушильного процесу:

$\omega_1 = 55\%$ - вологість згущеної сироватки;

$G = 950$ кг/год – продуктивність установки по висушеному матеріалу;

$\omega_2 = 5\%$ - кінцева вологість сироватки.

Знаходимо масу сироватки, яка надходить на сушку:

$$m = \frac{G}{1 - \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}}, \text{ кг / год}$$

Тоді:

$$m = \frac{900}{\frac{100 - 55}{100 - 5}} = 1900 \text{ кг / год}$$

Кількість видаленої вологи при цьому буде:

$$W_1 = m - G = 1900 - 900 = 1000 \text{ кг / год}$$

Знаходимо діаметр сушильної камери:

$$D = 1.05 \cdot \sqrt[3]{\frac{W_1}{q}}, \text{ м}$$

W_1 - годинна продуктивність по випареній волозі;

q - допустима напруга об'єму камери, $q = 4,5$

Тоді:

$$D = 1.05 \cdot \sqrt[3]{\frac{1000}{4,5}} = 6,36 \text{ м}$$

Приймаємо висоту камери:

$$H = 1,2 \cdot D = 1,2 \cdot 6,36 = 7,6 \text{ м}$$

Знаходимо об'єм сушильної камери з рівняння:

$$V_K = \frac{W_1}{A}, \text{ м}^3$$

де: $A = 5 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{г}$ - величина, яка залежить від властивостей матеріалу, температурного режиму сушіння і конструктивних особливостей сушарки.

Тоді:

$$V_K = \frac{1000}{5} = 200 \text{ м}^3$$

Об'єм конічної частини камери буде дорівнювати:

$$V_{\text{кон}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{\text{кон}} (R_K^2 + r_{\text{кон}}^2 + R_K \cdot r_{\text{кон}})$$

Вибираємо висоту конуса сушильної камери: $H_{\text{кон}} = 5 \text{ м}$.

де: R_K - радіус камери, м;

$r_{\text{кон}}$ - найменший радіус конуса, м;

$H_{\text{кон}}$ - висота конуса, м.

Тоді:

$$V_{\text{кон}} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 5 (3,18^2 + 0,5^2 + 3,18 \cdot 0,5) = 62,58 \text{ м}^3$$

Об'єм циліндричної частини сушильної камери знаходимо за наступним рівнянням:

$$V_{\text{ц}} = V_K - V_{\text{кон}} = 200 - 62,58 = 137,42 \text{ м}^3$$

А висота її буде:

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{\frac{\pi}{4} \cdot D_K^2} = \frac{137,42}{\frac{3,14}{4} \cdot 6,36^2} = 4,33 \text{ м}$$

Фактичний об'єм існуючої камери:

$$V_{\text{кон}} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot (3^2 + 0,5^2 + 3 \cdot 0,5) = 45,03 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{ц}} = 3,14 \cdot 3^2 \cdot 4 = 113,03 \text{ м}^3;$$

$$V_K = 113,02 + 45,03 = 158,05 \text{ м}^3.$$

Розрахунок розпилювального диску

При розрахунку запропонованого розпилювача, будемо притримуватись вихідними характеристиками старого розпилювального диску, а саме швидкістю вильоту краплі з диску $\omega_n = 150$ м/с, діаметром краплі $d < 50$ мкм, та дальністю польоту краплі, що обмежується радіусом камери 3м. Швидкість обертання диску з 12000об/хв.

Діаметр розпилювача знаходимо за формулою:

$$D = \frac{\omega}{\pi \cdot n}$$

де: n - кількість обертів диску, об/с.

Тоді:

$$D = \frac{60 \cdot 1503}{3,14 \cdot 12000} \approx 0,25 \text{ м} = 250 \text{ мм.}$$

Існує ряд формул, що дозволяють знайти діаметр або радіус факела розпилу, одним з яких є вираз:

$$R_\phi = \frac{21,7 \cdot d \cdot \rho_M^{cp}}{C \cdot \rho_n} \cdot \lg \frac{\omega_n}{\omega_k}$$

де: ω_n - початкова швидкість польоту каплі м/с,

$\omega_n = 150$ м/с; ω_k - кінцева швидкість падіння каплі; $\omega_k = 0,5$ м/с;

ρ_M^{cp} - середня густина розпилюваного молока, кг /м³

$$\rho_M^{cp} = \frac{\rho_M^s + \rho_M^k}{2}$$

ρ_M^n , ρ_M^k - густина молока на початку та в кінці процесу, кг/м³.

$\rho_M^n = 1080$ кг/м³, $\rho_M^k = 800$ кг/м³.

Тоді:

$$\rho_M^{cp} = \frac{1080 + 800}{2} = 940 \text{ кг/м}^3;$$

C - коефіцієнт; $C = 1,3$;

ρ_n - густина повітря; $\rho_n = 1,27$ кг/м³;

d - діаметр краплі, м;

Діаметр краплі при дисковому розпиленні знаходять за формулою:

$$d = \frac{98,5}{n} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\rho_m \cdot R_d \cdot g}}$$

де: σ - поверхневий натяг, Н/м;

R_d - радіус диска;

Тоді:

$$d = \frac{98,5}{12000} \cdot \sqrt{\frac{0,042}{1080 \cdot 0,125 \cdot 9,81}} = 0,000046 \text{ м} = 46 \text{ мкм}$$

Якщо врахувати діаметр краплі 46 мкм, тоді довжина польоту краплі буде:

$$R_\phi = \frac{21,7 \cdot 46 \cdot 10^{-6} \cdot 940}{1,3 \cdot 1,27} \cdot \lg \frac{150}{0,5} = 1,4 \text{ м}$$

Бачимо, що середня відстань польоту краплі менше радіусу камери 3м. Діаметр каналу сопел знаходимо за формулою:

$$d_c = 18,8 \sqrt{\frac{m}{i \cdot \rho_m \cdot \omega}}$$

де i - кількість сопел; $i=6$;

Тоді:

$$d_c = 18,8 \sqrt{\frac{1900}{6 \cdot 1080 \cdot 150 \cdot 3600}} = 0,014 \text{ м} = 14 \text{ мм};$$

Кінематичний розрахунок

Розрахунок приводу розпилювача

Знаходимо потрібну потужність на валу розпилювача:

$$N = \frac{(k_0 \cdot 0,25 \cdot 150 + 0,37 \cdot 1900) \cdot 10^{-4} \cdot 150}{\eta_m};$$

де k_0 - дослідний коефіцієнт, рівний 35-55;

D -діаметр диску, м;

ω - колова швидкість диску, м/с;

η_m - механічний ККД.

Тоді:

$$N = \frac{(50 \cdot 0,25^2 \cdot 150 + 0,37 \cdot 1900) \cdot 10^{-4} \cdot 150}{0,83} = 20,3 \text{кВт};$$

Потужність затрачену на опір сопел знаходимо з дослідних даних проведених МТІХП, при швидкості обертання 1200 об/хв та довжиною сопла 0,075 м, потужність на одне сопло становить 100 Вт, знайдемо повну потужність:

$$N_p = N + 8 \cdot N_{сопла} = 20,3 + 6 \cdot 0,1 = 20,9 \text{кВт}$$

Знаходимо крутний момент на валу розпилювача:

$$T_p = 9550 \frac{N_p}{n_p} = 9550 \frac{20,9}{12000} = 16,63 \text{Нм}$$

Знаходимо потужність на валу електродвигуна:

$$N_{дв} = \frac{N_p}{\eta_1 \cdot \eta_2}$$

де: $\eta_1 = 0,99$ - ККД пари підшипників;

$\eta_2 = 0,96$ - ККД зубчастої передачі;

Тоді:

$$N_{дв} = \frac{20,9}{0,99 \cdot 0,96} = 21,99 \text{кВт}$$

Вибираємо електродвигун 4А 180S2Y3; потужністю $N_{дв} = 22$ кВт, частотою обертання $n_{дв} = 2945$ об/хв, ККД двигуна $\eta = 88,5\%$.

Знаходимо крутний момент на валу електродвигуна:

$$T_p = 9550 \frac{N_p}{n_p} = 9550 \frac{22}{2945} = 74,33 \text{Нм}$$

Тепловий розрахунок сушки

Вихідні дані для розрахунку:

продуктивність сушильної установки по випареній волозі кг/год - 1000;

температура повітря в цеху °С - 20; температура гарячого повітря, що поступає

в сушильну камеру: у верхню частину посередині °С - 190; верхню частину радіально °С - 120; до перфорованої решітки °С - 80; температура гарячого повітря, що виходить з сушильної камери °С - 75; початкова вологість знежиреного молока % -55; кінцева вологість сухого знежиреного молока % - 5. Кількість теплоти, затраченої на сушіння знаходимо по кількості теплоти Q , необхідної для нагрівання повітря в калорифері:

$$Q = G_n(I_1 - I_0)$$

де I_0, I_1 , - ентальпія повітря калорифера на вході і на виході з нього, кДж/кг; G_n - кількість повітря для висушування, кг; Кількість повітря з врахуванням співвідношення подачі повітря у верхню та нижню частини камери знаходимо за формулою:

$$G_{II} = \frac{1000 \cdot W}{\frac{7}{8}(d_2 - d_1) + \frac{1}{8}(d_{2д} - d_1)}$$

де W - кількість випареної вологи в сушильній камері;

d_2, d_1 - вологість повітря, що виходить з сушильної камери і що входить в неї, 1г вологи на 1кг сухого повітря.

По температурі та відносній вологості повітря знаходимо точку, що характеризує основні параметри повітря перед забором його в калорифер сушильної установки. При температурі повітря 20°С і відносній вологості $\varphi=70\%$, на перетині цих двох ліній отримаємо точку А, по якій знаходимо вологовміст $d_o=10$ г/кг сухого повітря і ентальпію $I_o=45$ кДж/кг. Далі повітря поступає в калорифер, де нагрівається при постійному вологовмісті до $t_o=190^\circ$. Середня температура, що надходить до верхньої частини камери:

$$t_o=190-(190-120) \cdot 0,13 = 181^\circ\text{C}$$

де 0,13 – встановлене за результатами досліджень співвідношення повітря, яке поступає радіально до повітря, яке надходить по центру.

В результаті перетину лінії $d_o=10$ г/кг сухого повітря з ізотермою $t=181^\circ\text{C}$ отримаємо точку В, що характеризує параметри повітря на виході з калорифера

і вході в сушильну камеру ($d_0=10$ г/кг сухого повітря, $I_1=210$ кДж/кг сухого повітря).

При теоретичному процесі сушки повітря, що поступає в сушильну камеру, віддає тепло на випаровування вологи з матеріалу і сприймає його назад разом з випареною вологою, тому в процесі сушки ентальпія повітря залишається незмінною. Знаючи кінцеву температуру повітря, що виходить з сушильної камери, можна отримати на перетині лінії $I_{1теор}=210$ кДж/кг сухого повітря і лінії $t_2=75^\circ\text{C}$ точку С, що характеризує параметри повітря на виході з сушки ($d_{2теор}=51$ г/кг сухого повітря, $I_{2теор}=210$ кДж/кг).

Таким чином, отримані основні дані для знаходження теоретичної витрати повітря і теплоти на нагрівання повітря. Але процес сушки супроводжується втратами теплоти, з урахуванням яких визначають дійсне положення точки С' на $I - d$ діаграмі (рис.4.2). Цю точку можна знайти, відкладаючи на діаграмі втрати теплоти, розраховані аналітично. Розрахунок втрат показує, що дійсні витрати тепла на 15 — 20% більші від теоретичного.

Приймаємо втрати 16%, тобто:

$$Q_B = (I_1 - I'_0) \cdot 0,84 = (210 - 100) \cdot 0,16 = 17,6 \text{ кДж/кг сух. повітря}$$

Відкладаємо по ізотремі $t_2=75^\circ\text{C}$ пряму, довжиною 26,4кДж/кг сух. повітря і знаходимо точку С', що характеризує параметри повітря на виході з сушарки ($d_2=45$ г/кг сухого повітря, $I_2=192,4$ кДж/кг) при реальному процесі сушки.

Для зони досушування.

Точка А_д ($d_0=10$ г/кг сухого повітря ; $I_0=45$ кДж/кг); точка В_{дт} ($d_{0m}12,1$ г/кг сухого повітря ; $I_{0m}=105$ кДж/кг)

Врати теплоти 16%, тобто:

$$Q_B = (I_{1д} - I'_{0д}) \cdot 0,84 = (105 - 100) \cdot 0,16 = 0,8 \text{ кДж/кг сух. повітря}$$

Точка С' _д ($d_{2д}=12$ г/кг сух. пов. 104,2 кДж/кг)

Кількість повітря для сушіння:

$$G_{II} = \frac{1000 \cdot 1000}{\frac{7}{8}(45 - 10) + \frac{1}{8}(12 - 10)} = 32390 \text{ кг}$$

Кількість теплоти, затраченої на сушіння.

У верхній зоні:

$$Q_B = \frac{7}{8} \cdot 32390 \cdot (192,4 - 45) = 4,178 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

У нижній зоні:

$$Q_H = \frac{1}{8} \cdot 32390 \cdot (104,2 - 45) = 0,234 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

Загальна кількість теплоти:

$$Q = Q_B + Q_H = 4,178 \cdot 10^6 + 0,234 \cdot 10^6 = 4,412 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

Витрати пари D на нагрівання повітря розраховуємо за формулою:

$$D = \frac{Q}{(i_n - i_k) \cdot \eta}$$

де i_n, i_k - ентальпія гріючої пари і конденсата, кДж/кг;

$\eta = 0,95$ - ККД калорифера;

За температурою конденсату $t_k = 146^\circ\text{C}$ і його теплоємністю $c = 4,2 \text{ кДж/кг}$

знаходимо ентальпію конденсату:

$$i_k = 146 \cdot 4,2 = 613,2 \text{ кДж/кг};$$

За температурою гріючої пари $i_{гп} = 247^\circ\text{C}$ і її теплоємністю $c = 5,5 \text{ кДж/кг}$

знаходимо ентальпію гріючої пари:

$$i_n = 247 \cdot 5,5 = 1358,5 \text{ кДж/кг};$$

тоді витрати пари:

$$D = \frac{4,412 \cdot 10^6}{(1358,5 - 613,2) \cdot 0,95} = 6231 \text{ кг/год}$$

Термічний коефіцієнт розпилювальної сушильної установки знаходимо за формулою:

$$\tau = \frac{t_{вих.к} - t_{вих.с.б.}}{t_{вих.к} - t_{вх.к}}$$

Де $t_{вих.к}, t_{вх.к}, t_{вих.с.б.}$ - відповідно температура повітря, що виходить з калорифера; що входить у калорифер, а також температура повітря, яка виходить з сушильної башти, $^\circ\text{C}$

$$\tau = \frac{190 - 75}{190 - 20} = 0,676$$

Важливими показниками процесу сушіння є кількість вологи, що видаляється з продукту $B_{вид}$, і розраховується за формулою:

$$B_{вид} = B_I - B_p$$

де B_I - початкова вологість згущеного молока %, $B_I=55\%$, B_p - рівноважна вологість сухого молока

$$lgB_p = 0,01445 \cdot \varphi_n + lg(1.423 + 0,00543 \cdot t)$$

де φ_n - відносна вологість повітря, %;

t - температура повітря, °C;

$$lgB_p = 0,01445 \cdot 70 + lg(1.423 + 0,00543 \cdot 20) = 1.2$$

Тоді:

$$B_{вид} = 55 - 1,2 = 53,8\%$$

Перевірочний розрахунок нагнітаючого вентилятора.

Вихідні дані для розрахунку:

Визначимо кількість повітря, яке необхідно нагріти у калорифері з 20°C ($i_g=45$ кДж/кг сух.пов.) до 190°C ($i_g=220$ кДж/кг сух.пов.) для передачі теплоти, необхідної для технологічного процесу за дійсному вологовмісті $d=10$ г/кг сух.пов.

$$G_{II} = \frac{Q}{i_g - i_k} = \frac{4,412 \cdot 10^6}{220 - 45} = 25211 \text{ кг / год}$$

$$Q_{II} = \frac{25211}{1.27} = 19851 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Тиск - 250 кПа=2,3кг/м²; встановлено вентилятори відцентрового типу Ц4-70 №6.

Знаючи повний тиск, що розвивається вентилятором, знайдемо динамічний та статистичний тиск.

Величина динамічного тиску - приймаємо 15-40% від повного:

$$P_{дин} = \frac{250 \cdot 15}{100} = 37,5 \text{ кПа}$$

Величина статистичного тиску буде дорівнювати:

$$P_{\text{дин}} = 250 - 37,5 = 212,5 \text{кПа}$$

Знаходимо швидкість повітря в нагнітаючому вентиляторі:

$$C = \sqrt{\frac{2g \cdot P_{\text{дин}}}{\gamma}};$$

де $\gamma = 1,27 \text{ кг/м}^3$ - питома вага 1 м^3 повітря при температурі 20°C .

Тоді:

$$C = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 37,5}{1,27}} = 24 \text{ м/с}$$

Знайдемо переріз вихідного штуцера:

$$F = \frac{Q_p}{C} = \frac{19851}{3600 \cdot 24} = 0,23 \text{ м}^2$$

Колова швидкість ротора, необхідна для створення тиску 250 кПа , знаходиться за формулою:

$$P = \varphi \frac{\omega_p^2}{g} \gamma$$

де φ — коефіцієнт, що залежить від форми лопастей; у вентиляторів Ц4-70 лопасті радіальні, тому ($\varphi = 0,7-0,9$, тоді швидкість буде дорівнювати:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{gP}{\varphi\gamma}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 250}{0,7 \cdot 1,27}} = 52,5 \text{ м/с}$$

Знаходимо частоту обертання ротора і його діаметр, використовуючи співвідношення, так як:

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60} = 52,5 \text{ м/с}, \text{ то}$$

$$D_2 n = 60 \cdot 52,5 / \pi = 1003,2; \quad D_2 = D_1 / m;$$

де D_2 - зовнішній діаметр ротора, м; D_1 - діаметр внутрішнього кола ротора, м; m - коефіцієнт, що залежить від величини тиску. Для вентиляторів середнього тиску $m = 0,5-0,85$. Тоді:

$$D_2 n = \frac{D_1 n}{m}; \text{ звідки}$$

$$D_1 = A \sqrt[3]{\frac{Q_{II}}{n}}, \text{ де } A=3,24 \text{ — } 4$$

Вирішуємо систему рівнянь:

$$D_1 n = D_2 n \cdot m = 1003,2 \cdot 0,85 = 853$$

$$D_1 = 3,24 \sqrt[3]{\frac{19851}{3600 \cdot n}}; \quad n = 853 / 0,85 = 1003,5$$

звідси маємо,

$$D_1 = 3,24 \sqrt[3]{\frac{19851}{3600 \cdot 1003,5}} = 0,57 \text{ м}$$

Приймаємо $D_2=600\text{мм}$, що відповідає діаметру колеса вентилятора Ц4-70

Перерахуємо частоту n і діаметр D_1 :

$$n = \frac{D_1 n}{D_1} = \frac{853}{0,6} = 1422,7 \text{ хв}^{-1}, \text{ де } A = D_2 \cdot m = 0,6 \cdot 0,85 = 0,51 \text{ м};$$

Висота лопаті в зігнутому вигляді:

$$Z = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{0,6 - 0,51}{2} = 0,045 \text{ м}$$

Число лопастей:

$$n_1 = \frac{\pi \cdot D_2}{k} = \frac{3,14 \cdot 0,6}{0,15} = 7,5$$

Приймаємо 8 лопастей.

Характеристика відцентрового вентилятора Ц 4-70 №6:

$$G=20000 \text{ м}^3/\text{год} \quad \eta = 0,55$$

$$P=2,3 \text{ кг/м}^2 \quad N=14 \text{ кВт}$$

$$n=1423 \text{ хв}^{-1} \quad D_2= 600 \text{ мм}$$

Для приводу даного вентилятора підходить двигун 4А160S4Y3 потужністю $N=15 \text{ кВт}$, $n=1465 \text{ хв}^{-1}$.

Перевірочний розрахунок циклонів

Вихідні дані для розрахунку: кількість повітря, що очищується

$$Q_{II} = \frac{32390}{1,27} = 25504 \text{ м}^3 / \text{с};$$

встановлено два циклона.

Оскільки циклонів встановлено два, то кількість очищувального повітря одним циклоном за одну годину роботи дорівнює $25504/2=12752\text{м}^3/\text{год}$.

Необхідна площа перерізу циліндричної частини циклона:

$$F = \frac{Q_{\Pi}}{3600 \cdot \varpi_{opt}};$$

де ϖ_{opt} - оптимальна швидкість повітря в циклоні, $\varpi_{opt} = 1,68\text{м/с}$;

Тоді:

$$F = \frac{12752}{3600 \cdot 1,68} = 2,11\text{м}^2;$$

Діаметр циклона знаходимо з формули:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,11}{3,14}} = 1,64\text{м}$$

Найближчий стандартний діаметр циклона $D=1,8\text{м}$, тому ставимо два циклона $d=1800\text{мм}$ по ГОСТ 2602-795-80.

Перевірочний розрахунок калорифера для підігрівання повітря, яке подається в сушильну камеру.

Вихідні дані для розрахунку: кількість повітря, що подається в сушильну камеру, $G_{\Pi}=19851\text{м}^3/\text{год}$; початкова температура повітря $t_n = 20^{\circ}\text{C}$; кінцева температура повітря $t_k = 190^{\circ}\text{C}$; теплоносій - пар з температурою $t=247^{\circ}\text{C}$ і тиском $P=1,1\text{МПа}$; витрата тепла на нагрівання повітря $Q=4,412 \cdot 10^6\text{кДж/год}$

Знаходимо секундну витрату тепла на нагрівання повітря:

$$Q' = \frac{Q}{3600} = \frac{4,412 \cdot 10^6}{3600} = 1226\text{кДж/с};$$

Необхідний переріз в калорифері для проходження повітря:

$$f = \frac{G \cdot \rho_n}{V}$$

де V - вагова швидкість повітря $\text{кг/м}^2\text{с}$. Приймаємо за економічними міркуваннями в границях $7-12\text{кг/м}^2\text{с}$, тоді:

$$f = \frac{19851 \cdot 1,27}{3600 \cdot 12} = 0,58 \text{ м}^2;$$

По отриманому живому перерізу вибираємо калорифер КФБ №11: поверхня нагріву - $69,6 \text{ м}^2$;

живий переріз повітря - $0,7 \text{ м}^2$;

живий переріз по теплоносію – $0,185 \text{ м}^2$;

кількість пластин - 2052;

кількість трубок - 72.

Знаючи дійсний живий переріз f_d калорифера, уточнюємо вагову швидкість повітря:

$$V = \frac{19851 \cdot 1,27}{3600 \cdot 0,7} = 10 \text{ кг} / \text{ м}^2 \text{ с};$$

Знаходимо площу гріючої поверхні необхідну для нагрівання повітря від 20 до 190°C :

$$F' = \frac{Q'}{K(t_{cp,m} - t_{cp,n})}$$

де $t_{cp,n}$ - середня температура повітря, $^\circ\text{C}$

$$t_{cp,n} = \frac{t_n + t_\kappa}{2} = \frac{20 + 190}{2} = 105^\circ\text{C},$$

$t_{cp,m} = 247^\circ\text{C}$ - середня температура теплоносія;

K - коефіцієнт теплопередачі, для калорифера з теплоносієм - пар знаходимо за формулою:

$$K = 14,1(V)^{0,366} = 14,1 \cdot 11,18^{0,366} = 34,1 \text{ Вт} / \text{ м}^2 \text{ К} = 0,034 \text{ кВт} / \text{ м}^2 \text{ К}$$

Тоді:

$$F' = \frac{1226}{0,0341 \cdot (247 - 105)} = 253,19 \text{ м}^2;$$

Так як необхідна гріюча поверхня більша гріючої поверхні калорифера КФБ №11, то необхідно встановити декілька таких калориферів послідовно.

Визначимо число калориферів, встановлених послідовно:

$$n = \frac{F'}{F} = \frac{253,19}{69,6} = 3,64$$

Приймаємо 4 калорифера. Визначимо установчу поверхню:

$$F^l = 4 \cdot 69,6 = 278,4 \text{ м}^2; \text{ запас } 9\%.$$

Розрахунок теплової ізоляції.

Теплова ізоляція - один із основних факторів зменшення втрат теплоти та економії палива. З точки зору охорони праці і ТБ термоізоляція слугує ефективним засобом для зниження температури в приміщеннях і застереження обслуговуючого персоналу від опіків.

Теплоізоляція - її товщина повинна бути такою, щоб температура на її поверхні була не більше 50°C.

Визначення товщини ізоляційного шару по гранично допустимих або по заданих теплових витратах для апаратів з діаметром більше 3м здійснюють за формулою:

$$\delta = \frac{\lambda \cdot (t_1 - t)}{q_n},$$

де t_1 - температура під ізоляцією, переважно приймається рівною температурі теплоносія, $t_1 = 190^\circ\text{C}$;

t - температура на поверхні ізоляції, $t = 20^\circ\text{C}$;

q_n - задані або гранично допустимі втрати з 1 м^2 поверхні ізоляції, $q_n = 162 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, при $t_1 = 190^\circ\text{C}$;

λ - коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати, $\lambda = 0,095 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

Тоді:

$$\delta = \frac{0,095 \cdot (190 - 20)}{162} = 0,0996 \text{ м} = 99,6 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100мм

4.2. Підбір конструкційних матеріалів.

При виборі матеріалів для виготовлення деталей обладнання харчової промисловості слід враховувати наступні вимоги:

- допустимість контакту з оброблюваною сировиною;
- надійність та довговічність вузлів обладнання;
- економічну доцільність.

У нашому випадку потрібно підібрати матеріали для виготовлення деталей сушильної камери розпилювальної сушарки для сушіння молочних продуктів.

Сушильна камера – це циліндрично–конусна місткість, де протікає процес сушіння продукту. В камеру одночасно подається теплоносій та розпилюється молочна сироватка. Основними вузлами камери сушіння є:

- розпилювач;
- внутрішній шар камери;
- теплова ізоляція;
- зовнішній шар;
- несуча конструкція та елементи огороження;
- перфорована решітка та трубопроводи подачі та виводу теплоносія.

Оскільки всі елементи камери крім теплової ізоляції та несучих конструкцій контактують з харчовим продуктом та змочується мийними та дезінфікуючими розчинами, необхідно забезпечити виготовлення розпилювача, внутрішніх та зовнішніх стінок камери, перфорованої решітки та елементів огороження з корозійностійких матеріалів.

Для виготовлення цих елементів конструкції вибираємо корозієстійку сталь 12X18H10T (AISI 321).

Сталь 12X18H10T застосовується для зварних конструкцій та деталей, що працюють у розбавлених розчинах азотної, оцтової, фосфорних кислот, розчинах лугів і солей.

Табл.4.2.1

Хімічний склад у % сталі 12X18H10T (ГОСТ 5632-72)								
C	Mn	Si	Ti	Ni	Cr	P	Cu	S
		не більше						
до 0,18	2,0	0,8	0,8	11,0	19,0	0,035	0,3	0,02

Механічні властивості після гартування у воді: $\sigma_B=530\text{Мпа}$, $\sigma_T=205\text{Мпа}$, $\delta=40\%$.

Але, розпилювач ще й обертається зі швидкістю 12000 об/хв. Для зменшення вібрацій, і, внаслідок цього, навантаження на всі елементи конструкції розпилювального пристрою, для виготовлення розпилювача обираємо титановий сплав ОТ-4.

Для виготовлення валів, елементів привідних передач розпилювального пристрою сталь 45, оскільки вказані деталі піддаються знакозмінним динамічним навантаженням. Застосовується для виготовлення валів, валів-шестерень, колінчатих і розподільних валів, шестерень, шпинделів, бандажів, циліндрів, кулачків та ін..

Табл.4.2.2

Хімічний склад у % сталі 45 (ГОСТ 1050-88)								
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42-0.5	0.17-0.37	0.5-0.8	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.08

Для виготовлення несучих конструкцій, які знаходяться проміж внутрішніми та зовнішніми стінками камери призначаємо мало вуглецеву сталь звичайної якості Ст.3, що застосовується для мало навантажених елементів зварних та інших конструкцій, що працюють в інтервалі температур від -10 до 400°C.

Табл 4.2.3

Хімічний склад у % Ст.3 (ГОСТ 380—71)								
C	Mn	Si	P	Cr	Ni	Cu	As	
		не більше						
0,14—0,22	0,30—0,60	0,07	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Для теплової ізоляції використовуємо мінеральну вату.

Перелік матеріалів використаних в сушильній камері.

Табл 4.2.4

Найменування матеріалу, марка	Стандарт	Деталі обладнання	№ та дата дозволу МОЗ України
Сталь 12Х18Н10Т	ГОСТ 5632-72	Транспортувальні доріжки,	126-14/1461-3 16.06.72
Сталь 45	ГОСТ 1050-88	Вали, зірочки, ролики	08С/5-7-12В 18.07.63
Ст.3	ДСТУ 2651-94	Дистанційні втулки, корпуси підшипників, кришки, елементи каркасу	126-14/1154-3 17.05.71
Титановий сплав ОТ-4	ГОСТ 26492-85	Деталі сепараційного та газотурбінного обладнання	126-14/1754-3 09.05.87
Алюмінієвий сплав AISI91	EN 573-1: EN AW-6060	Деталі пневмомолотка	126-14/1953-3 08.03.99

4.3. Розрахунок надійності різьбових з'єднань на ударне навантаження

Основна задача розрахунку різьбових з'єднань на ударне навантаження - визначення динамічної сили, що діє на болт при ударі. Розрахунок реальних систем на ударне навантаження пов'язаний із великими труднощами (урахування пружних контактних і пластичних деформацій, загальний опис хвильових процесів і т.д.), тому для інженерного розрахунку обмежимося наближеним енергетичним методом. Проаналізуємо удар поршня масою $m=2,4\text{кг}$ об кришку пневмомолотка, закріплену 4 гайками.

Спочатку знехтуємо масою кришки і її податливістю і будемо вважати, що вся кінетична енергія удару поршня переходить у потенційну енергію деформації різьбового з'єднання.

Кінетична енергія поршня, (енергія удару)

$$U_y = 0,5mv_0^2 = 0.5 \cdot 2.4 \cdot 1^2 = 1.2 \text{ кГм}^2/\text{сек}^2$$

При впливі динамічної сили F деталі стику одержують зсув (в умовах щільного стику)

$$\Delta = F_{\text{дин}} \cdot \lambda_b = 5,7 \cdot 0,0000139 = 0,000079 \text{ мм}$$

$$\text{Де } \lambda_b = \frac{l_b}{E_b \cdot A_b} = \frac{15}{215 \cdot 10^3 \cdot 50.2} = 0.00000139 \text{ – коефіцієнт податливості}$$

шпильки

l_b – довжина різьбової частини шпильки

E_b – модуль пружності матеріалу шпильки

A_b – площа поперечного перерізу болта

Прирівнюючи роботу динамічної сили до кінетичної енергії поршня, маємо рівняння

$$U_y = (F_{\text{дин}} \cdot \lambda_b) / 2$$

Відзначимо, що динамічна сила не залежить від початкового затягування

$$F_{\text{дин}} = \sqrt{\frac{2U_y}{\lambda_b}} = 5.7 \text{ кН}$$

З аналізу цієї формули випливає, що для зниження ударних динамічних сил, що діють на стрижень, необхідно збільшувати податливість деталей системи стрижня. При збільшенні податливості деталей системи корпусу загальна сила $F_{\text{дин}}$ зменшується, проте навантаження на болти зростають.

З табличних даних допустиме навантаження на зрив різьби шпильки при ударі поршня об кришку передню = 8,4 кН \geq 5,7 кН

4.4. Технологія машинобудування

Розроблення технологічного маршруту складання пневмомолотка

Для початку ознайомимося з його складовими частинами та конструкцією, що наведена на рис.4.4.1.

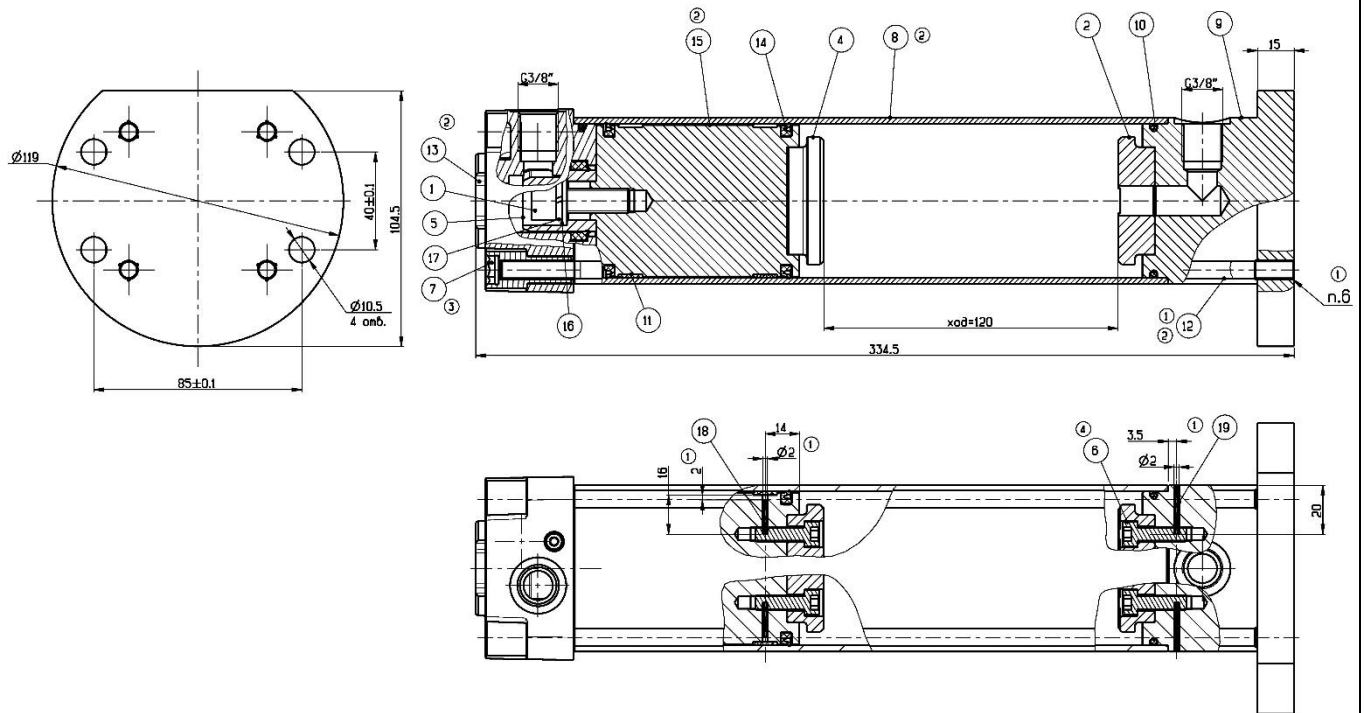


Рис.4.4.1 Пневмомолоток

Пневмомолоток складається з поршня який виконує функцію удару, кришки гільзи стандартного пневмоциліндра $\varnothing 63\text{мм}$, набору ущільнень та кришок як герметизують цю систему для подачі стисненого повітря. Склад пневмомолотка представлено в табл.4.4.1.

Табл.4.4.1. Складові пневмомолотка.

Номер позиції деталі	Назва деталі	Матеріал	Кількість деталей
1.	Гвинт М10х30 8.8 zn DIN 912 (ГОСТ 11738)	-	1
2.	Вставка	40X13	1
4.	Вставка	40X13	1
5.	Втулка демпферна	AL EN AW 2011 – EN 573-3	1
6.	Гвинт М6х20 10.9 ZN DIN 912	-	4
7.	Гайка шпильки 63-40-11/8	-	4
8.	Гільза 73-B472-A000 L=243	AL-TUBO-68x2,5 анодований профіль	1
9.	Кришка передня	Сталь 20	1
10.	Кільце 63-19-11/4	NBR 70 SHORE	1
11.	Кільце направляюче	PA LATILUB 66-01M G/30	2
12.	Шпилька	АХТ-TONDO-7,1 сталь неіржавна	4
13.	Кришка задня	Алюмінієвий сплав AISI91	1
14.	Манжета поршня	-	2
15.	Поршень	Сталь 45	1
16.	Шайба 10 ГОСТ 11371-78	-	1
17.	Шайба пружинна 10 ГОСТ 6402	-	1
18.	Штифт пружинний 2x14 DIN1481	-	2
19.	Штифт пружинний 2x20 DIN1481	-	2

З аналізу конструкції пневмомолотка (рис.1) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: Ск.1 – корпус, Ск.2 – поршень, Ск.3 – кришка передня, Ск.4 – кришка задня, а також окремі стандартні деталі – кільце 10, 11, манжета поршня 14 і втулки демпферної 5.

Схема складання пневмомолотка представлена діаграмою на рис.4.4.2.

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми – послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Застосовані також умовні позначення, що містять технологічні вказівки: Ст – складання на стенді; Вр – складання на верстаті; К – кантування; С – свердлильні роботи; Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. – фарбування.

Схема складання корпусу пневмомолотка представлена на рис.4.4.2.

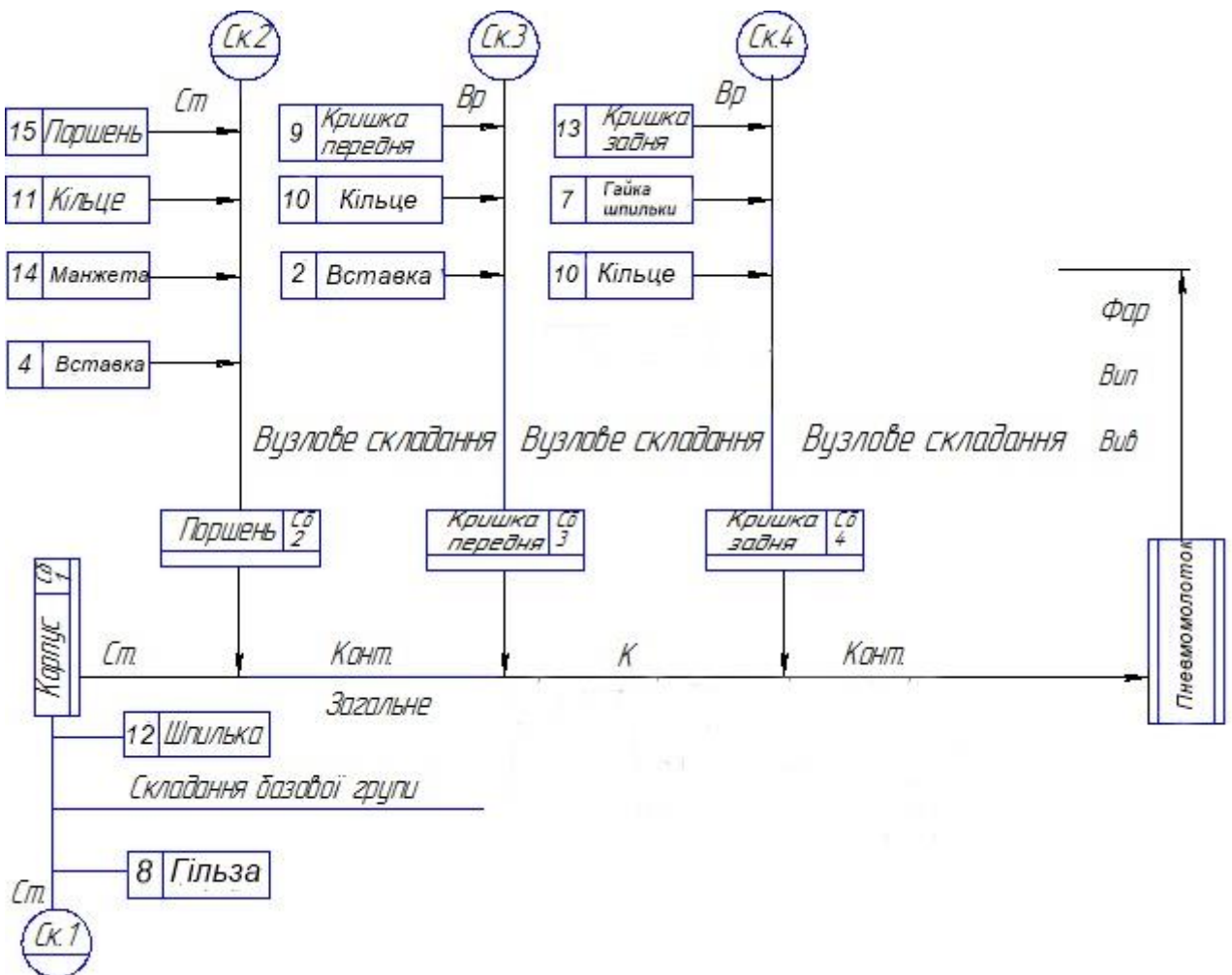


Рис.4.4.2. Технологічна схема складання пневмомолотка

Технологічний маршрут складання пневмоциліндра полягає у описанні короткого змісту операцій з переходами (таблиця 2).

Приклад технологічного маршруту складання пневмоциліндра

Таблиця 4.4.2.

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання корпусу (Ск. 1)	10.1 Установити корпус на складальному стенді й закріпити його 10.2. Очистити різьбові отвори від стружки 10.(3-6). Вкрутити шпильку 10.7. Переустановити корпус і закріпити 10.(8-11). Вкрутити шпильку
20. Збирання поршня (Ск. 2)	20.1 Установити поршень на складальному стенді і закріпити його 20.2. Очистити канавки поршня 20.(3-4). Надіти два гумові кільця на поршень 20.5. Встановити шайбу та закріпити вставки гвинтом 1 20.6. Встановити складальний вузол «поршень Ск. 2» в «корпус Ск. 1».
30 Збирання кришки передньої (Ск. 3)	30.1 Установити передню кришку на складальному стенді і закріпити її 30.2. Очистити отвір підведення стисненого повітря 30.(3-4). Встановити два гумові кільця в кришку 30.5. Встановити складальний вузол «передня кришка Ск. 3» в «корпус Ск. 1». 30.(6-9). Встановити шайби на шпильки 30.(10-14). Накрутити гайки шпильки
40 Збирання задньої кришки (Ск. 4)	40.1 Установити задню кришку на складальному стенді і закріпити її 40.2. Очистити різьбові отвори та отвір підведення стисненого повітря від стружки 40.3. Надіти кільце 40.4. Встановити складальний вузол «задня кришка Ск. 4» в «корпус Ск. 1». 40.5. Накрутити гайки на шпильки, (затягнути)
50. Контрольна	50.1. Проконтролювати роботу пневмомолотка під тиском
60. Фарбування	60.1 Пофарбувати виріб

Таким чином, виконані вище вказані операції забезпечать безперебійну та довговічну роботу корпусу пневмомолотка та його складових.

Пневматична схема та принцип роботи пневмомолотка.

Управління в процесі сушки пневмомолотком відбувається за допомогою електричного сигналу 24V DC на котушку моностабільного пневматичного розподільника 5/2. В передню кришку встановлений клапан швидкого вихлопу для забезпечення максимальної швидкості для удару.

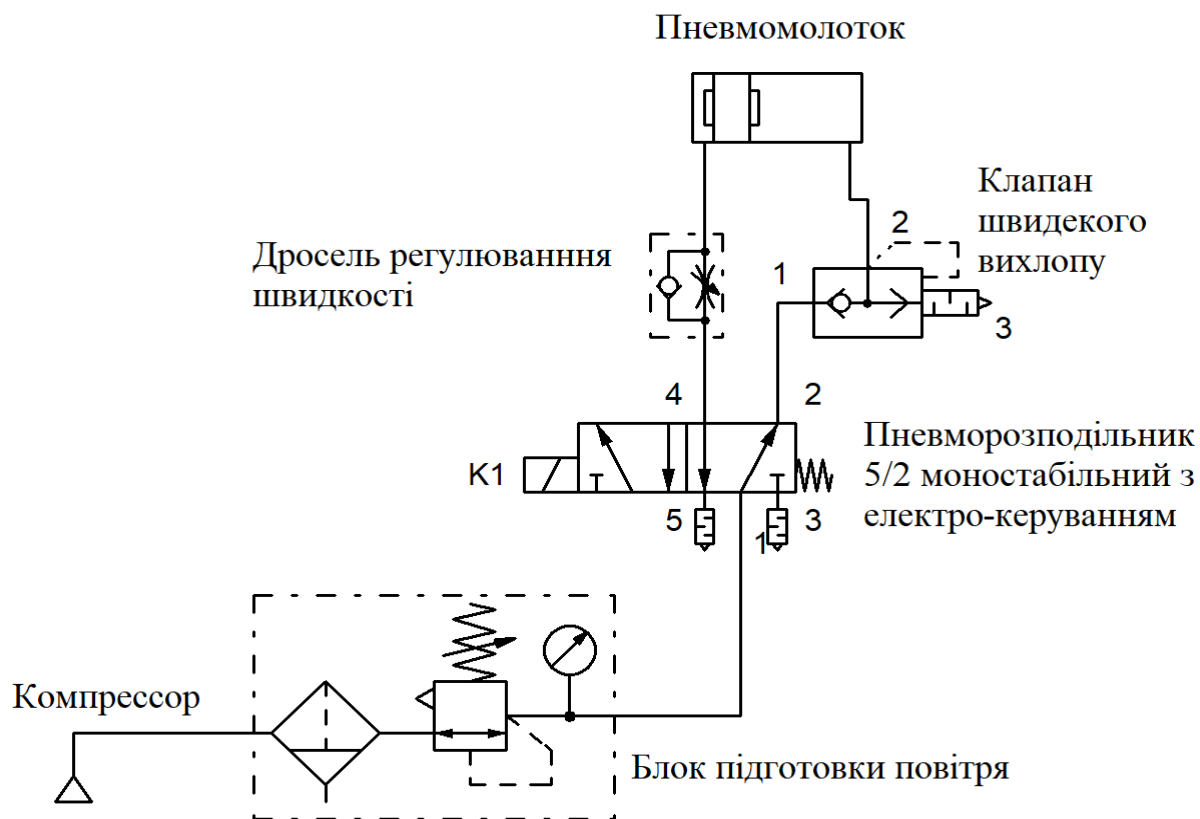


Рис 4.4.3 Пневматична схема роботи пневмомолотка

Схема сертифікації обладнання

Відповідно до ДСТУ 3413-96 (Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції.) Порядок проведення сертифікації продукції в загальному випадку містить такі пункти:

- подання та розгляд заявки на сертифікацію продукції;

- аналіз наданої документації;
- прийняття рішення за заявкою із зазначенням схеми (моделі) сертифікації;
- обстеження виробництва;
- атестацію виробництва продукції, що сертифікується, або сертифікацію системи якості, якщо це передбачено схемою сертифікації;
- відбирання, ідентифікацію зразків продукції та їх випробування;
- аналіз одержаних результатів та прийняття рішення про можливість видачі сертифіката відповідності;
- видачу сертифіката відповідності, укладання ліцензійної угоди та занесення сертифікованої продукції до Реєстру Системи;
- визнання сертифіката відповідності, що виданий закордонним органом;
- технічний нагляд за сертифікованою продукцією;
- інформацію про результати робіт з сертифікації.

Обираємо модель сертифікації для продукції, що випускається серійно із видачою сертифікату відповідності з терміном дії до одного року. За цією моделлю визначаємо обов'язковість проведення робіт щодо виробів, які сертифікуються:

- обстеження виробництва – проводиться;
- атестації її виробництва – не проводиться;
- сертифікації системи якості її виробництва – не проводиться;
- випробування з метою сертифікації - проводяться на зразках в порядку і в кількості, які встановлені органом з сертифікації;
- технічний нагляд за виробництвом - проводиться в порядку, що визначений органом з сертифікації.

4.5. Правила монтажу та технічного сервісу модернізованого обладнання Монтаж розпилювальної установки

Перед встановленням сушарки проводять розмітку монтажних осей. Визначають положення контрольної точки вертикальної осі сушильної башти, до якої прив'язані стовпи фундаментів під стійки каркасу башти і циклонів.

При монтажі сушарки такелажні, зварювальні та монтажні-зборочні роботи проводять на різних висотних відмітках. При монтажу розпилювача, (частота обертання розпилювального диску становить 12000... 12200 об/хв) необхідна особлива точність, що ускладнює монтаж і тому виникає необхідність виклику монтажників високої кваліфікації. Тому монтаж і наладка сушарки здійснюється під керівництвом шеф-персоналу.

Згідно проведеної розмітки споруджують стовпчастий фундамент під каркас сушильної башти і циклони. Спочатку на стовпи встановлюють стійки каркасу башти, перевіряють їх на вертикальність, а потім монтують площадку: обслуговування і сходи з перилами.

Циліндричну частину башти збирають на гвинтах із окремих заготовок, які подають на відмітку площадки автокраном. Стикі листів з нержавіючої сталі у башті зварюють. Шви зачитають декількома наждачними кругами та полірують войлочним, а потім матерчатим кругом. В останньому випадку на круг наносять пасту ГОИ. Для зварювання стиків циліндричної частини в башті споруджують спеціальні підмостки, які можуть переміщуватись у вертикальному напрямку за допомогою лебідки. Нижню конічну частину башти також збирають із окремих елементів. При цьому в отворі одного з них вставляють коліно відсмоктувального повітропроводу. На циліндричній частині башти монтують перекриття, яке збирають із 3-х секторів. На перекритті розміщують повітре-розподільчий пристрій.

До окремої площадки, встановленої на стійках, прикріплюють батарею циклонів і розвантажувальний циклон, які з'єднують з баштою

повітропроводами. До нижнього торця конуса башти прикріплюють раму та електромагнітний живильник (вібратор), а до нижньої конічної частини циклонів - шлюзові затвори (турнікети), до яких приєднують пристрій відсмоктуючого повітропроводу. До засмоктуючого повітропроводу підключають повітряний фільтр і вихідний патрубок живильника.

Транспортний, додатковий та допоміжний вентилятори встановлюють на підлозі ділянки під баштою та з'єднують з циклонами через повітропроводи. Витяжний вентилятор монтують на підлозі ділянки, всмоктуючий патрубок вентилятора з'єднують повітропроводом з вихідними патрубками скрубєрів. До нагнітаючого патрубка вентилятора підключають повітропровід, який виводять в навколишнє середовище.

На підлозі виробничого приміщення встановлюють фільтр для повітря, нагнітаючий вентилятор та нагрівач повітря (калорифер). До нагрівача підключають лінію для підводу пари і відводу конденсат) з конденсато-відвідником і обвідною лінією. При цьому повинні бути забезпечені потрібний нахил конденсатопроводу та вільний доступ до конденсато-відвідника для його обслуговування. Між нагрівачем та повітре-розподільвачем монтують ізольований повітропровід для гарячого повітря. Вентилятор закріплюють до рами па гумових амортизаторах; нагрівач повітря встановлюють на підкладках.

З'єднання ущільнюють за допомогою прокладок: з параніту - для трубопроводів пари і конденсату, з незгасаючого картону або синтетичного волокна - для трубопроводів гарячого повітря. Потім на площадці перекриття башти монтують монорельс, на якому встановлюють електроталь для демонтажу розпилювача при необхідності його чищення і мийки. Крім того, на перекритті башти монтують лебідку, яку використовують при чищенні та мийки башти.

На підлозі ділянки розміщують зрівноважуваний бак для згущеного молока і насос з регулюванням подачі продукту в сушарку. Потім через перекриття башти за допомогою талі встановлюють розпилювач і монтують трубопровід для молока від насоса на розпилювальний диск.

На нульовій відмітці встановлюють пульт управління, монтують контрольно-вимірвальні прилади і проводять випробування установки.

Основи планування ремонтних робіт

Планування ремонтів й оглядів здійснюють шляхом складання річних і місячних планів ремонту устаткування. Річний план ремонту устаткування становлять на підставі дефектної відомості й "Справи машини (апарата)". Складений на підставі зазначених документів відділом головного механіка підприємства річний план ремонту устаткування затверджується головним інженером.

Встановлений на підставі річних планів обсяг робіт з ремонту всього устаткування підприємства розподіляється між ремонтно-механічним цехом і цеховими ремонтними бригадами.

На підставі затвердженого річного плану ремонту устаткування на кожну машину (апарат) становлять уточнені місячні плани ремонту устаткування. Місячним планом ремонту устаткування встановлюється рівномірне завантаження ремонтників, призначаються відповідальні особи за проведення ремонтних робіт у встановлений термін. Затверджений головним механіком місячний план видається щомісяця, не пізніше чим за 4 дні до качану місяця, бригадам ремонтників .

Для зменшення простоїв устаткування через ремонт планують роботи ремонтників так, щоб у них у міру можливості не збігалися обідній годинник і вихідні дні з виробничими робітниками. Ремонт устаткування, що працює не на безперервному циклі, проводять у годинники зупинки даного устаткування. Вихідні дні ремонтників установлюють за графіком .

Для підприємств молочної з виконання ремонтних робіт планують під година найменшого завантаження підприємства й під година планових зупинок цехів.

При плануванні ремонтних робіт користуються системою показників і нормативів, за допомогою яких визначають: тривалість ремонту кожної одиниці устаткування; витрати праці; потреба в матеріалах.

Для визначення строків ремонту необхідно знати ремонтний цикл, міжремонтні й між осмосмотрові періоди для шкірного виду устаткування.

Міжремонтний цикл- період роботи машини (апарата) між двома плановими ремонтами, а для нового обладнання - період роботи від качану уведення машини в експлуатацію до першого капітального ремонту. Міжремонтний період - година роботи устаткування між двома черговими плановими ремонтами.

Між оглядовий період - година роботи устаткування між двома черговими плановими оглядами або між черговим плановим ремонтом й оглядом,

Тривалість міжремонтних і між оглядових періодів визначається шляхом розподілу терміну служби деталей, що підлягають заміні при тім або іншому виді ремонту, на величину дійсного фонду робочого години

Налагоджування сушильної установки

Налагоджування розпилювальної сушарки в основному ставить собі за мету усунення несправностей, які виникають при роботі установки, тобто до під наладки. Перелік характерних несправностей, їх причини і способи усунення приведені в таблиці 4.5.1.

Таблиця 4.5.1

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Пагане розпилення продукту.	Засмітився трубопровід для подачі згущеного молока або розпилювальний диск. Мала частота обертання диска, а подача молока велика.	Розібрати і прочистити трубопровід і розпилюючий диск. Зменшити подачу молока на диск і збільшити частоту його обертання до паспортної, для чого необхідно стабілізувати напругу в електромережі і усунути проковзування пасової передачі.
Незадовільна сушка при пуску.	Молоко подається в башту без попереднього її прогрівання.	До пуску молока прогріти башту гарячим повітрям протягом 30-40 хв.
Незадовільна сушка в процесі роботи.	Мала кількість і низька температура повітря, яке поступає в башту. Втрата повітря через нещільності в з'єднаннях каналів або всмоктування холодного повітря. Нерівномірне розподілення повітря в	Збільшити тиск пари в калорифері і кількість повітря, яке подається в башту. Оглянути з'єднання і усунути нещільності. Перевірити анемометром

	башті з утворенням протитоків і мертвих просторів.	швидкість і напрямок руху повітря в різних точках башти; забезпечити рівномірне розподілення і рух повітря по всьому перерізу башти
Недостатня подача і відсмоктування повітря в башті.	Погано працюють нагнітаючий і відсмоктуючий вентилятори. Закритий шибер; засмічені повітрепроводи.	Перевірити роботу вентиляторів і відремонтувати їх. Оглянути і прочистити шибери повітревводів.
Мала температура повітря, яке надходить в башту.	Малий тиск пари у калорифері. Не ізолювані канали для повітря. Поверхня нагріву калорифера не відповідає паспортній.	Підвищити тиск пари в калорифері. Ізолювати канали для повітря. Збільшити поверхню нагріву калорифера.
У відпрацьованому повітрі на виході з башти накопичується велика кількість частинок сухого пролукту	Погано працюють циклони. Нагнітання повітря через шлюзові затвори	Перевірити і усунути несправність в циклонах. Усунути нещільності в шлюзових затворах.
На стінки башти налипають вологі невисушені частинки молока: утворюється підтікання молока	Збільшена подача продукту в башту при недостатній подачі і низькій температурі повітря.	Відрегулювати режим сушки в башті; привести у відповідність подачу продукту і повітря; збільшити температуру повітря.
Висушений продукт не вивантажується з башти	Забився вивантажувальний механізм. Несправний транспортуючий вентилятор.	Прочистити розвантажувальний механізм. Відремонтувати вентилятор.

Технологічна експлуатація сушильної установки

Підготовка установки до пуску і пуск

До початку роботи апаратник повинен переконатись у наявності в трубопроводі пару потрібною тиску, справності всіх елементів сушарки, герметичності трубопроводів для молока, наявності змащення у вузлах де існує тертя. Перед пуском необхідно продути всі повітропроводи і прогріти башту. Для цього вмикають на 2-3 хвилини головний витяжний вентилятор. Після зупинки вентилятора очищують поле башти від підгорівших частинок молока, які надходять із повітре-підводячих каналів. Потім прогрівають башту до 140-150°C гарячим повітрям. Для цього закривають двері в сушильній башні і, забезпечуючи цим герметичність; відкривають вентилялі на обвідній лінії конденсато-відвідників для їх продувки і поступово подають пар в калорифер, для його нагріву. Після цього

закривають вентилялі на обвідній лінії конденсато-відвідників, включають нагнітаючий вентилятор і нагрівають сушильну башту. Після прогріву башти вмикають привід розпилювального диску і насос для подачі згущеного молока на диск.

При роботі сушарки спостерігають за ступінню висушування молока. Про неповне висушування молока свідчать краплі молока на стінках башти.

Робота установки

За ходом процесу спостерігають по приладам, які розташовані на пульті управління і через вікно в дверях сушильної башти. Молоко, що розпилюється не повинно досягати стінок башти. При нормальному факелі розпилу і падінні частинок на дно башти, вмикають витяжний і транспортний вентилятори. Під час роботи сушарки контролюють тиск пари в калорифері, роботу розпилюючого агрегату, температуру повітря, що виходить з калорифера і сушильної башти, його вологість, температуру молока, яке надходить на сушку і якість сухого молока.

Зупинка установки

За нормами час ефективної роботи розпилювальної сушарки на добу складає 20 годин, тобто не менше 2,5 зміни, після чого зупиняють сушарку. При цьому дають сигнал в котельню для припинення подачі пара, припиняють подачу молока на розпилювальний диск, для чого вмикають насос і привід розпилювального диску; закривають подачу пара на калорифер; відкривають двері сушильної башти і охолоджують її, пропускаючи через неї повітря із цеху за допомогою витяжного вентилятора. Потім стінки башти обмітають спеціальними щітками, перев'язаними простерилізованою марлею. Промивають трубопровід для згущеного молока, насос для подачі сироватки і проміжний бачок. Диск періодично знімають, чистять від порошку, ретельно промивають і просушують.

Технічне обслуговування сушильної установки

При обслуговуванні сушильної установки проводять наступні роботи. В залежності від конструкції сушильної установки, розпилювального пристрою,

циклонів та інших механізмів їх розбирають та демонтують способами, що описані в заводських інструкціях.

Після збирання проводять центрування валів вентилятора та електродвигуна. При обслуговуванні повітре-проводів, їх розбирають по ділянках, правлять, змінюють прокладки, встановлюють ізоляцію і збирають.

Паровий колектор при обслуговуванні від'єднують від пароводів, ставлять на них заглушки і змінюють всі вентиля. При необхідності, клапани та гнізда вентилів проточують і притирають. Конденсато-відвідник знімають, ремонтують і встановлюють на місце, а при необхідності ремонтують вентиля обвідної лінії.

При обслуговуванні калорифера сушильної установки, його від'єднують від паропроводу і демонтують. Кінці трубок в трубних решітках, що протікають, вирубують і заварюють.

В таблиці 5.3 приведені характерні неполадки сушильної установки, які частіше за всі інші зустрічаються на практиці, і відповідні методи їх усунення.

Після пуску сушильної установки необхідно випустити воду, що залишилась у зрівнювальному бачку, закрити бак і приготувати його для заповнення молоком з вакуум-випарної установки.

Під час роботи сушильної установки необхідно слідкувати за наступними робочими параметрами:

1) за температурою повітря, що входить в камеру сушильної установки, температура 180-190°C;

2) за температурою повітря, що виходить з сушильної башти, температура (85-95°C);

3) за числом обертів розпилювального диска (12000 об/хв);

4) за вакуумним манометром, що показує тиск в камері.

Обслуговуючий персонал бункера проводить контроль готового продукту.

Далі необхідно контролювати дію вібраційного підживлювача і безперервну подачу згущеної сироватки. При правильно встановленому

коливанні вібратор не видає трясучий звук. Коливання регулюють обертовим регулятором, який знаходиться на пульті управління.

Ремонт сушильної установки

В процесі роботи сушарки зношується внутрішня поверхня розпилюючого диска, а особливо - сопла. При чому переріз сопел збільшується, що призводить до збільшення кількості сироватки, яке розпилюється в сушильній камері, і відповідно до неповного видалення вологи з сироватки.

У повітрепроводах основними видами зношення являється поява нещільностей у фланцевих з'єднаннях, заслінках і корозія металу. Фланцеві болтові з'єднання і деталі, їх кріплення підтягують, зношені прокладки замінюють новими. Зігнуті ділянки повітрепроводів після зняття ізоляції вирівнюють дерев'яним молотком, зношені частини замінюють новими, після чого повітрепровід покривають ізоляцією.

У шарнірних заслінках змащують шарніри, виправляють погнуті ділянки, очищують від корозії стопорні пристрої. Заслінки, які видвигаються виймають із гнізд, очищують їх від пилу, вирівнюють погнуті місця і змащують пази гнізд. Після ремонту або заміни ділянок повітрепровід фарбують для захисту від вологи і покривають ізоляцією.

Деталі приводу розпилювального диску ремонтують загальноприйнятими способами

5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Вступ

Автоматизація, як відомо, це загальні принципи звільнення людини від безпосередньої участі в управлінні технологічними і виробничими процесами і побудови систем для цього.

Використання автоматичних пристроїв, а саме: погрузних вихрових витратомірів, термоперетворювачів опору, затворів і клапану з виконуючими механізмами, а, також регулятора засувки і клапана дозволяє управляти процесом сушіння в автоматичному режимі. Втручання людини в керування процесом зводиться до мінімуму і є необхідним лише при запуску сушарки в дію на початку роботи або в разі виникнення аварійної ситуації.

Автоматизація розпилюючої сушарки доцільною з декількох позицій: з економічної точки зору — витрати на встановлення та обслуговування автоматичних пристроїв є меншими в порівнянні з витратами при використанні людських ресурсів; з точки зору техніки безпеки — виробничий травматизм мінімальний.

Короткий опис процесу

Сушильна камера має вид циліндра, покритого ізоляційним кожухом, до якого в три зони надходять гаряче повітря, яке в кожній зоні має різну температуру. У верхній частині камери розташований дисковий розпилювач, до якого за допомогою насоса потрапляє сироватка. Після розпилювання сироватка переміщується з повітрям і утворює з ним дрібнодисперсну суміш. В результаті нагрівання крапель і контакту їх з гарячим повітрям відбувається нагрівання крапель і перенос вологи від них к повітрю. Відпрацьоване вологе повітря разом із часткою висушеного матеріалу поступає на циклони і далі на

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бадко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Принципи автоматизованого управління об'єктом проекткування	230592.КР.007.005 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/7

доочистку на скруббер, після чого видаляється на зовні. На дні сушильної камери є перфорована решітка з низу якої подається тепле повітря. Частки недосушеної сироватки, які попадають на решітку, під дією поступаючого знизу повітря, досушуються в киплячому шарі” і вигружаються із сушарки за допомогою вигружаючого пристрою.

Завдання на розроблення схеми автоматизації

Загальні принципи автоматизації розпилюючих сушарок

По джерелу інформації автоматичне керування процесом сушіння може бути прямим або непрямим. При прямому керуванні система одержує інформацію від датчиків по вологості або температурі матеріалу, його якості й т.д. Це не виключає одночасне використання інформації з температури газів, статичному стану системи й ін.

При непрямому керуванні інформація про якість готового продукту відсутній повністю. Для роботи установки й керування використовуються тільки непрямі показники - параметри теплоносія на вході й виході із сушарки, тиск у системі й т.д. Окрему групу становлять системи автоматизації, у яких керування виробляється по так званому зведеному параметрі.

По об'єкті додатка керуючого впливу системи керування діляться на системи із впливом на теплоносій (температура, кількість, вологість) і системи із впливом на матеріал, що висушується (його кількість). Для розпилюючих сушарок можна вважати, що прямій інформації з вологості продукту одержати поки не можна через відсутність надійних приладів визначення вологості полідисперсного продукту. Із цієї причини реально застосовувані схеми автоматизації здійснюються по непрямому параметрі.

У розпилюючих сушарках у більшості випадків температура газів, що відходять, однозначно визначає вологість і температуру висушеного продукту. Обоє ці параметра сухого матеріалу є основними, що вказують побічно на сипучі властивості його і якісні показники (хімічний склад, схоронність вітамінів і т.д.). З достатньою точністю можна приймати, що температура матеріалу в періоді падаючої швидкості сушіння є функцією вологості його.

Таким чином, стабілізація температури газів, що відходять, забезпечує одержання продукту з певними якісними показниками.

Стабілізація температури газів на виході може бути досягнута трьома способами: 1) впливом на температуру сушильного агента, 2) на кількість подаваного сушильного агента й 3) на подачу вихідного матеріалу.

Залежно від властивостей матеріалу початкова температура в номінальних умовах застосовується максимальної, при якій якість продукту не погіршується, а інтенсивність сушіння забезпечується максимальна при мінімальних витратах тепла й електроенергії.

Тому у випадку збурювання можуть бути такі умови, коли початкова температура газів може піднятися до такої величини, при якій будуть погіршуватися якості продукту. Тому шлях стабілізації температури на виході із сушарки при збурюванні в системі « чи ряд є перспективним.

Стабілізація температури за рахунок зміни кількості подаваного теплоносія має перспективу для розпилюючих сушарок, у яких використовується пневматичне й механічне розпилення. При цих методах розпилу важко змінювати подачу розчину без зміни дисперсності факела.

При розпиленні відцентровими дисками просто здійснювати стабілізацію температури газів за сушаркою за рахунок зміни подачі розчину на диск. Основними збурюваннями в системі є: можлива зміна вологості розчину, зменшення кількості газів, що просмоктуються, при частковому засміченні газового тракту й пило відділяючих апаратів. Таким чином, інші вхідні параметри якість: початкова температура газів, співвідношення паливо - первинне повітря, температура розчину стабілізуються по незалежному контурі. Такі можливі структурні схеми автоматичного керування розпилюючих сушарок. Остаточний вибір схеми автоматизації може бути зроблений після проведення експериментальних робіт на діючих промислових агрегатах по зняттю статичних і динамічних характеристик.

Для розроблення схеми автоматизації складемо таблицю на базі схеми взятої на Пирятинському сирзаводі (рис 5.1)

Таблиця 5.1

№ пор	Машина, агрегат, апарат	Параметр, місце відбору сигналу	Допустимі значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролювання	Додаткові вимоги	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Камера сушіння вхід повітря №1	Температура Витрата, на виході із сушильної камери	180-190°C 10м ³ /с	Контроль Регулювання Контроль Керування Контроль Регулювання	Покази, запис, сигналізація стабілізація Сигналізація, підтримання у заданому діапазоні	Діє на клапан подачі гарячої пари в калорифер Діє на виконуючий механізм (ВМ) дискового затвору №1	
2	Камера сушіння вхід повітря №2	Температура Витрата	100-140°C 1м ³ /с	Контроль Керування Контроль Регулювання	Покази, запис, сигналізація стабілізація Сигналізація, підтримання у заданому діапазоні	Діє на ВМ дискового затвору на вході подачі гарячого повітря із калориферу до входу №2 Діє на ВМ дискового затвору на вході №1	
3	Камера сушіння вхід повітря №3	Температура Витрата	80-90°C 1м ³ /с	Контроль Керування	Покази, запис, сигналізація стабілізація Сигналізація, підтримання у заданому діапазоні	Діє на ВМ дискового затвору на вході подачі гарячого повітря із калориферу до входу №2 Діє на дискового затвору на вході №2	

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Насос сироватки	Витрата	2,5л/с	Контроль Керування	Сигналізація, підтримання у заданому діапазоні	Подає сигнал на перетворювач частоти керування обертами двигуна насоса	Регулюється в залежності від температури відходячого повітря

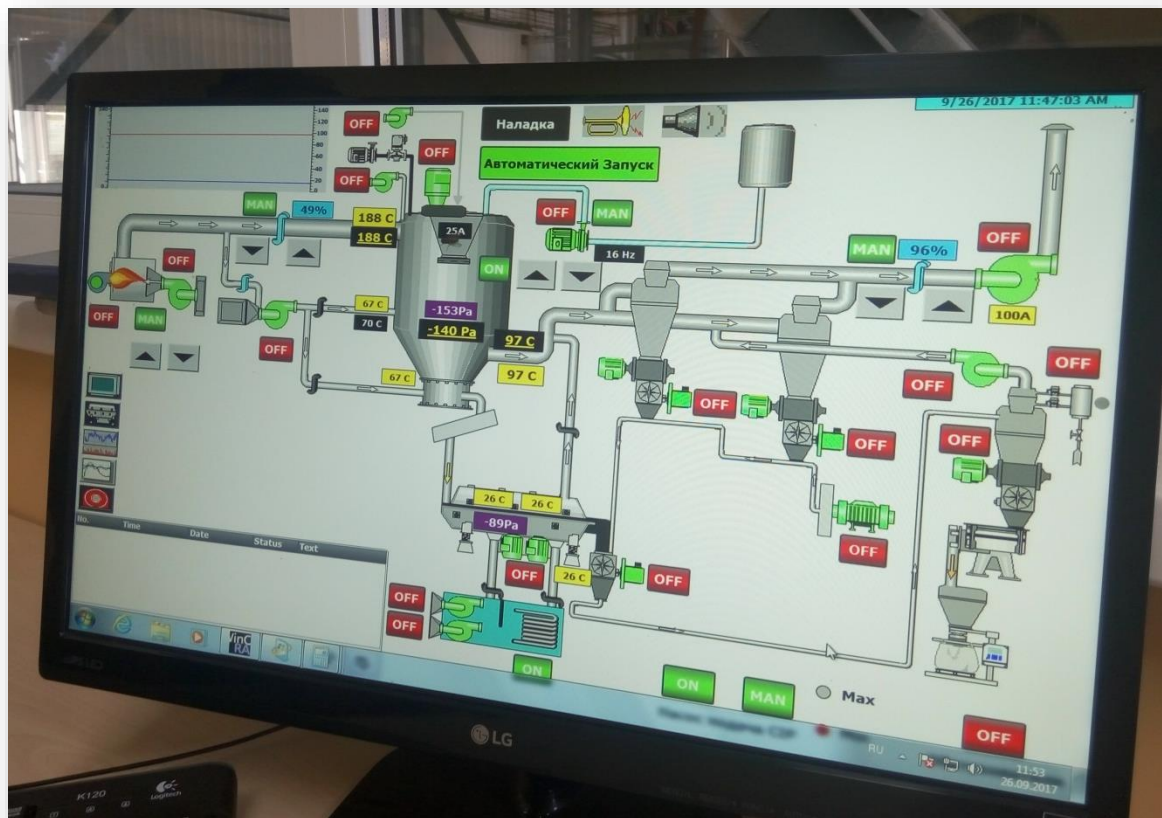


Рис 5.1 Схема автоматизації Пирятинського сирзаводу

Опис схеми автоматизації

Процеси керування та контролю температури та витрати гарячого повітря здійснюється мікропроцесорними регуляторами засувок та клапанів **ОВЕН ТРМ12**. При керуванні витратою повітря ведучим параметром стабілізації є витрата гарячого повітря, яка вимірюється погрузними вихровими витратомірами **ЭМИС-ВИХРЬ 205** ЗАО ЭМИС

Росія (5-1;6-1;7-1), перетворюється на електричний сигнал (5-2;6-2;7-2), які надходять до блоку керування регуляторів ТРМ12 (5-4;6-4;7-4), відображаються на табло (5-3;6-3;7-3), та перетворюється в електричні сигнали керування, що надходять до виконавчих механізмів затворів поворотних дискових М376Е16Х82 (5-6) та ВВ300D1-16С3DY37W (6-6;7-6), компанії „Самоззі”, Італія. Веденим параметром є положення виконавчого механізму заслонок, що вимірюється блоком керування (5-5;6-5;7-5).

Температура повітря, що подається в зону 1, вимірюється термоперетворювачем опору ТСМ50 W100 = 1,42 (1-1), Сигнал надходить до блоку керування регулятора ТРМ12 (1-3), відображається на табло (1-2), та перетворюється в електричні сигнали керування, що надходить до виконавчого механізму клапану регулюючого клапану КР, 25с947нж Ду 25 Ру 1,6 – Мпа(1-5), який регулює подачу пари до калориферу. Веденим параметром є положення виконавчого механізму клапана, що вимірюється блоком керування (1-4).

Температура повітря, що подається в зони 2 і 3, вимірюється термоперетворювачами опору ТСМ50 W100 = 1,42 (3-1;4-1), Сигнал надходить до блоку керування регуляторів ТРМ12 (3-3;4-3), відображаються на табло (3-2;3-3), та перетворюються в електричні сигнали керування, що надходять до виконавчих механізмів затворів поворотних дискових ЗПДЭ ДУ300 (3-5;4-5), який регулює подачу пари до калориферу. Веденим параметром є положення виконавчого механізму клапана, що вимірюється блоком керування (3-4;4-4).

Регулювання обертами насоса сироватки здійснюється за допомогою перетворювача частоти CFM240/2,2КВт НПО „Автоматика”.

Ведучим параметром керування обертами насосу є температура відпрацьованого повітря, яка виводиться із сушарки. Температура вимірюється термоперетворювачем опору ТСМ50 W100 = 1,42 (2-1). Сигнал надходить до перетворювача частоти (2-2;2-3) і перетворюються

на керуючий сигнал двигуна насоса необхідної частоти, яка відображається на табло (2-4).

Специфікація на прилади і засоби автоматизації

Таблиця 5.2

Позиційне позначення	Назва приладу або засобу автоматизації	Тип	Кількість	Примітки
1	2	3	4	5
1-2,1-3,1-4 3-2,3-3,3-4 4-2,4-3,4-4 5-3,5-4,5-5 6-3,6-4,6-5 7-3,7-4,7-5	Регулятори засувки і клапанів Клас точності 0,25. $U_{жив}=230В$	ОВЕН ТРМ12	6	
5-1.6-1.7-1	Погружний вихровий витратомір Погрішність – 2,5% $U_{жив}=24В$	ЭМИС-ВИХРЬ 205	3	
1-5	Клапан регулюючий, 25с947нж Ду 25 Ру 1,6 – Мпа. $U_{жив} = 3-15psi$. Сигнал керування 4...20 мА. VL10.025.AL23.315C/RE01	VL10.025.AL23.315C/RE01	1	
5-6	Затвор поворотний дисковий запорно-регулюючий з елек-тричним виконуючим механізмом Р=1,6Мпа D=600мм $U_{жив}=220В$ M376E16X82	M376E16X82	1	
3-5,4-5, 6-6,7-6	Затвор поворотний дисковий запорно-регулюючий с електричним виконуючим механізмом Р=1,6Мпа D=300мм $U_{жив}=220В$ BW300D1-16C3DY37W + HQ-120/CPT (Привід електричний)	BW300D1-16C3DY37W + HQ-120/CPT	4	
1-1,3-1, 4-1,5-1	Термоперетворювач опору W100=1,426	ТСМ50	4	
2а	Перетворювач частоти $U_{жив}$ 1ф. 220В	CFM240/2,2 КВт	1	

6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Закон України про охорону праці

Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя та здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні, безпечні та здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади, відносини між роботодавцем та працівником із питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища та встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Інструктажі з охорони праці

Мета інструктажу - навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючого середовища виконувати свої трудові обов'язки. Інструктажі за часом та характером проведення бувають вступними, первинними, повторними, позаплановими та цільовими.

Вступний інструктаж

Проводиться з усіма працівниками, щойно прийнятими на роботу (постійну або тимчасову), незалежно від освіти, стажу роботи за цією професією або посади. Вступний інструктаж проводить спеціаліст з охорони праці. Місце проведення вступного інструктажу - кабінет охорони праці або обладнане наочними матеріалами інше приміщення;

Первинний інструктаж

Проводиться на робочому місці до початку роботи. Первинний інструктаж проводиться індивідуально або з групою осіб спільного фаху за програмою, складеною з урахуванням вимог відповідних інструкцій з охорони праці;

Повторний інструктаж

Проводиться на робочому місці із усіма працівниками - один раз на півріччя.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бадко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Заходи з охорони праці та охорони довкілля	230592.KP.007.006 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/18

Інструктаж проводиться індивідуально або з групою працівників, що виконують однотипні роботи, за програмою первинного інструктажу в повному обсязі;

Позапланований інструктаж

Проводиться індивідуально з окремими працівниками однієї професії (при введенні і дії нових актів по охороні праці, при зміні технологічного процесу, обладнання, сировини). Обсяг і зміст інструктажу визначається в кожному окремому випадку залежно від обставин, що спричинили необхідність його проведення;

Цільовий інструктаж

Проводиться із працівниками при виконанні разових робіт, що не пов'язані безпосередньо з основними роботами працівника, при ліквідації наслідків аварії і стихійного лиха тощо.

Загальний етап ОП на виробництві де задіяне обладнання, яке розробляється

АТ «Пирятинський сирзавод». Пирятин, Полтавська область. Кількість працюючих на заводі - 850 чоловік, з них безпосередньо зайнятих у виробництві 310 чоловік. Найбільша робоча зміна 170чоловік.

Велика кількість смертельних випадків виробничого травматизму або випадків з важкими наслідками трапляється при ремонтно-будівельних роботах (особливо на висоті) і при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт при незадовільній їх організації, при експлуатації несправного обладнання, відсутності проекту організації робіт, який регламентує послідовність і безпечність їх виконання, відсутності нагляду за виконанням цих робіт і допуску до цих робіт осіб, які не пройшли інструктаж з техніки-безпеки.

В 2023 році сталося 2 нещасних випадки:

- 1) Ураження електричним струмом постраждало 1 чол.
- 2) Падіння з висоти постраждало 1 чол.

На Пирятинському молокозаводі відділ з охорони праці складається з начальника відділу охорони праці і інженера по охороні праці.

Система управління охороною праці на заводі включає службу охорони праці та керівництво підприємства і керується у своїй діяльності законодавством України про охорону праці і про працю, міжгалузевими і галузевими нормативними актами з охорони праці і Положенням про службу охорони праці.

Керівники підприємства, технічних служб, начальники цехів, виробництв, змін і ділянок, мають конкретні обов'язки з техніки безпеки та охорони праці

Основними напрямками по ліквідації виробничого травматизму є:

- підготовка спеціалістів по охороні праці і пожежонебезпеці, а також підвищення рівня знань по охороні праці і у всіх інженерно-технічних працівників всіх посад;
- забезпечення робітників підприємства всіма діючими нормативними документами в галузі охорони праці і пожежній безпеці;
- планування та контроль витрат коштів на охорону праці;
- забезпечення проведення трьох ступеневого контролю за станом і утриманням обладнання, машин і установок, будівель, споруд у відповідності з діючими положеннями і виключенням випадків допуску до експлуатації несправного або невідповідаючого вимогам нормативних документів обладнання, машин, установок, будівель і споруд;
- розслідування, облік, аналіз нещасних випадків, професійних захворювань і аварій;
- підвищення якості навчання і інструктажу по техніці безпеки працівників, а також виключення випадків по техніці безпеки до роботи не проінструктованих працівників;
- проведення паспортизації цехів, діляниць, робочих місць щодо відповідності їх вимогам безпеки.

Загальний вигляд машини з позначками небезпечних та шкідливих чинників

На обслуговуючий персонал модернізованого апарату діють такі негативні фактори (виробничі шкідливості):

- шкідливі: шум, вібрація, запиленість повітря, термічний вплив, можлива недостатня освітленість робочих місць;
- небезпечні: електробезпека, пожежонебезпека, безпека механічних травм, безпека опіків.

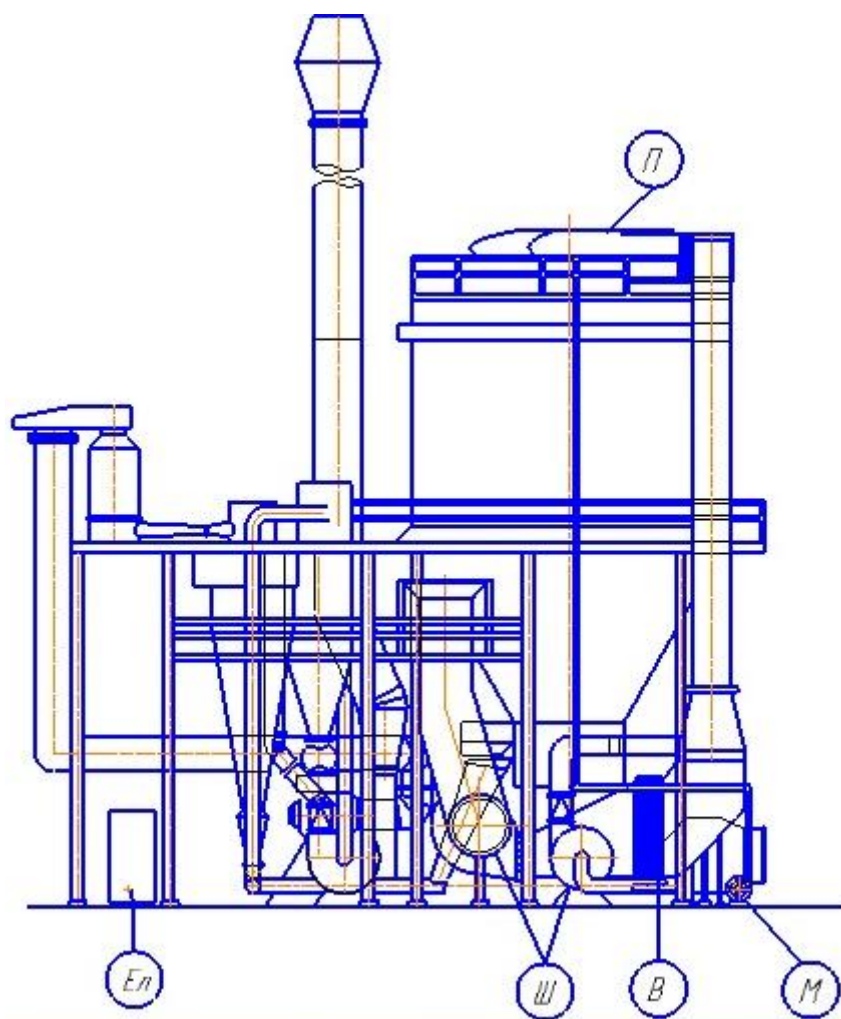


Рис.6.1. Ділянка сушіння сроватки

**Причини виникнення та засоби знешкодження небезпечних
та шкідливих чинників
Повітря робочої зони**

1. Мікроклімат

Мікроклімат нормується за допустимими нормами, тому що в цеху спостерігається значне тепловиділення від Камери сушіння, калориферу, вентиляторів циклонів.

Допустимі норми мікроклімату згідно норм ДСН 3.3.6.042-99 подані в таблиці

Таблиця 6.1

№ по р	Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура , °С на робочих місцях				Відносна вологість f, %	Швидкість руху повітря, м/с,
			Верхня границя		Нижня границя			
			постійних	непостійних	постійних	непостійних		
1.	Оператор виробничої дільниці	Па	Холодна пора року				75	Не більше ніж 0.3
			23	24	17	15		
			Тепла пора року				65 (при 26 °С)	0.2 – 0.4
			27	29	18	17		

2. Запиленість

Переважає більшість виробничих технологічних процесів в цукровому виробництві супроводжуються значними пило-виділеннями від обладнання та матеріалів, які там використовуються. Під час роботи жомо-сушильної установки в повітря робочої зони потрапляє жомовий пил.

Заходи підтримання чистоти повітря виробничих приміщень:

- 1) запобігання проникненню пилу у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, удосконалення технологічного процесу.
- 2) видалення пилу за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів.
- 3) застосування засобів захисту людини.

Фізико-хімічні та токсикологічні характеристики шкідливих та небезпечних речовин в повітрі робочої зони

Таблиця 6.2

Назва речовини	Характеристика речовини	ГДК у повітрі робочої зони, мг/куб.м	Клас небезпеки, агрегатний стан	Токсична дія на організм людини
Пил молочної сироватки	Дрібний, подразнючий пил	4,0	4, т	Подразнює слизові верхні дихальні шляхи, осідає в легенях. Потрапляючи на шкіру, спричиняє алергічні реакції.

3. Вентиляція виробничого приміщення

Вентиляція сушильного відділення запроектована загально-обмінна та припливно-витяжна з механічним та природним збудженням повітря.

Від технологічного обладнання і місць утворення пилу передбачаються системи аспірації. Запилення повітря перед викидом в атмосферу підлягає очищенню в пило-відділювачах .

Для компенсації повітря, яке видаляється системами аспірації та технологічним забором повітря з виробничих приміщень передбачені: припливна механічна установка та припливні природні установки .

На випадок пожегу вентилятори припливно-витяжних систем підлягають автоматичному відключенню.

Вентиляція виробничих приміщень на типовому молочному заводі є механічна, припливно-витяжна, розрахована на забезпечення необхідних санітарних норм в помешканнях. Вона здійснюється штучним шляхом із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Приточне повітря потрапляє у приміщення крізь щілини у дверях і крізь спеціальні канали, створені у нижній частині панелей будівлі, попередньо очищаючись у фільтрах, для стерильного середовища у приміщенні.

Кратність повітрообміну показує інтенсивність вентилявання даного приміщення, тобто кількість обмінів повітря у приміщенні, яке подається або витягується протягом однієї години. У тому випадку, якщо повітря подається, перед значенням n ставлять знак плюс, якщо витягується - мінус;

коли у приміщення одночасно подається та витягується повітря, ставлять знак плюс-мінус.

Кількість повітря L_m (м³/год), що видаляється місцевою витяжною вентиляцією

та залежить від характеру шкідливих виділень, швидкості і напрямку їх руху можна обчислити з виразу;

$$L_m = 3600 \cdot F \cdot V \text{ м}^3/\text{год}; \quad (6.1)$$

де F - площа відкритого перерізу витяжного пристрою, м²;

V – швидкість всмоктування повітря у прорізі (0,5 – 0,7м/с).

Шум

Шум на сушильній дільниці перевищує нормативного. Із схеми можна побачити, що шум створює майже все обладнання.

Допустимі нормативи шуму для промислових підприємств, де є обладнання, що створює шум, згідно з ГОСТ 12.1.003-83 подано в таблиці 11.4.

Таблиця 6.3

№ пор	Професія	Рівень звукового тиску, дБ в активних смугах з середньо геометричними смугами, в Гц								Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА	
		31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
1	Оператор виробничої дільниці	103	99	92	86	83	80	78	76	74	80

При роботі апарату основним джерелом шуму є вентилятори, насос та розпилювальний пристрій. Рівень звуку від прийнятих проектом пристроїв не перевищує гранично допустимого рівня – 75 дБ, тому не вимагається проведення спеціальних заходів.

При пуску і наладці обладнання необхідно проводити статичне і динамічне балансування рухомих частин обладнання.

Для пониження рівня звукового тиску від сантехнічного обладнання до допустимого передбачаються наступні заходи:

- вентилятори встановлюються у ізольованих приміщеннях (венткамерах); передбачений плавний підвід повітря до входних патрубків вентиляторів;
- передбачені вібропоглинаючі гнучкі вставки для приєднання повітропроводів до входних і до нагнітаючих патрубків вентиляторів;
- вентилятори встановлені на пружинних амортизаторах;
- по можливості замінюються ударні взаємодії деталей на без ударні;
- звукоізоляція огорожуючих конструкцій;
- своєчасна заміна підшипників;
- змащення ударяючих деталей в'язкими рідинами.

Склад шумових характеристик і методи їх визначення для машин, механізмів, засобів транспорту та іншого устаткування установлені ГОСТ 12.1.028-80 „Шум”. Визначення шумових характеристик джерел шуму. Орієнтовний метод, а визначення його шумових характеристик треба приймати відповідно до вимог ГОСТ 12.1.003-83.

Забороняється проводити модернізацію та реконструкцію устаткування, якщо це призводить до підвищення рівня шуму і вібрації.

Вібрація

Збільшення потужностей та швидкостей переміщення у виробництві призводять до небажаних явищ, таких як вібрація. Вібрації не тільки погіршують самопочуття працюючих і знижують продуктивність праці, а й можуть призвести до серйозних патологічних змін організму людини. Комплексна механізація і автоматизація підприємства є радикальним способом позбавлення людини від шкідливого впливу вібрацій.

Вібрація буває локальна і загальна. Машини, що потребують постійного ручного керування, або безпосереднього контакту з людиною, створюють загальну технічну вібрацію, що передається на фундамент або на підлогу, а через підлогу діє на людину. Норми загальної технологічної вібрації наведені в

Таблиця 6.4

Вид вібрації	Напрявлення, за якими нормується вібрація	Середньоквадратичні значення віброшвидкості, м/с 0.02, не більше						
		Логарифмічні рівні віброшвидкості, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц						
		1	2	4	8	16	31.5	63
Загальна вібрація	Вертикальна (по осі Z) або Горизонтальна (по осі X і Y)	-	1.3/108	0.45/99	0.22/93	0.2/92	0.2/92	0.2/92
Локальна вібрація	По кожній осі	-	-	-	5.0/120	5.0/120	3.5/117	3.5/114

Випромінювання

В сушильному відділенні наявні тільки теплові випромінювання, враховані у нормуванні мікроклімату.

в).

Всі виробничі будівлі і споруди двічі на рік (весною і восени) підлягають технічному огляду, який проводиться комісією, призначеною керівником виробництва.

В таблиці 11.7 наведені норми санітарно-побутових приміщень.

Розрахунок захисту від шкідливої дії одного з чинників

Електробезпека

Забезпечення захисту працівників від дії електричного струму застосовують засоби та способи захисту, передбачені "Правилами улаштування електроустановок" (ПУЕ) та "Правилами техніки безпеки електроустаткування споживачів".

Ділянка сушіння відноситься до категорії виробництва "В".

Приміщення відноситься до класифікації з підвищеною небезпекою.

Стан повітря середовища в приміщенні – сухе.

Засоби електрозахисту :

У відповідності з ПУЄ для захисту обслуговуючого персоналу від враження електричним струмом, в цеху всі металеві частини електрообладнання, які не знаходяться під напругою, але можуть опинитись під напругою в разі порушення ізоляції заземлені. Апарат заземлено шляхом приєднання спеціального болта на корпусі апарата до внутрішнього контуру заземлення за допомогою спеціально прокладених провідників (із смугової сталі розміром 25*4 мм, яка проложена по стінам, металоконструкціям на висоті 0,5м від рівня підлоги, кабельних канавах. Всі пошкодження апарата ремонтуються тільки при вимкненій напрузі.

Для захисту споруди від прямих ударів блискавки металеві ферми перекриття з'єднуються між собою сталевими смугами 40x40 мм по периметру корпусу, яке з'єднано з струмопроводами із круглої сталі діаметром 12 мм, прокладеними по стінкам приміщення і з'єднаними з блискавозахисним контуром заземлення.

Заземлення всіх металевих струмоведучих конструкцій електричного обладнання (для приміщень з підвищеною небезпекою й особливо небезпечних обов'язкове заземлення всіх струмоведучих елементів електрообладнання);

Живлення електродвигунів апарату малою напругою (до 42 В змінного струму) та подвійна ізоляція кабелів живлення. Живлення системи автоматизації, світильників підсвічування шкал приладів контролю і керування автоматом малою напругою (до 12 В);

Застосування системи захисного відімкнення електричного струму живлення у разі замикання на корпус електродвигунів приводу апарату, або їх перевантаження;

Всі електричні щити живлення мають бути закриті захисними коробками. Під щитами повинні бути діелектричні коври (або підставки);

Ремонт та профілактика машини здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.

Силові розподільчі шафи запроектовані з автоматичними вимикачами. Автоматичні вимикачі перевірені на стійкість до впливу на них струму короткого замикання, при однофазному замиканні на землю.

Всі стрічкові конвеєри по всій довжині захищені тросиком і аварійними вимикачами зупинки їх при аварії.

Виконаний захист силових і контрольних кабелів від механічних пошкоджень, які проложені на висоті нижче двох метрів від рівня підлоги.

Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки досягається за допомогою комплексу інженерно-технічних і організаційних заходів, направлених на усунення причин виникнення пожеж, обмеження розповсюдження пожежі та її ліквідації.

Відповідно до норм технологічного проектування ОНТП 24-86 приміщення за вибухопожежонебезпекою відноситься до категорії Б.

Межа вогнестійкості будівельної споруди визначається експериментально і характеризується годинами від початку випробовування її на вогнестійкість до появи однієї із ознак: крізні тріщини або щілини, через які нагріті продукти горіння або полум'я може проникати крізь конструкцію; підвищення температури на поверхні конструкції, що не зігрівається, в середньому більше ніж на 140°C або у будь-якій точці цієї поверхні до температури 180°C і більше, порівняно з температурою до випробовування; втрата несучих властивостей конструкції (завалювання). Ступінь вогнестійкості будівельної конструкції згідно зі СНиП 2.01.02 – 85 (IV).

Згідно з ПУЕ за вибухопожежонебезпекою електрообладнання належить до П-Па.

Для кожної галузі харчової та переробної промисловості існує узгоджений з Державним пожежним наглядом МНС України перелік споруд і приміщень, що підлягають обладнанню автоматичними засобами пожежогасіння та автоматичною пожежною сигналізацією.

У нашому випадку, сушіння сироватки, за площі 720 м² цех обладнується автоматичною пожежною сигналізацією і забезпечується первинними засобами пожежогасіння.

До первинних засобів пожежогасіння належать: вогнегасники ВВ-5 вуглекислотні (внаслідок використання при роботі машини електричного струму) - 2, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини - 1, ящик з піском - 1, бочка з водою - 1, пожежні відра - 2, совкові лопати - 2); пожежний інструмент (гаки - 2, ломи - 2, сокири – 2 тощо).

Основними заходами пожежної безпеки є:

- дотримання паспортних режимів роботи обладнання;
- своєчасне проведення технічних оглядів з метою змащення пар тертя (підшипникові вузли, штоки пневмо-циліндрів, і т. ін.);
- дотримання правил безпеки при зупинці обладнання на огляд та ремонт;
- своєчасне проведення перевірки ізоляції обладнання;
- проведення інструктажів та навчання працюючого персоналу.

У разі пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху має бути не менше двох шляхів евакуації людей. Ці шляхи не повинні перетинати приміщення, де розміщені виробництва категорії А за вибухопожежонебезпекою. У разі потреби одним шляхом евакуації може бути вікно з пожежною драбиною або східцями, що ведуть на зовнішнє подвір'я.

Пропозиції для покращення умов праці.

Внаслідок надходження надлишкового тепла в повітря виробничого приміщення і водяної пари від працюючого обладнання спостерігаються часткові відхилення параметрів мікроклімату від нормативних. Для уникнення цих негативних впливів і, як наслідок, покращення умов праці пропоную встановити в сушильному відділенні пирятинського сир заводу апарати для кондиціонування повітря, а також вентилятори для створення примусової вентиляції.

Охорона довкілля

Вступ

Технології виробництва харчових продуктів здебільшого характеризуються високими питомими витратами сировини, палива, енергії, води та інших природних ресурсів, що робить їх неконкурентоспроможними на міжнародному ринку. Неконтрольовані викиди забруднювальних речовин в атмосферу, водойми та ґрунти призвели до істотного забруднення їх, що стало на заводі виробництву екологічно безпечної рослинної та тваринної сировини для харчових виробництв. Особливо погіршився екологічний стан після катастрофи на Чорнобильській атомній електростанції. Це призвело до радіоактивного забруднення ґрунтів та водойм на значних територіях, внаслідок чого виробництво екологічно безпечної продукції на сільськогосподарських угіддях стало проблематичним.

Стоки

Однією із найсуттєвіших проблем виробництва харчових продуктів є підготовка і використання високоякісної води, яку споживають як сировину, реагент, для миття сировини та обладнання, транспортування теплоносіїв тощо. Так, на 1л переробленого молока, за умови економічної витрати, споживається 1-2л води, а на деяких заводах навіть до 8л!

Харчова промисловість споживає в основному питну воду, яку готують переважно на міських водоочисних спорудах, іноді на самих підприємствах. Якщо взяти до уваги, що більшість водоочисних станцій використовують застарілі технології, які не забезпечують отримання води належної якості, особливо щодо вмісту розчинних домішок (нітратів, пестицидів, важких металів, хлоридів, сульфатів тощо), оскільки очищення від них не передбачається загальноприйнятою технологією, то можна стверджувати, що здебільшого для виготовлення харчових продуктів використовують воду незадовільної якості.

Внаслідок використання великої кількості води в технології виробництва харчових продуктів утворюється велика кількість забруднених стічних вод. Стічні води забруднені переважно органічними домішками, що є залишками

сировини та продуктів її трансформації. Стічні води та інші відходи нині переважно викидають за територію заводів.

На багатьох підприємствах стічні води, що містять розчинні і важкорозчинні органічні сполуки, скидають у міську каналізаційну мережу, з якої вони потрапляють на міські очисні споруди. Останні часто мають недосконалі технології і здебільшого працюють незадовільно. Тому недостатньо очищена стічна вода може потрапляти в природні водойми і завдавати великої шкоди як природним екосистемам, так і самим людям. Щоб забезпечити харчові виробництва високоякісною водою, її треба доочищувати на самих підприємствах та заощадливо витрачати. Це передбачає застосування оощадливих технологій для миття сировини, обладнання, тари, організацію замкнених водообігових циклів, за яких воду після очищення та охолодження можна було б знову використовувати для технологічних процесів. На потужних підприємствах, де утворюється велика кількість стічних вод, слід організувати локальне очищення із застосуванням переважно біохімічного (мікробіологічного) методу. Забрудниками стічних вод є здебільшого органічні речовини, які за допомогою мікроорганізмів у біотехнологічних процесах можуть бути трансформовані у білкові, вітамінні та інші продукти і використані в інших галузях, наприклад у сільському господарстві.

Стічні води молочних заводів є потужним джерелом забруднення довкілля, їх поділяють на чотири види: виробничі, теплообмінні, господарсько-побутові та зливові. Найбільш забрудненими є виробничі стічні води, що утворюються внаслідок здійснення різних технологічних операцій, а також від миття місткостей та прибирання виробничих приміщень. Залежно від потужності підприємства кількість стічних вод коливається в межах кількох сотень кубічних метрів за добу. Витрата і склад стічних вод молочної промисловості визначаються також профілем підприємства та системою водопостачання.

Стічні води, які за забрудненістю перевищують нормативні показники, скидають у міську каналізаційну мережу або у відстійники, розташовані за межами міст. Це призводить до забруднення води, повітря та ґрунтів. Тому слід організувати локальні очисні споруди. У разі відносно невисокої

забрудненості (ХСК до 1000 мг О₂/дм³) можна застосовувати аеробне біологічне очищення. Щоб очистити стічні води сироробних заводів, ХСК яких може сягати 3000 мг О₂/дм³, доцільно вдаватися до анаеробно-аеробного очищення.

Особливим джерелом забруднення є сироватка — побічний продукт переробки молока, її використовують для приготування різних продуктів (концентрована і суха сироватка, молочний цукор, сирна маса, казеїн, різні напої тощо), при випіканні хліба та як корм тваринам. Із неї готують бактеріальну закваску для силосування кормів. Проте у разі доставки її споживачам можуть виникати певні ускладнення. Сироватка не може довго зберігатися, що пов'язано з її швидким зкисанням, тому її скидають у каналізацію. ХСК сироватки сягає 70 000 — 80 000 мг О₂/дм³, тоді як ХСК загального стоку не перевищує 3000 мг О₂/дм³. Отже, це призводить до підвищення забрудненості стічних вод.

Основним забрудником атмосферного повітря є теплоенергетичне господарство, автотранспорт, організовані технологічні викиди. Проте обсяг цих викидів незначний. Кількість викидів та їх склад залежать від профілю заводу та асортименту вироблюваної продукції. Так, у процесі виробництва казеїну багато пилу утворюється під час подрібнення та в сушарках. Викиди в атмосферне повітря можуть містити до 500 мг/м³ казеїнового пилу. Велика кількість молочного пилу потрапляє в атмосферу із сушарок при виготовленні сухого молока. Газодимовий потік очищають за допомогою циклонів, рукавних і мокрих фільтрів, конструкції яких морально застарілі і здебільшого фізично спрацьовані. Тому вони працюють неефективно.

Утилізація відходів

Харчова промисловість охоплює виробництво багатьох харчових продуктів, які повною мірою задовольняють харчовий раціон людини. Під час здійснення технологічних процесів утворюється велика кількість різних відходів та побічних продуктів.

Із побічних продуктів молочної промисловості використовують тільки сироватку, та і то частково. Частина сироватки, особливо у разі зростання

поставок молока, потрапляє зі стічними водами в каналізацію, а інколи і до поверхневих водойм, спричинюючи їх забруднення. За ХСК сироватка у 100 разів перевищує комунально-побутові стоки. Сироватку слід використовувати як корм або як сировину для виробництва лактози. Найкраще її згодовувати у свіжому вигляді. Проте це не завжди вдається. Тому її прагнуть переробити на кормовий продукт 8 — 9-кратним згущенням. Відомі технології виготовлення з неї кормових дріжджів та молочної кислоти, але їх поки що майже не застосовують. На кафедрі біохімії та екології харчових виробництв НУХТ розроблено технологію метанового бродіння сироватки з отриманням біогазу, вітамінізованого білкового продукту як корму для тварин та для інших продуктів.

Енергозбереження у молочній промисловості

Останнім часом молочна промисловість значно зменшила рівень споживання енергії. У виробничих витратах молочної промисловості країн — членів ЄС витрати на спожиту енергію становлять 0,8 — 2 % загальних витрат. Залежно від технології і виду продукції, що виготовляється, питомі витрати енергії дуже відрізняються. З метою економії енергоресурсів установлюють ефективніше з погляду витрат енергії обладнання (холодильні установки, парогенератори, випарні установки, пастеризатори, сушарки тощо), впроваджують децентралізоване тепlopостачання, переведення на опалення сушарок природним газом, застосовують удосконалені пальники та удосконалюють саму систему опалення, що дає змогу краще використовувати теплоту відвідних газів (наприклад, встановлення рекуператорів для підігрівання повітря, яке надходить на згоряння палива). Налагодження більш чіткого й ефективного обліку витрат енергоресурсів на кожній виробничій ділянці, автоматизованої системи моніторингу також сприяє економії енерговитрат. Воду після миття пляшок, яку раніше скидали в каналізацію, почали направляти на решітчасту мийну машину, що дало можливість зменшити витрати пари і води одночасно. На деяких заводах стічні води рекомендують очищати біохімічним методом, якщо поряд з ефективним очищенням стічних вод, які можна використати для технічних потреб заводу,

отриманий біогаз частково покриває споживання природних енергоносіїв.

На тих заводах, де отримують велику кількість сироватки, утилізація якої пов'язана з певними проблемами, пропонують переробляти її на біогаз. Біогаз пропонують використовувати як паливо для установки комбінованого вироблення теплової електричної енергії. Осад може використовуватися як добриво. Стічні води після анаеробного зброджування доочищають в аеробних умовах.

Екологічна безпечність пакувальних матеріалів

Нині в умовах забрудненого навколишнього природного середовища потрібно дотримуватися екологічних вимог до упаковки. Потрібно, щоб упаковка насамперед виконувала своє призначення в процесі зберігання продукту з моменту виготовлення до його реалізації -- не руйнувалася та запобігала надходженню в продукт небажаних інгредієнтів, не зумовлювала негативних якісних і кількісних показників його. Після використання продукту бажано, щоб упаковку можна було повторно використовувати або утилізувати. Адже це є умовою зменшення дедалі зростаючих витрат дефіцитних і важливих для існування людини природних сировинних і енергетичних ресурсів та забруднення навколишнього природного середовища відходами виробництва і використаної упаковки.

Для виготовлення пакувальних матеріалів (дерев'яна тара, картон, целофан тощо) щороку витрачаються мільйони тонн деревини, що призводить до вирубування великих площ лісів та порушення екологічної рівноваги в біосфері Землі. На виготовлення та застосування упаковки витрачається велика кількість енергетичних ресурсів, що дуже важливо в умовах їх дефіциту в нашій країні. Кожна тонна утилізованого паперу зберігає від вирубування 17 дерев, дає економію 4100 кВт енергії та 26000л води. Це також запобігає викиду в повітря 27кг забруднювальних речовин і вивезенню на смітники близько 2,3м³ сміття. Нагадаємо при цьому, що для виготовлення 1кг газетного паперу потрібно близько 33кг деревини. Проте на виготовлення тієї самої кількості нового паперу витрачається близько 1,3кг макулатури.

Відходи упаковки, що забруднюють довкілля, становлять близько 15% всіх

відходів і 20 — 25 % цієї кількості — це полімерна упаковка. Як відомо, пластмаси та інші пластики є продуктами перегонки нафти і газу. Отже, виготовлення пластиків передбачає використання невідновних природних ресурсів. Процес забруднення довкілля відходами полімерної упаковки ускладнюється тим, що нова упаковка одноразового використання після вживання продукту споживачем викидається практично без утилізації. Це призводить до появи небезпечних відходів, коли пластики виготовляються, і тоді, коли вони вже виготовлені й спалюються на сміттєспалювальних підприємствах, а ще гірше, коли здійснюють неорганізоване спалювання в побуті.

Надзвичайно важливою є повторне перероблення та використання алюмінію і скла, оскільки в такому разі досягається найбільша економія. При цьому слід узяти до уваги й те, що технології утилізації скла і металу найкраще відпрацьовані й використовуються в промисловості вже давно. Справа лише за розробкою ефективних організаційних заходів щодо збирання використаної тари й упаковки.

7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Метою проведення техніко-економічного розрахунку є визначення економічної доцільності модернізації дискової розпилювальної сушильної установки для сироватки.

7.1. Загальна характеристика ринку.

7.1.1. Опис та характеристика товару

Фізико-хімічні характеристики:

Таблиця 7.1



Вологість, Мах	3,0%
Жир, Мах	1,0%
Білок, Мін	10,0%
Кислотність, Мах	5°Т
Індекс розчинності (см3 сирого осаду), Мах	0,5
Лактоза, Мін	80%
Зола, Мах	1,0%
Ph (10% розчин), Мах	6,5
Бакосеменність, Мах	10 000 на г
Палочки колі	відсутні в 0,1 г
Сальмонела	відсутня в 25 г
Антибіотики	Відсутні
Чистота, Мах	диск А

Термічна стабільність: 12% розчин, кип'ятіння протягом 3 хвилин (100°C). Після кип'ятіння розчинення без флоккула або осаду.

Смак і запах: чистий смак, без сторонніх запахів.

Консистенція: сухий однорідний порошок.

Колір: однорідний білий або кремовий.


Упаковка: 4-х шаровий паперовий мішок з термальною запайкою, з одношаровим поліетиленовим мішком всередині, мінімальною товщиною 0,075

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Маркетингове обґрунтування проекту	230592.KP.007.007 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/9

мм. Внутрішній поліетиленовий мішок є окремим і не поєднаний із зовнішнім мішком.

Маса: нетто — 25,0 кг; брутто — 25,4 кг.

Строк та умови зберігання: 12 місяців за температури 0...+20°C та відносній вологості повітря не більше 80%.

	Упаковка	Мішок
	Маса нетто	25 г

7.2. Характеристика ринку

У країнах з високорозвиненою молочною промисловістю сироватка давно є цінною сировиною. На жаль, представники вітчизняної харчової галузі почали усвідомлювати цей факт відносно нещодавно як з технічних причин – нестача економічно вигідних технологій переробки, так і через психологічний чинник: довгий час цей продукт сприймався як виробничі відходи.

На сьогоднішній день ситуація в корені змінилася. В Україні вже існує ринок сироватки з явними лідерами її переробки і продажу. При цьому за порівняно недовгий період вітчизняні підприємства змогли в рази збільшити обсяги виробництва і навіть стали конкурентно спроможними на світовому ринку сухої сироватки. Багато операторів усвідомили цінність сироваткової сировини на тлі низької (практично нульової) її вартості і загального дефіциту сирого молока. Тому більшість аналітиків бачать величезний економічний потенціал у переробці сироватки в Україні.

Оцінка ефективності базується на порівнянні інвестиційних вкладень з грошовими потоками, що очікуються, із застосуванням методів дисконтування, тобто визначення теперішньої вартості майбутніх доходів.

Україна поки залишається в числі світових лідерів з виробництва сирів – молочні (сиро-молочних) виробів заводи отримують величезну кількість сироватки

7.3 Аналіз структури ринку

- Близько 70% підсирної сирої сироватки сконцентровано на двадцяти сирзаводах
- Попит на суху сироватку в Україні буде збільшуватися

- П'ять найбільших компаній випускають не менше трьох чвертей загального виробництва сухої сироватки в країні
 - У молочній промисловості України найбільш часто суха сироватка використовується у виробництві молочних консервів і морозива
 - Українська суха сироватка імпортується близько 30 країнами
- Основними виробниками сухої сироватки в Україні:

Таблиця 7.2

Виробництво сироватки по підприємствам		Відхилення			
Підприємство	Область	Січень-Серпень 2022, т	Січень-Серпень 2023, т	Доля 2023, % Абсолютне	2023 к 2022, % Відносне
Всього		38 069	41 608	100%	109%
Дубномолоко, ПАО	Рівненська	5 513	5 497	13%	100%
Тульчинський філіал, Фуд Девелопмент	Вінницька	4 966	5 269	13%	106%
Золотоношський МДК, ПАО	Черкаська	2 984	4 067	10%	136%
Пирятинський СЗ, ЧАО	Полтавська	3 652	4 007	10%	110%
Техмолпром, ООО	Полтавська	4 415	3 912	9%	89%
Канівський МСЗ, ПАО	Черкаська	3 052	3 196	8%	105%
Андрушевський МСЗ, ООО	Житомирська	1 214	1 882	5%	155%
Менський Сир, Філія	Чернігівська	1 345	1 823	4%	136%
Звенигородський СДК, ПАО	Черкаська	1 605	1 679	4%	105%
Интер-Фуд, Рожищенская Філія	Волинська	1 388	1 674	4%	121%
Ахтирський СК, Філія	Сумська	715	1 536	4%	215%

Таблиця 7.3

Виробництво сироватки по компаніям		Відхилення		
Компанія	Січень-Серпень 2022, т	Січень-Серпень 2023, т	Доля 2022, % Абсолютне	2023 до 2022, % Відносне
Всього	38 069	41 608	100%	109%
Молочний Альянс	6 636	8 102	19%	122%
Терра Фуд	6 354	6 943	17%	109%
Комо	5 513	5 497	13%	100%
Альміра	5 341	3 912	9%	73%

Мілкіленд Україна	2 293	3 359	8%	146%
Клуб Сира	3 052	3 196	8%	105%
АП Альянс	1 214	1 882	5%	155%
Савенсія	1 605	1 679	4%	105%
Бель Шостка Україна	1 258	1 423	3%	113%
Моліс	1 186	1 181	3%	100%
Хмельницький ЗСМ	961	1 021	2%	106%

7.4 Аналіз зовнішнього маркетингового середовища.

7.4.1 Аналіз основних конкурентів

АТ «Молочний Альянс» — Група компаній, що об'єднує потужні підприємства з виробництва та реалізації основних видів молочної продукції, лідер молочної галузі України.

Діяльність

Історія Групи компаній «Молочний Альянс» почалась з придбання декількох великих підприємств із виробництва молочних продуктів та їх об'єднання. Сьогодні Група компаній «Молочний Альянс» — це компанія з централізованою структурою управління фінансами, закупівлями, маркетингом, виробництвом, логістикою та продажами.

Виробничі потужності

До складу холдингу входять вісім виробничих підприємств молочної галузі: Група підприємств із виробництва сирів та молочної продукції:

- **ПрАТ «Пирятинський сирзавод»;**
- ПАТ «Баштанський сирзавод»;
- ПАТ «Золотоніський маслоробний комбінат»;
- ПАТ «Городенківський сирзавод»;
- ПАТ «Новоархангельський сирзавод».

Група підприємств із виробництва цільномолочної та кисломолочної продукції:

- **ПАТ «Яготинський маслозавод»;**

- Філія ПАТ «Яготинський маслозавод» «Яготинське для дітей»

Підприємство із збору та обробки молока та молочної продукції:

- ПрАТ «Тростянецький молочний завод».

Показники діяльності

За останні три роки підприємствами Групи компаній «Молочний Альянс» перероблено понад 1,5 млн тонн молока. У I півріччі 2022 року обсяг переробки молока становив 250,4 тис. тонн або 17% ринку.

Обсяг виробництва компанією готової молочної продукції в I півріччі 2022 року становив 88,6 тис. тонн, продемонструвавши 7% зростання у порівнянні з показниками аналогічного періоду 2021 року. Виріс і чистий дохід від реалізації продукції Групи компаній «Молочний Альянс». У I півріччі 2022 року цей показник становив близько 1,4 млрд грн., що на 6% більше порівняно з показниками аналогічного періоду 2021 року.

Ринкова частка Групи компаній «Молочний Альянс» у виробництві цільномолочної продукції в I півріччі 2022 року становила 9% ринку України. У порівнянні з 2019 роком цей показник виріс на 77%.

Група компаній «Молочний Альянс» є найбільшим виробником жирних сирів в Україні (ринкова частка становить 18% станом на I півріччя 2022 року). Компанія також є безумовним лідером за обсягами експорту натурального сиру за кордон. За результатами I півріччя 2022 року ринкова частка Групи компаній «Молочний Альянс» з експорту цього виду продукції становила 39%.

Фантастичних успіхів досягла і ТМ «Яготинське для дітей», що належить Групі компаній «Молочний Альянс». Всього за півтора року свого існування бренд став лідером ринку дитячого молочного харчування України, завоювавши 26,1% ринку.

Інновації та інвестиції

Усі найбільші підприємства Групи компаній «Молочний Альянс» сертифіковані за міжнародними стандартами управління та контролю якості ISO 9000 і ХАССР. Компанія відповідально стежить за оновленням

технологічних процесів та обладнання своїх підприємств, а також впровадженням інноваційних технологій. Так, за останні сім років підприємствами Групи компаній «Молочний Альянс» було освоєно більше 525 млн грн. капітальних інвестицій.

Екологія та охорона навколишнього середовища

За останні три роки було здійснено багатомільйонні вкладення:

- у будівництво власних нових очисних споруд на ПАТ «Баштанський сирзавод» та ПАТ «Золотоніський маслоробний комбінат»;
- у реконструкцію існуючих споруд для АТ «Пирятинський сирзавод»;
- у впровадження на підприємствах нанофільтраційних установок, які виключають потрапляння сироватки в заводські стоки.

Основними конкурентами компанії в Україні є:

Таблиця 7.4

Виробництво сироватки по компаніям				
Компанія	Січень-Серпень 2022, т	Січень-Серпень 2023, т	Доля 2022, %	2022 к 2023, %
Всього	38 069	41 608	100%	109%
Молочний Альянс	6 636	8 102	19%	122%
Терра Фуд	6 354	6 943	17%	109%
Комо	5 513	5 497	13%	100%
Альміра	5 341	3 912	9%	73%

Аналіз конкурентів можна представити в виді таблиці SWOT аналізу: SWOT аналіз – це визначення сильних та слабких сторін, а також можливостей та погроз (як зовнішній чинник).

SWOT аналіз підприємства по виготовленню молочної сироватки
«АТ «Пирятинський сирзавод»

Матриця SWOT-Аналізу

Таблиця 7.5

Можливості:	Загрози:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Поліпшення рівня життя населення 2. Зміна рекламних технологій 3. Поява нових постачальників 4. Зміни моди 5. Зниження цін на сировину й готову продукцію 6. Зниження податків і мит 7. Удосконалювання менеджменту 8. Розорення й відхід фірма-продавців 9. Зменшення імперативних норм законодавства 10. Удосконалювання технології виробництва 11. Пропозиції про співробітництво з боку вітчизняних підприємців 12. Невдала поведінка конкурентів 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зміна купівельних переваг 2. Поява товарів-субститутів 3. Зміна правил ввозу продукції 4. Збої в поставках продукції 5. Поява принципова нового товару 6. Зниження рівня життя населення 7. Зростання темпів інфляції 8. Жорсткість законодавства 9. Зміна рівня цін 10. Перегони курсів валют 11. Поява нових концернів 12. Збільшення конкурентних переваг з боку конкурентів 13. Зростання податків і мит 14. Посилення конкуренції 15. Зростання безробіття 16. Погіршення політичної обстановки 17. Націоналізація бізнесу 18. Поява нових фірм на ринку

Сильні сторони:	«Сила і можливості»	«Сила і загрози»
<ol style="list-style-type: none"> 1. Достовірний моніторинг ринку 2. Налагоджена збутова мережа 3. Різноманітний асортименти продукції 4. Високий контроль якості 5. Висока рентабельність 6. Збільшення обігових коштів 7. Висока кваліфікація персоналу 8. Гарна мотивація персоналу 9. Достатня популярність 	<p>- вихід на нові ринки, збільшення асортиментів, додавання супутніх товарів і послуг дозволить наявність фінансових коштів;</p> <p>- достатня популярність буде сприяти виходу на нові ринки;</p> <p>- кваліфікація персоналу, контроль якості, невдала поведінка конкурентів і розвиток рекламних технологій дадуть можливість встигнути за ростом ринку;</p> <p>- чітка стратегія дозволить використовувати всі можливості.</p>	<p>- посилення конкуренції, політика держави, інфляція й ріст податків, зміна смаків і рід споживачів вплинуть на проведення стратегії;</p> <p>- поява конкурентів викличе додаткові видатки фінансових ресурсів;</p> <p>- популярність захистить від товарів-субститутів і додасть переваг у конкуренції;</p> <p>- достовірний моніторинг уловить зміни смаків споживачів.</p>
Слабкі сторони:	«Слабкість і можливість»	«Слабкість і загрози»

<ol style="list-style-type: none"> 1. Збої в постачанні 2. Недоліки в рекламній політиці 3. Середній рівень цін 4. Низький рівень сервісу (додаткові послуги) 5. Не повна завантаженість виробничих потужностей 6. Неучасть персоналу в прийнятті управлінських рішень 7. Недостатній контроль виконання наказів і розпоряджень 	<ul style="list-style-type: none"> - погана рекламна політика створить труднощі при виході на нові ринки, збільшенні асортиментів додаванню додаткових супутніх продуктів і послуг; - неучасть персоналу в прийнятті рішень і недостатній контроль виконання розпоряджень при зниженні безробіття може привести до саботажу; - зниження рівня цін, розмірів податків і мит при збереженні середнього рівня цін дозволить одержувати надприбутки. 	<ul style="list-style-type: none"> - поява нових конкурентів, низький рівень сервісу й середній рівень цін погіршить конкурентну позицію; - несприятлива політика держави може привести до виходу з галузі; - непродумана рекламна політика не втримає покупців при зміні їх смаків; - неповна завантаженість виробничих потужностей при зростанні темпів інфляції й стрибків у курсах валют може привести до банкрутства компанії.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

У всьому різноманітті факторів зовнішнього й внутрішнього середовища, можна помітити їхній поділ на дві групи: ті, які піддаються керуванню з боку керівництва фірми, і ті, які такому управлінню не піддаються. Цей поділ важливий з погляду прогнозування, кон'юнктурних досліджень, стратегічного й іншого планування, висування цілей.

У процесі вироблення стратегії необхідно враховувати, що можливості й погрози можуть переходити у свої протилежності. Для успішного застосування Swot-Аналізу оточення організації важливо вміти не тільки розкрити загрози й можливості, але й спробувати оцінити їх з погляду того, як важливим для організації є облік у стратегії своєї поведінки кожної з виявлених загроз і можливостей.

Для такої оцінки найчастіше застосовують метод позиціонування на матрицях можливостей і загроз (див. таблицю).

Для компанії «АТ «Пирятинський сирзавод» після проведеного аналізу найбільш значимими та ймовірними виявилися можливості розширення частки ринку, розширення асортиментів і розробка нового напрямку із продажу супутніх товарів.

Після проведеного аналізу позиціонування загроз було виявлено, що:

230592.KP.007.007 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
----------------------	------------	--------------	---------	-------

- до критичного стану фірму можуть привести або вихід у галузь великої кількості конкурентів і корінна зміна смаків споживачів;
- до руйнування компанії або її виходу з галузі може привести обмежувальна політика державних органів, наприклад, збільшення митних зборів і мит, збільшення транспортних тарифів, зміна правил торгівлі.

Висновки:

Оцінивши нормативні зміни значення показників, які дозволяють визначити ефективність та економічність підприємства дають змогу зробити висновок, про доцільність реалізації проекту.

Проект задовольняє вимоги споживачів, збільшує конкурентні переваги підприємства, утримуючи його лідером країни в виробництві та експорті сухої сироватки.

ВИСНОВКИ

1. В роботі розглянуто процеси сушіння молочних продуктів, основи апаратурного оформлення та інтенсифікації процесів сушіння молочної сироватки.
2. Вивчено існуючі методи досліджень по загальній аеродинаміці камер сушіння з верхньою подачею теплоносія та відцентровим розпиленням продукту та обрано найбільш оптимальний метод для заданих умов.
3. Досліджено аеродинаміку камери сушіння з верхньою подачею теплоносія та відцентровим розпиленням продукту. На основі дослідження удосконалено систему подачі повітря.
4. Виконано необхідні теплові та механічні розрахунки для сушильної установки.
5. Підібрано конструкційні матеріали для сушильної камери.
6. Розроблено технологію складання вузла окремої деталі установки.
7. Розроблено правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.
8. Розроблено схему автоматизації виробничого процесу.
9. Розглянуто стан виробничого травматизму, організацію служби охорони праці, фінансуванню заходів з ОП. Виконано аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації сушильного відділення.
10. Вивчено проблеми охорони довкілля при виробництві молочних продуктів.
11. Підібрано такі параметри роботи сушильної установки, які, при збільшенні загальної подачі теплоносія забезпечують необхідний час прольоту частинок продукту через камеру сушіння, для його висушування і при цьому стабільну роботу сушарки
12. Вивчено структуру маркетингового обґрунтування.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Висновки	230592.KP.007.000 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/1	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г., Храмцов А. А., Бельмасова Е. В. Молочна сироватка: використання та зберігання // Сироробство. - 1999. - №2. - С. 23-25.
2. Елагін Р. В., Поляк А. Л. Ринок сухого молока: “холодне літо” 1996. // Молочна промисловість. - 1997. - №1. - С. 10-11.
3. Молочна промисловість США в цифрах // Молочна промисловість - №3. - 1997. - С. 7-9.
4. Яровий В. Л. Дослідження процесу сушіння молочного цукру в псевдозрідженому шарі та створення апарату нової конструкції: дис.канд. техн. наук: 05.18.12. - К., 1981. - 220 с.
5. Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г. Продукти з знежиреного молока, пахти та молочної сироватки. - 1982.- 295 с.
6. Храмцов А.Г., Євдокімов І. А., Костіна В. В., Рябцева С. А., Пажин В. Г. Раціональна переробка молочної сироватки // Молочна промисловість. - 1996. - №4. - С. 10-12.
7. Храмцов А. Г. Молочна сироватка. - 1990. - 240 с.
8. Харитонов В. Д., Грановський В. Я. Ефективність різних способів отримання сухого молока: Обзорна інформація. - 1982. - 31 с.
9. Ликов А. В. Теорія сушки. - 1968. – 470 с.
10. Філатов Ю. І. Сучасні напрямки в галузі розпилювального сушіння молочної сироватки: Оглядова інформація. - 1979. - 28 с.
11. Пат. 2127526, МПК6 А 23 С 1/04. Спосіб отримання сухого молока, молочних та молоковмісних продуктів / Борисов Ю. Я., Плановський А. А.; Акуст. ін-т - №98100158/13; Заявл. 16.1.98; Публ. 20.3.99; Бюл. №8.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коваленко В.А.	Назва, додаткова назва Список використаних джерел	230592.KP.007.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/4

12. Пат. 2098977, МКИ⁶ А 23 С 21/10. Спосіб виробництва сухої молочної сироватки / Храмцов А. Г., Лодигін А. Д., Рябцева С.А., Євдокімов І. А., Журба Л. П.; - №96101262/13; Заявл. 18.1.96; Публ. 20.12.97; Бюл. №35.

13. Харитонов В. Д. Двухстадійна сушка молочних продуктів. - 1986. - 215 с.

14. Бетрозов О. І., Черногорова А. А., Терлоєв Х. Ю. Вплив режимів кристалізації лактози на ефективність процесу // Молочна промисловість. - 1986. - №5. - С. 42-44.

15. Харитонов В. Д., Базіков В. И., Грановський В. Я., Зубков І. В., Філатов Ю. І. Вплив режимів сушіння та концентрації сухих речовин на якість сухого молока. - 1974. - Вип.4. - С.16-18.

16. Удодова Т. С. Дослідження адгезійних характеристик знежиреного молока // Молочна промисловість. - 1986. - №9. - С. 23-25.

17. Ліпатов Н. Н., Харитонов В. Д. Сухе молоко. - 1981. – 264 с.

18. Ліпатов Н. Н., Харитонов В. Д., Грановський В. Я. Аналіз деяких шляхів інтенсифікації роботи апаратів для одержання сухого молока. - 1978. - №46. - С.3-9.

19. Ужов В. Н., Вальдберг А. Ю. Очистка газів мокрими фільтрами. - М.: Хімія, 1972. - 247 с.

20. Полянський К.К., Іванов В. Л., Лісін П. А. Зміна дисперсності сухих молочних продуктів отриманих на розпилювальній установці ВРА-4 // Зберігання та перероб. сільгоспсировини. - 1993. - №3. - С. 14-15.

21. Орлов Л. О., Вересоцький Ю. І., Гнатенко М. А. Інтенсифікація процесів сушки рідких харчових продуктів в розпилювальній сушарці // Наукові праці УДУХТ. - 2000. - №6. - с.98-99

22. Ликов М. В., Леончик Б. І. Распилювальні сушки. - 1966. - 336 с.

23. Орлов Л.А., Гнатенко Н.А., Вересоцький Ю.І. Розпилювальна сушарка для рідких харчових продуктів // Збірник тез. доп. Міжнародній науково-технічній конференції “Техніка та технологія харчових виробництв”. – Могильов: МТІ – 1998. – с.159.

- 24.** Харитонов В. Д. Режими сушіння та їх вплив на якість сухого молока: Оглядова інформація. - 1981. - 30 с.
- 25.** Грановський В. Н., Харитонов В. Д. Вплив температури теплоносія на інтенсивність процесу сушіння молока. - 1982. - С. 9-11.
- 26.** Ликов М. В. Сушка розпилюванням. - 1955. - 204с.
- 27.** Лебедєв П.Д. Розрахунок та проектування сушильних установок. (навч. для вищ. техн. навч. закладів). - 1962. - 320с.
- 28.** Пітерський Г.П. Сушильне обладнання // Збірник наукових праць (Хімічне машинобудування). – 1976. – С. 20-28.
- 29.** Перрі Дж. Довідник інженера-хіміка. - Т. П. Л.: "Хімія", 1969.
- 30.** Франк-Каменецький Д.А. Дифузія й теплопередача в хімічній кінетиці. - 1947.
- 31.** Левич В.Г. Фізико-хімічна гідродинаміка. - 1959.
- 32.** Ламм Е.Л. Витрата потужності. - "Хімічне й нафтове машинобудування", 1971, №11, с. 11-12.
- 33.** Циклаурі Г.В. і ін. Адіабатні двофазні плинні. - 1973.
- 34.** Кавецький Г. Д., Плановський А.Н., Акопян Л.А. Хімічна промисловість, №6, 1963.
- 35.** Інженерно-фізичний журнал // січень, том VII, №1. -1965.
- 36.** Ламм Е.Л. Дослідження особливостей взаємодії дисперсного та газового середовища в апаратах з відцентровим розпилюванням та розробка газопідвідних пристроїв // автореферат дисертації КТН. – 1973.
- 37.** Голубков Б.Н., Пятачков Б.И, Романова Т.М. Кондиціонування повітря, опалення та вентиляція: Підручник для вузів. - 1982 – 232с.
- 38.** Анурьєв В.І. Довідник конструктора-машинобудівника. - 1979.
- 39.** Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин. - К.: "Вища школа", 1993.
- 40.** Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Розрахунок і проектування деталей машин. Харків. Вища школа. - 1988.

- 41.** Дунаєв П.Ф., Леліков О.П. Конструювання вузлів і деталей машин. - 1985.
- 42.** Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці К.: Основа, 2000 - 416с.
- 43.** Трегуб В.Г., Терновий А.В. Наладка та експлуатація систем автоматизації харчових виробництв. - К.: Техніка, 1978. - 320 с.
- 44.** Методичні вказівки до виконання розділу "Автоматизація виробничих процесів" у дипломному проекті для студентів всіх спеціальностей денної форми навчання / Уклад. Б.М. Гончаренко, І. В. Ельперін, О. М. Баришніков. - К.: УДУХТ, 2001. - 36 с .
- 45.** Запольський А.К., Українець А.І. Екологізація харчових виробництв: Підручник. – К.: Вища шк., 2005 – 423с.: іл.
- 46.** Хлопков В.Ф., Просвірін В.А. Організація, планування виробництва та управління на підприємствах цукрової промисловості. - 1978. – 456с.
- 47.** Гальперін Д.М. Монтаж і наладка технологічного обладнання підприємств їхарової промисловості. - 1988. – 320с.
- 48.** Гальперін Д.М., Міловідов Г.В. Технологія монтажу, наладки і ремонту обладнання харчових виробництв. - 1990 – 399с.
- 49.** Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів спеціальностей 7.090221 „Обладнання переробних і харчових виробництв" і 7.090226 „Обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості" напряму 0902 „Інженерна механіка" ден. та заоч. форм навч./Уклад.: М.І. Сороколіт, П.І. Меньяло, В.М, Таран, В.Л. Яровий. - К.: НУХТ, 2004. - 40с.
- 50.** Гінзбург А.С. Розрахунок та проектування сушильних установок харчової промисловості. - 1985.- 240 с.
- 51.** Optimization of Process Parameters for Spray Drying of Milk A. M. Telang & B. N. Thorat Nov 2010.
- 52.** [http:// www.niroinc.com](http://www.niroinc.com)