

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ *ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого*

Кафедра *машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*

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

« ___ » _____ 2025 р.

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

« ___ » _____ 2025 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: Підвищення ефективності роботи розпилювального сушильного апарату для молока продуктивністю 640 кг/год по видаленій волозі

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

Конопко Роман Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Чепелюк Олександр 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 Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

Київ - 2025р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

проф. Олександр ГАВВА

« ____ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Конопка Романа Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення ефективності роботи розпилювального сушильного апарату для молока продуктивністю 640 кг/год по видаленій волозі керівник проекту (роботи) Чепелюк Олександр Миколайович, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 17 » вересня 2025 р. № 712-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання, креслення обладнання, навчальна, нормативна 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; монтаж, ремонт та експлуатація обладнання, принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; заходи з охорони праці та охорони довкілля; висновки; список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу:

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальне креслення – 2 аркуші; Деталювання – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 01.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Реферат, зміст</i>	08.10.2025	виконано
2	<i>Вступ</i>	11.10.2025	виконано
3	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження</i>	17.10.2025	виконано
4	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>	24.10.2025	виконано
5	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	29.10.2025	виконано
6	<i>Розрахункова частина</i>	04.11.2025	виконано
7	<i>Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання</i>		виконано
8	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	11.11.2025	виконано
9	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>	15.11.2025	виконано
10	<i>Висновки</i>	20.11.2025	виконано
11	<i>Список використаних джерел</i>	21.11.2025	виконано
12	<i>Графічна частина</i>	24.11.2025	виконано
13	<i>Оформлення записки</i>	26.11.2025	виконано
14	<i>Подача роботи на кафедру</i>	30.11.2025	виконано

Здобувач _____

(підпис)

Роман КОНОПКО

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Олександр ЧЕПЕЛЮК

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дослідження в магістерській кваліфікаційній роботі є процес сушіння коров'ячого молока у розпилювальній сушарці марки А1-ОР2Ч.

Метою дослідження є визначення раціональних конструктивних параметрів розпилювального диска та системи подачі сушильного агента.

У даній кваліфікаційній роботі проаналізовано переваги й недоліки процесу розпилювального сушіння, а також охарактеризовано основні типи сушильних установок, що застосовуються на підприємствах харчової промисловості для виробництва сухого молока. Подано ключові конструктивні, технологічні та експлуатаційні параметри розпилювальної сушарки А1-ОР2Ч. Розкрито методику проведення моделювання і сформульовано рекомендації щодо практичного використання отриманих результатів.

Інтенсифікація процесу розпилювального сушіння коров'ячого молока забезпечено шляхом удосконалення конструкції розпилювального диска та впровадження додаткового контуру подачі сушильного агента (гарячого повітря), що підтверджено результатами проведених досліджень.

Обсяг магістерської роботи: 108 сторінок пояснювальної записки формату А4, 5 аркушів графічної частини формату А1.

Ключові слова: сушіння, молоко, розпилювальний, диск, крапля.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Реферат	240270.KP.007.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/2

ABSTRACT

The object of research in the master's thesis is the process of drying cow's milk in a spray dryer of the A1-OR2Ch brand.

The purpose of the research is to determine the rational design parameters of the spray disk and the drying agent supply system.

This qualification paper analyzes the advantages and disadvantages of the spray drying process, and also describes the main types of drying units used in food industry enterprises for the production of powdered milk. The key design, technological and operational parameters of the spray dryer A1-OR2Ch are presented. The research methodology is disclosed and recommendations are formulated for the practical use of the obtained results.

The intensification of the spray drying process of cow's milk was achieved by modernizing the design of the spray disk and introducing an additional drying agent (hot air) supply circuit, which was confirmed by the results of the conducted research.

The scope of the master's thesis: 96 pages of explanatory note in A4 format, 10 sheets of graphic part in A1 format.

Keywords: drying, milk, spray, disk, drop.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження	8
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	20
3. Дослідна частина та узагальнення результатів	26
4. Розрахункова частина.....	41
5. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання.....	64
6. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	74
7. Заходи з охорони праці та охорони довкілля	78
Висновки	93
Список використаних джерел.....	94
Додатки.....	97

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Зміст	240270.КР.007.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/1

ВСТУП

Щодня мільйони літрів молока в світі переробляються в сухі молочні продукти широкого асортименту. Найбільшу питому вагу становлять різні види сухого незбираного молока і молока знежиреного, в той же час освоєно нові види сухих молочних продуктів: швидкорозчинне незбиране молоко, сухі суміші для різних видів морозива, сухі суміші для кисломолочних напоїв, сухі молочні суміші для дитячого харчування, сухі вершки, тощо. Велике значення також надається сухим молочним продуктам з побічної продукції (вторинної сировини).

З молочної сироватки, наприклад, отримують суху сироватку, яка використовується в хлібопекарській промисловості, в медицині, при виробництві морозива та плавлених сирів, в інших галузях народного господарства.

В молочній промисловості використовуються декілька способів сушіння: розпилювальний, плівковий, сублімаційний, у стані піни, у киплячому стані. У вітчизняній молочній промисловості найбільшого поширення набув розпилювальний метод.

Однією з основних переваг розпилювального сушіння є короткотривалий вплив високої температури на часточки сировини що висушується, внаслідок чого при розпилювальному сушінні отримується високоякісний продукт.

До недоліків розпилювальних сушарок слід віднести високі енерговитрати на процес сушіння, значні габарити та високу вартість обладнання.

Більшість розпилювальних сушильних установок має періодичний технологічний цикл, тривалість якого залежить від експлуатаційних та енергетичних характеристик обладнання, складу вхідного та вихідного

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Вступ		240270.KP.007.000 ПЗ		
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/2

продукту і т.д. Досить часто сушильні установки зупиняють для видалення зі стінок камер відкладень налиплого продукту. Для цього використовують сухе очищення ручним або механізованим способом.

Ручний спосіб пов'язаний з несприятливими умовами праці, а механізований може викликати пошкодження внутрішньої поверхні камери. До механізованих способів очищення також відносять використання електромеханічних і пневматичних молотків, що встановлюються на зовнішніх поверхнях стінок сушильних камер і циклонів. До недоліків цих пристроїв можна віднести їх недостатню ефективність, низьку ремонтпридатність та складність в обслуговуванні.

З початку 2000-х років для усунення налипань матеріалів в системах сушильних розпилювальних установок застосовуються також ефективні магнітно-імпульсні установки.

Хоча вищенаведені способи набули широкого застосування в промисловості, вони не завжди гарантують якісне очищення технологічних поверхонь обладнання та не можуть допомогти уникнути налипання продукту на стінках в процесі його сушіння, тобто вони борються з наслідком.

В той же час раціоналізація руху потоків теплоносія в сушильній башті, шляхом виявлення застійних зон і особливо зон турбулентності, коли висушений продукт повторно потрапляє в область високих температур, дозволить застосувати комплексний підхід у вирішенні цієї проблеми.

А удосконалення конструкції розпилювального диска дасть змогу підвищити якість кінцевого продукту та, можливо, знизити енергозатрати.

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

Під час розпилювального сушіння відбувається інтенсивне випаровування розчинника з оброблюваного продукту, у результаті чого утворюється сухий порошкоподібний або гранульований матеріал.

З економічної позиції цей метод доцільно застосовувати для продуктів, що перебувають у стані, близькому до насичення, або коли в сушильній камері реалізується комбінований гігротермічний процес обробки. Продукт подається в сушильну камеру через форсунки чи обертові диски, де диспергується та вступає у контакт із сушильним агентом — гарячим повітрям, продуктами згоряння палива або перегрітою парою. Завдяки розпиленню різко збільшується площа випаровування, що забезпечує інтенсивний масо- та теплообмін між частинками продукту та сушильним середовищем.

Розпилені частки швидко втрачають вологу й, висихаючи, під дією сили тяжіння осідають на дно сушильної камери, звідки їх безперервно виводять. Частина дрібнодисперсних частинок не опускається вниз, а виноситься потоком сушильного агента й осаджується на пиловловлювальних пристроях.

Структура висушених частинок може варіювати — від монолітної до пористої чи губчастої, що визначається насамперед молекулярними властивостями продукту та встановленими параметрами процесу сушіння.

На сьогодні застосовуються різні технологічні варіанти розпилювальної сушки. Одним із них є холодне розпилювальне сушіння, яке використовують для матеріалів, що переходять у рідкий стан при нагріванні, а після охолодження знову твердіють. У цьому випадку продукт розпилюють у камеру в нагрітому стані, а проходячи крізь потік холодного сушильного агента, частинки швидко втрачають вологу, використовуючи власний тепловий запас.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження		240270.KP.007.001 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.	Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/12		

Метод сушіння з попереднім перегріванням розчину перед розпиленням має низку переваг: підвищується ефективність диспергування, зменшуються габарити обладнання та питомі енерговитрати, а в окремих випадках покращуються властивості готової продукції. Для роботи з дорогими і термочутливими матеріалами застосовують ультразвукові розпилювачі та генератори ультразвукового поля, що забезпечують дбайливі умови сушіння.

Загалом процес розпилювального сушіння може бути реалізований для будь-яких продуктів, які можна подати до розпилювальних пристроїв під тиском або за допомогою насоса.

У порівнянні з іншими видами сушки продуктів розпилювальна сушка має деякі переваги.

1) Невелика тривалість процесу сушіння, яка може становити від 15 до 30с. При цьому температура у часток продукту в сушильній камері практично дорівнює температурі випаровування чистої води. Це пов'язано з тим, що частинки мають насичену поверхню. Сушка проходить практично миттєво. У поєднанні з невисокою температурою диспергуємих частинок продукту це дозволяє отримати високоякісний сухий продукт. Такий метод сушіння не викликає денатурацію білків, окислення і втрат вітамінів. Розпилювальну сушку застосовують не тільки для харчових продуктів, але і органічних солей та барвників, медичних і біологічних препаратів, тобто всіх термочутливих речовин. Отримати сухий продукт такої ж якості можна тільки при використанні сушарок, що створюють глибокий вакуум.

2) Легкість регулювання різних показників якості висушеного продукту шляхом зміни параметрів режиму сушіння. До них відносяться об'ємна вага сухого порошку, розмір часток, залишкова вологість, температура.

3) Висушений продукт повністю готовий до використання, так як немає необхідності проводити його подрібнення, і має відмінну розчинність.

4) Застосування методу розпилювального сушіння в більшості випадків дозволяє спростити технологію отримання сухого порошку і повністю її механізувати. Стають не потрібними наступні операції: помел, центрифугування, фільтрація.

5) Висока продуктивність установок розпилювального сушіння по висушують матеріал поєднується з невеликою кількістю обслуговуючого персоналу.

6) Через те що вологі частинки висушуваного продукту не вступають в контакт з поверхнею сушильної камери до повного їх висихання, спрощується завдання проектування установки. Немає необхідності вирішувати питання корозії матеріалів.

7) Великий діапазон можливих температур в зоні сушки: від 60 до 1200°C.

8) Для сушки та подрібнення липких аморфних продуктів розпилювальні сушарки підходять найкраще. Розмолоти такі продукти неможливо. Додатковою перевагою розпилювального сушіння є знаходження невеликої кількості продукту в сушильній камері. Це запобігає ймовірності псування якого-небудь значного обсягу продукції у разі екстреної зупинки сушарки.

9) Розпилювальна сушка дозволяє легко отримати сухий продукт, що складається з декількох компонентів. Для цього їх змішують в рідкому стані перед розпиленням в сушильній камері або виробляють їх одночасне розпилення.

10) Сушка розпиленням виключає попадання пилу з частинок висушуваного продукту у виробничі приміщення. Цей фактор дуже актуальне при сушінні шкідливих для людини речовин.

Однак у методу сушки розпиленням є і свої недоліки:

- при сушінні продуктів з початковою температурою повітря від 100 до 150 ° С необхідні сушарки з досить великими питомими габаритами;

- значна вартість обладнання для диспергування рідкого продукту та відділення сухого продукту від відпрацьованого сушильного агента;

- метод пов'язаний з великою витратою електричної енергії для забезпечення розпилення продукту і підтримки значної витрати сушильного агента. Останній не може бути насичений вологою в повній мірі у разі невисоких початкових температур процесу сушіння;

- отриманий сухий порошкоподібний продукт має невеликий об'ємний вагу. Через це доводиться вводити додаткові операції (брикетування).

При розпилювальній сушки питома витрата тепла становить від 850 до 1500 ккал на 1 кг вологи, що випаровується (даний параметр залежить від конкретних режимів сушки).

Розпилювальна сушка продуктів дозволяє поліпшити техніко-економічні показники сушіння при проведенні інтенсифікації процесу випаровування вологи. З практики встановлено, що високодисперговані продукти можуть бути висушені при значній інтенсифікації процесу. Це дозволяє скоротити габаритні розміри установки і зменшити витрату тепла та електричної енергії. Висушуваний продукт самопливом надходить всередину диска, що обертається з великою швидкістю, набуває обертальний рух і під дією відцентрової сили викидається в сушильну камеру, перетворюючись при цьому в дрібні краплі. Для досягнення однорідного розпилення необхідні рівномірною подача продукту на диск і відсутність його вібрації.

Розмір крапель при розпилюванні диском тим менше, чим більше колова швидкість і діаметр диска. Чим вища швидкість обертання диска, тим більш однорідним буде розпорошення. У середньому колова швидкість повинна бути не нижче 60 м/с. Практично в сучасних розпилювальних сушарках окружна швидкість дорівнює 100 ... 150 м/с. Це дозволяє отримати більш однорідний тонкодисперсний висушений продукт і зменшити розміри сушильної камери, так як діаметр факела розпилення і висота сушарки в результаті такого розпилення продукту зменшуються. Крім того, створюються сприятливі умови для руху розпорошується продукту і гарячого повітря; можна підвищити продуктивність сушарок, не збільшуючи їх розмірів. Види різних розпилювальних відцентрових дисків показані на рис. 1.1.

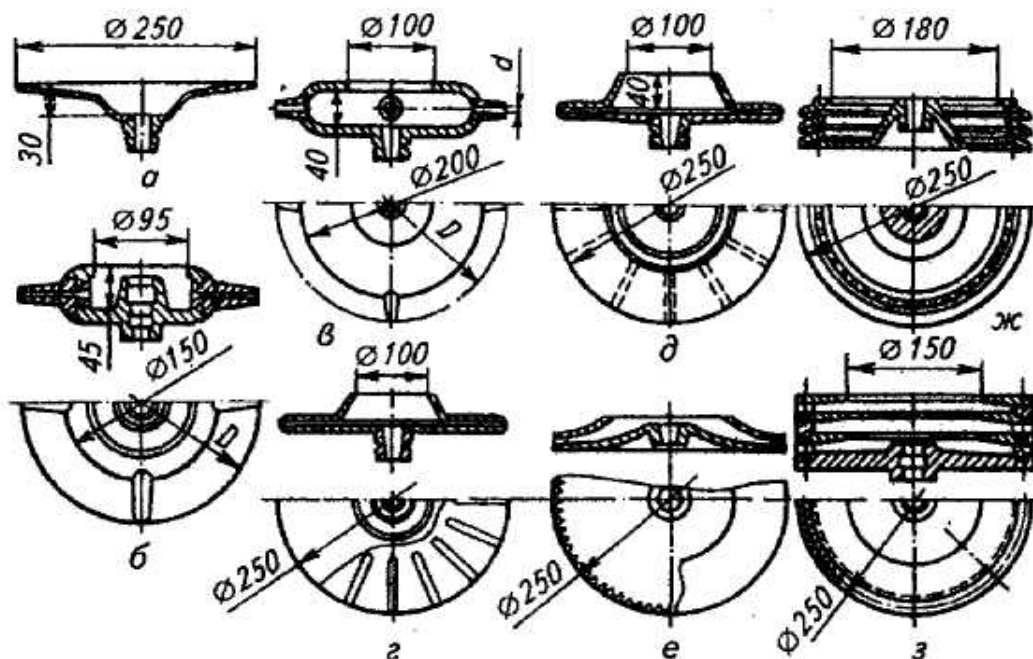


Рис.1.1. Види розпилювальних відцентрових дисків:

а – тарільчастий відкритий; б – зі змінними соплами; в – зі змінними соплами полегшений; г – плоский закритий з перегородками; д – плоский закритий з отворами; е – плоский закритий з зубами; ж – триярусний гладкий з отворами; з – триярусний з перегородками.

Діаметр отворів в дисках зі змішаними соплами може бути 4, 6 і 8 мм, діаметр самого диска 200, 250, 300 і 350 мм. Мінімальна частота обертання диска складає $133 \dots 167 \text{ с}^{-1}$, але може бути доведена до 500 с^{-1} . За цих умов діаметр частинок продукту, що розпилюється може становити $(10 \dots 20) 10^{-6} \text{ м}$.

Необхідну частоту обертання диск отримує за допомогою електромеханічного приводу з мультиплікатором черв'ячного, фрикційного або зубчастого типу, парової або пневматичної турбіни, а також високочастотного електродвигуна з охолодженням, що працює від струму підвищеної частоти (до 200 Гц). Останній спосіб більш надійний, тому що забезпечує стабільність розпилення, завдяки чому збільшується кількість розчинних білкових речовин в готовому продукті при більш високій вологості.

Особливістю дискового розпилення є те, що факел розпилення розташований в горизонтальній площині, а його діаметр визначається дальністю польоту крапель висушуваного продукту. Зазвичай за діаметр факела

розпилення приймають діаметр кола, де випадає близько 90% всього розпорошеного продукту.

Діаметр факела при розпилюванні відцентровим диском зростає в міру збільшення кількості висушеного продукту і зменшується при підвищенні частоти його обертання. З вихідним повітрям з сушильної камери виносяться дрібні частинки висушеного продукту. Винесення продукту з відпрацьованим повітрям навіть при правильно обраному режимі сушки складає до 10% загальної маси висушеного матеріалу.

Крім економічних втрат, значне винесення готового продукту призводить до забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з цим необхідно передбачити очистку повітряних викидів. Для вловлювання порошку висушеного продукту застосовують рукавні фільтри і відцентрові циклони.

Розпилення за допомогою обертового диска застосовується в сушарках, що випускаються багатьма зарубіжними фірмами - «Краузе», «Ніро Атомайзер», «Нема» (продуктивністю 300 і 500 л / год) і ін.

У всіх сушарках цього типу молоко надходить самопливом по молокопроводу всередині сушильної башти в порожнину диска, що обертається, через його центральний отвір. Завдяки відцентровій силі, що розвивається в результаті обертання диска, молоко викидається через отвори на периферійній частині диска, розпорошуючись на дрібні краплі.

Високий ступінь диспергування для достатньої швидкості висушування і, відповідно, для отримання якісного продукту вимагає значних колових швидкостей при обертанні диска.

Значні швидкості обертання диска вимагають застосування спеціальних механізмів: парової турбіни з протитиском, швидкохідного високочастотного електродвигуна або електродвигуна з редуктором. Кожен з них має свої переваги і недоліки.

Установки для сушіння рідких молочних продуктів бувають різних типів: поверхневі, розпилювальні. Кожен тип має свої плюси та мінуси. Найбільшого розповсюдження набули розпилювальні сушильні установки. Для порівняння розглянемо різні типи сушильних установок і виберемо найкращий варіант.

Сушильно-подрібнювальний агрегат СДА—250 (рис. 1.2) є сушаркою поверхневого типу і служить переважно для сушіння знежиреного молока. Агрегат має сушарку, транспортувальний пристрій, подрібнювальний пристрій.

Сушарка являє собою два порожнисті валки 9, закритих з торців кришками. До кришок приєднані цапфи, одна з яких порожниста і служить для підведення пари і відведення конденсату. Підшипники одного з вальців рухомі, і це забезпечує регулювання відстані між валками в межах 0,7 - 0,8 мм. У верхній частині установки розміщений жолоб з отворами, через які продукт рівномірно розподіляється по поверхні барабана.

Із зовнішніх боків валків знаходяться ножі для зрізання продукту з валиків в дробильний агрегат. Положення ножів регулюється гвинтами так, щоб ребро кожного ножа було паралельне валкам. Зверху установки знаходиться витяжний зонд.

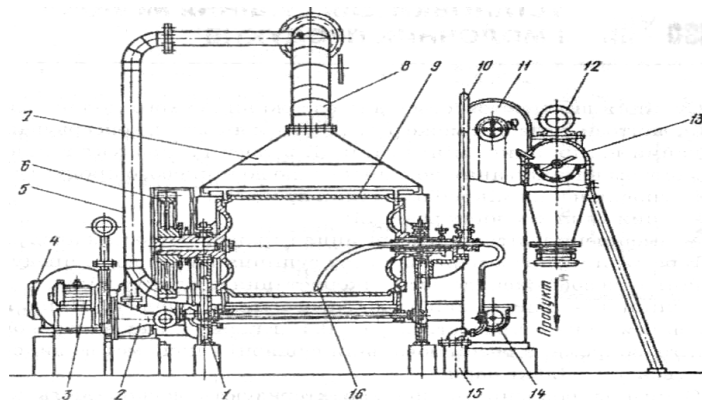


Рис. 1.2. Сушильно-подрібнювальний агрегат СДА—250:

- 1- станина; 2,5 - повітропроводи; 3 - електродвигун вентилятора;
 4 - електродвигун вальців; 6 - привідний механізм; 7 - витяжна парасоля;
 8 - механізм відводу пари; 9 - вальці; 10 - патрубок для впускання пари;
 11 - елеватор; 12 - електродвигун дробарки; 13 - дробарка; 14 - шнек;
 15 - конденсатовідвідник; 16 - патрубок для відводу конденсату.

У процесі роботи установки згущене молоко з жолоба рівномірно розподіляється тонкою плівкою на поверхні обох валків. У валки подається водяна пара під тиском 0,3–0,5 МПа, що забезпечує їх нагрівання до 110–120 °С. У зоні між валками, які обертаються назустріч один одному, формується

ванна киплячої рідини. Під час функціонування обладнання продукт, нанесений на нагріті валки тонким шаром, швидко висушується. Отримана суха плівка молока видаляється за допомогою скребоків і подається шнеками до дробильного пристрою.

Дробильний агрегат складається з обертових бил і просіювального елемента. Подрібнена маса у вигляді порошку надходить у мішки. Водяна пара, що утворюється в процесі сушіння, видаляється системою витяжної вентиляції (2, 3, 5, 7, 8). Продуктивність установки за випареною вологою становить 230–250 кг/год, а за сухим продуктом — близько 90 кг/год. Витрати пари на 1 кг готового порошку становлять 1,2–1,4 кг. Недоліком даного типу сушильних установок є відносно низька розчинність отриманого продукту — 80–85 %, що обмежує сфери їх застосування, хоча за енерговитратами вони економічніші порівняно з розпилювальними сушарками.

Розпилювальні сушильні установки

Одним із методів підвищення якості сухих молочних продуктів та зменшення витрат енергії під час сушіння є застосування дво- та тристадійних систем. Перша стадія відбувається у розпилювальній сушарці, тоді як наступні у шарі псевдозрідження, який може розташовуватися як усередині сушильної камери, так і за її межами. Важливою додатковою операцією при розпилювальному сушінні є агломерація — повторне змочування та з'єднання дрібних частинок у більші гранули, що покращує розчинність, сипучість і текучість кінцевого порошку.

Сушильна установка RSM-500 (Чехія) (рис. 1.3) складається з вертикальної циліндричної башти 1 з конічним днищем, парового калорифера 12 для підігрівання повітря, системи циклонів 7 для його очищення, бункера 6 для збору сухого молока, дискового розпилювача 2 та пневмотранспортної системи 8. Башта має внутрішній діаметр 5,5 м і висоту 3 м при загальній висоті конструкції 7,55 м. Внутрішня поверхня виготовлена з нержавіючої сталі, а зовнішня частина теплоізольована та облицьована алюмінієвими листами. На корпусі встановлені молотки, що періодично вдаряють по поверхні,

забезпечуючи струшування залишків продукту. Це запобігає налипанню, утворенню пригару та можливого самозайманню.

У центральній частині башти розташований дисковий розпилювач, що працює з частотою $200\text{--}250\text{ с}^{-1}$. Повітря подається у сушарку нагнітальним вентилятором 11 через калорифер 12, де нагрівається до $180\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після цього воно надходить у зону розподілу з закруткою, протилежно напрямку обертання диска, що сприяє сповільненню руху частинок молока та їх поступовому переміщенню по спіралі вниз. Витяжний вентилятор відводить повітря з сушильної камери; його продуктивність дещо перевищує продуктивність нагнітального вентилятора, що створює невелике розрідження (близько 5 мм рт. ст.) та збільшує тривалість перебування частинок у сушарці.

Отриманий молочний порошок надходить у систему пневмотранспорту, куди також подається продукт із циклону. Переміщення повітря забезпечує вентилятор 10. У процесі транспортування порошок охолоджується, а відпрацьоване повітря далі проходить через циклони.

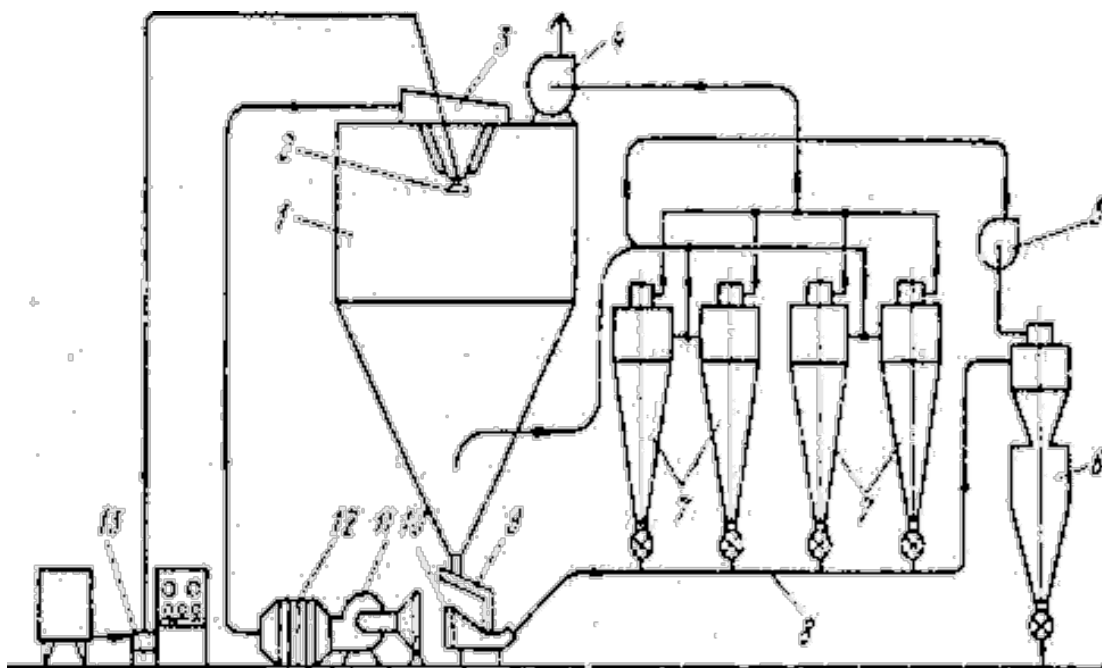


Рис. 1.3 Сушильна установка RSM – 500

Розпилювальна вібраційна установка ОСВ-1 (рис. 1.4) служить зокрема для сушіння незбираного молока. Сушіння відбувається протягом двох

стадій. Перша стадія сушіння, що характеризується великою швидкістю процесу, відбувається в сушильній башті, друга, під час якої швидкість процесу значно знижується, — у вібраційній конвективній сушарці. Така організація процесу сушки запобігає грудкуванню молока при підвищеній вологості з одночасним його досушуванням.

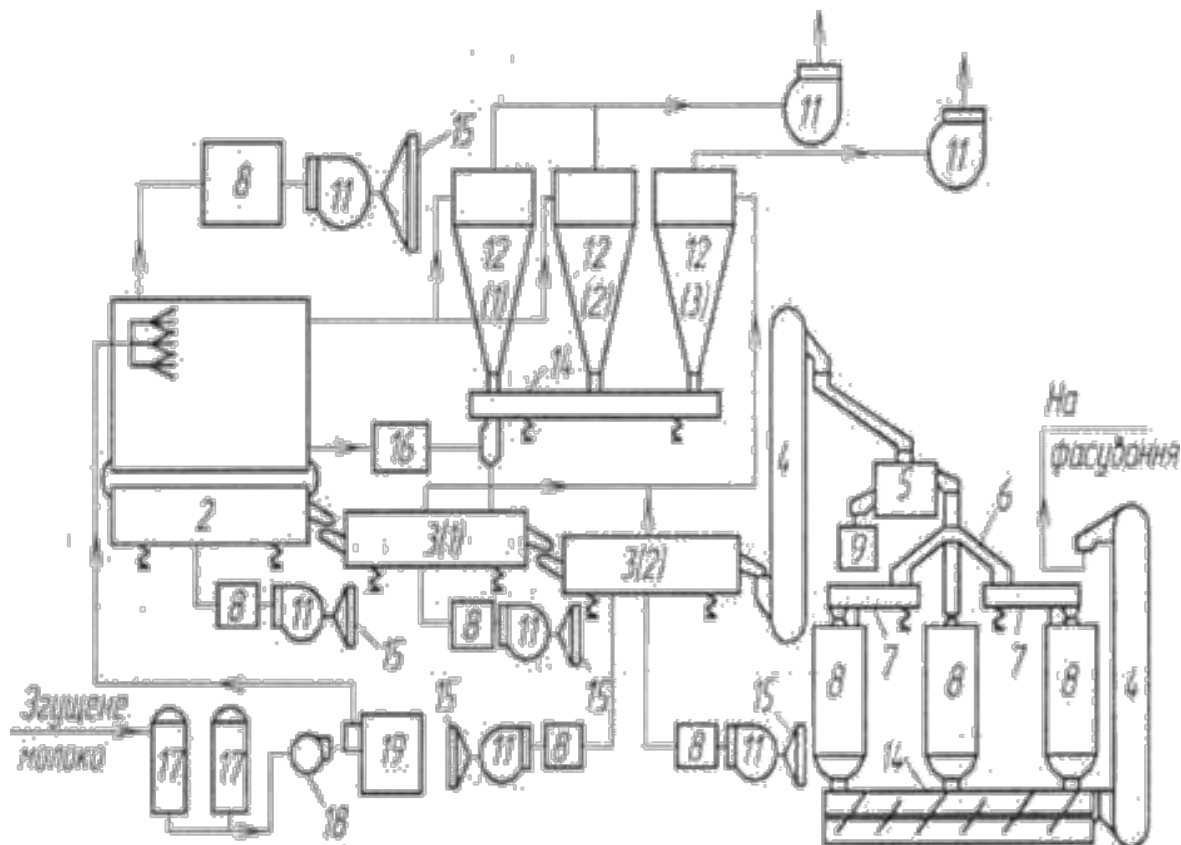


Рис. 1.4 Сушильна установка ОСВ-1

Згущене молоко подають на форсунки, диспергують і висушують в камері 1 в потоці гарячого повітря. Одержаний молочний порошок вивантажується гранулятором 2 і надходить для кінцевої досушки і охолодження в вібраційну конвективну сушарку 3, потім елеватором подається для класифікації на вібраційне сито 5. Кондиційний порошок за допомогою конвеєрів через розподільвач 6 потрапляє в бункери для тимчасового зберігання, а далі направляється на фасування.

Продуктивність установки 900-1000 кг/год. Температура повітря, що надходить в камеру, — 160-180 °С, на виході із камери — 95 °С. Розрідження в камері — 20-25 Па.

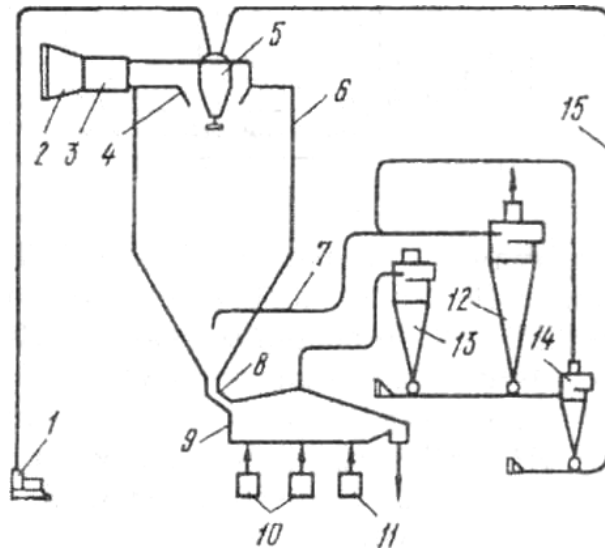


Рис. 1.5 Сушильна установка фірми «Ніро-Атомайзер»

1 - насос; 2 - фільтр; 3 - калорифер; 4 - повітророзподілювач; 5 - дисковий розпилювач; 6 - сушильна башта; 7 - патрубок; 8 - вібрлоток; 9 - інстантайзер; 10 - калорифери гарячого повітря; 11 - повітроохолоджувач; 12 - головний циклон; 13- допоміжний циклон; 14- розвантажувальний циклон; 15- аеротранспортна лінія.

У комбінованій сушильній установці фірми «Ніро-Атомайзер» (Данія) (рис. 1.5) згущене молоко за допомогою насоса подається до дискового розпилювача 5, куди одночасно в прямоточному режимі надходить підігріте повітря. На виході з башти отриманий молочний порошок з вологістю 6–8 % спрямовується до інстантайзера 9 — вібраційної конвективної сушарки, конструктивно поділеної на три секції. У перших двох секціях продукт проходить остаточне досушування та агломерацію, а в третій — охолоджується потоком повітря. Температура повітря на виході з такої сушильної системи на 10–15 °С нижча порівняно зі звичайними сушарками, що сприяє більш м'яким умовам обробки продукту.

Тристадійна сушильна установка А1-ОР2Ч (рис. 1.6) складається з конічної та циліндричної частини, флюїдного днища (сушарка з киплячим шаром) та конвективного сушильного модуля. Перший ступінь установки являє собою розпилювальну сушарку, де розпилювання продукту відбувається за

допомогою розпилювального диска. Повітря рухається в паралельному потоці з продуктом.

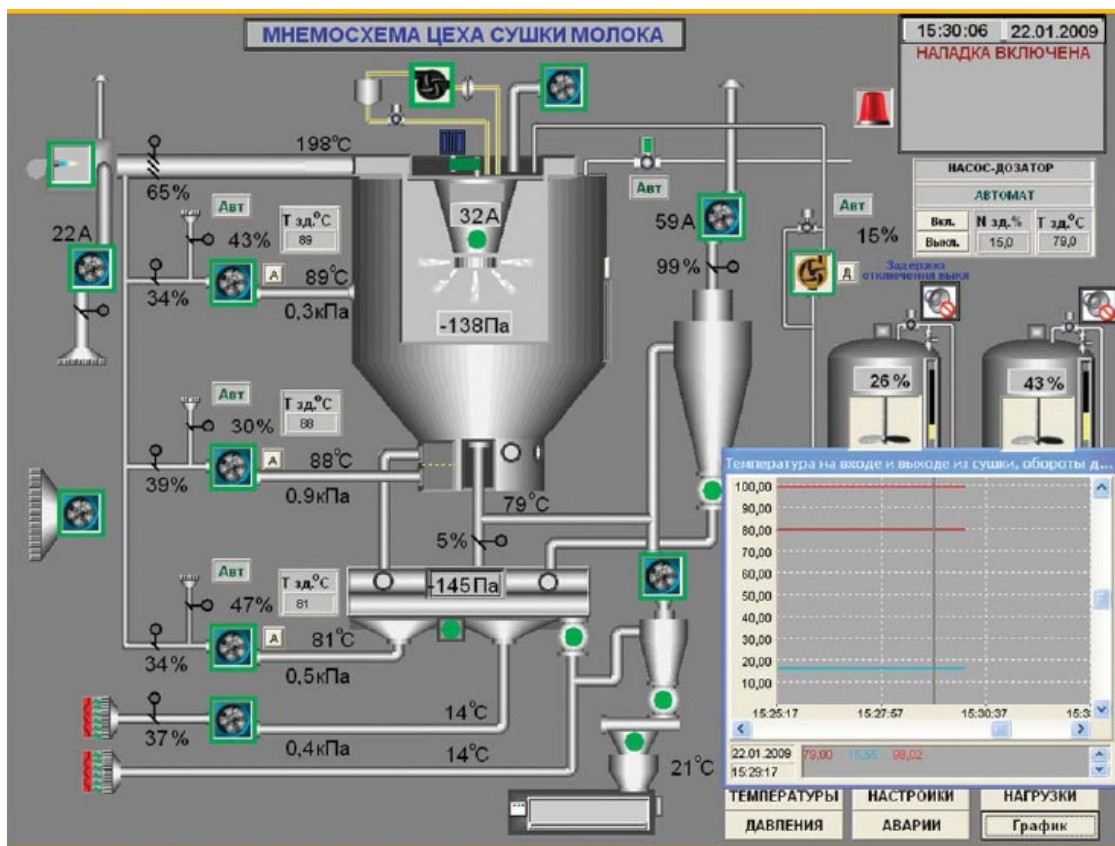


Рис. 1.6 Сушильна установка А1-ОР2Ч

На дні розпилювальної сушарки встановлене флюїдне дно, на якому продукт переміщається у вигляді напівсухої маси. Коли продукт знаходиться на дні, здійснюється друга стадія сушіння. Сухе повітря більш низької температури проходить через шар продукту, забираючи вологу. Флюїдне дно облаштоване газорозподільною решіткою та системою подачі повітря. Сухе молоко на виході із башти з вологістю 6-8 % надходить в інстантайзер, що являє собою розділену на дві секції вібраційну конвективну сушарку. В першій секції молоко досушується і агломерується, в другій охолоджується потоком повітря. Температура повітря на виході з сушарки на 10-15 °С нижча, ніж, в звичайних сушарках.

Порівнявши декілька типів сушильних установок можна зробити висновок, що найбільш досконалыми є багатостадійні установки. Вони дозволяють отримувати продукт високої якості. Тому подальшу модернізацію доцільно проводити саме з багатостадійними сушильними установками.

2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розпилювальна сушка забезпечує отримання високоякісного сухого молока, яке майже повністю зберігає свої поживні властивості, оскільки частинки продукту не зазнають тривалого впливу високих температур. Водночас цей метод має певні недоліки: значні енергетичні витрати, складність очищення сушильної башти та, як результат, висока собівартість готової продукції.

Очищення внутрішніх поверхонь башти від частинок молока, що осіли під час процесу сушіння, здійснюють механічним, пневматичним або ручним способом, кожен із яких потребує додаткових ресурсів. Існують також технологічні підходи, орієнтовані на запобігання налипанню продукту, зокрема шляхом удосконалення геометрії розпилювальних дисків.

У цьому проєкті запропоновано альтернативне технічне рішення. Щоб уникнути осідання недосушених частинок молока на стінках сушильної башти, у її верхній частині передбачено встановлення додаткового контуру подачі теплоносія. Також визначено оптимальні параметри його роботи.

Для підвищення продуктивності установки було запропоновано модернізувати конструкцію розпилювального диска, змінивши конфігурацію та кількість розпилювальних каналів, що дозволяє покращити рівномірність та інтенсивність диспергування.

Принцип роботи сушильної установки А1-ОР2Ч

Розпилювальна сушарка (рис. 2.1) включає циліндричну сушильну камеру, системи подачі продукту та гарячого повітря, вузол відведення сухого продукту, систему очищення відпрацьованого повітря, а також огорожувальні елементи та опорні конструкції.

Кришка сушильної камери складається з трьох елементів: двох секцій, оснащених вибуховими клапанами, та центральної частини, що є монолітною

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	240270.KP.007.002 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/6

конструкцією разом із розподільником повітря. У центрі цього розподільника розташований опорний фланець для встановлення розпилювача.

Циліндрична частина сушильної камери зібрана з п'яти секцій, одна з них з дверима. Днище сушильної камери, що складається з двох напівконічних секторів (кут при вершині конуса 160°), має центральний отвір з фланцем для кріплення відводу продукту. Всі частини сушильної камери обшиті зсередини листовою корозійностійкою сталлю, а зовні - алюмінієвим сплавом, кришка камери - листовою рифленою сталлю. Внутрішній простір каркаса заповнений теплоізоляцією з мінерального матеріалу. Елементи розпилювальної сушарки збирають на місці монтажу з подальшим проварюванням і зачисткою внутрішньої обшивки.

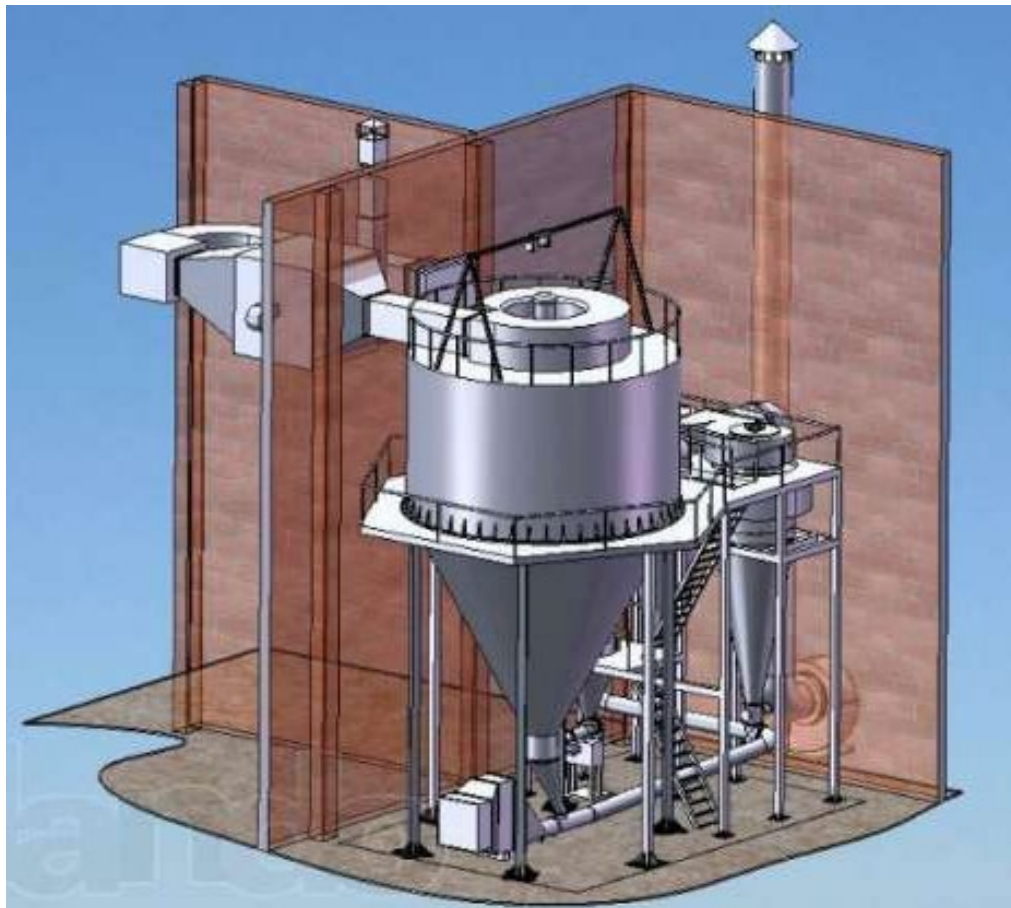


Рис. 2.1. Розпилювальна сушильна установка А1-ОР2С

Відцентровий розпилювач складається з корпусу з вертикальним шпинделем, встановленим на підшипникових опорах, кожуха з фланцем, двохшвидкісного фланцевого електродвигуна потужністю 14 кВт,

підвищувальної передачі та насосної установки. Частота обертання шпинделя з диском в робочому режимі до 12000 об/хв, діаметр диска 250 мм.

Пневмосистема служить для транспортування сухого порошку. Циклонна система служить для очищення відпрацьованого повітря.

Методика проведення досліджень

Для формування рекомендацій щодо вдосконалення конструкції сушильної установки з метою інтенсифікації процесу сушіння, підвищення якості готової продукції та запобігання налипанню часток на внутрішні поверхні сушильної башти було виконано CFD-моделювання процесу розпилення згущеного молока та руху потоків сушильного агента всередині апарата.

У межах магістерської роботи для реалізації CFD-аналізу використано модуль інженерного моделювання Autodesk Simulation Multiphysics. У цьому програмному середовищі динаміка руху та теплообміну описується за допомогою рівнянь Нав'є—Стокса в нестационарній постановці, що відображають закони збереження маси, імпульсу та енергії. Для замикання системи рівнянь застосовується двопараметрична турбулентна $K-E$ ($k-\varepsilon$) модель, яка ґрунтується на рівняннях переносу кінетичної енергії турбулентних пульсацій та її дисипації.

У зазначеній моделі параметр k характеризує кінетичну енергію турбулентних коливань, тоді як ε описує швидкість її дисипації.

Математичний опис моделі подано у таких виразах:

$$v_{turb} = c_{\mu} \frac{K^2}{E}; \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial K}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 U_j \frac{\partial K}{\partial x_j} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{v_{eff}}{\sigma_K} \cdot \frac{\partial K}{\partial x_j} \right) + S_K; \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 U_j \frac{\partial E}{\partial x_j} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{v_{eff}}{\sigma_{\varepsilon}} \cdot \frac{\partial E}{\partial x_j} \right) + S_E; \quad (2.3)$$

$$S_K = v_{turb} D^2 - E; \quad (2.4)$$

$$S_E = (c_1 v_{turb} D^2 - c_2 E) \frac{E}{K}; \quad (2.5)$$

$$V_{eff} = V_{mol} + V_{turb}; \quad (2.6)$$

Початкові і граничні умови приймають у вигляді

$$K_0 = c_K \sum_{j=1}^3 U_j^2; \quad E_0 = c_E K_0^{3/2}, \quad (2.7)$$

де c_K, c_E - додатні сталі. Граничні умови на твердих поверхнях мають вигляд

$$\left. \frac{\partial K}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0; \quad \left. \frac{\partial E}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0, \quad (2.8)$$

де n – нормаль до нерухомої твердої поверхні Γ .

Попри широке використання розпилювальних сушарок у різних галузях промисловості, протягом тривалого часу їх удосконалення здійснювалося переважно на основі виробничого досвіду та результатів пілотних випробувань.

Однією з ключових проблем, з якою стикаються розробники такого обладнання, є складність процесів розподілу теплоносія та продукту в сушильній камері, а також особливості їхньої взаємодії. Схема циркуляції повітряних потоків у розпилювальній сушарці є визначальним чинником, що впливає на тривалість перебування частинок у різних температурних зонах камери, а отже – на якість готового продукту (вологість, гранулометричний склад, можливі хімічні зміни компонентів тощо).

Тривалість руху частинок у повітряному потоці та температура середовища мають особливо важливе значення під час сушіння термочутливих матеріалів, зокрема молока. Перегрів або надто довге перебування частинок у високотемпературному середовищі призводить до суттєвого погіршення якості продукції. Не менш важливим є запобігання налипанню та фіксації частинок на стінках сушильної башти, оскільки, окрім зниження якості продукту, це створює ризик виникнення вибухонебезпечних ситуацій.

Використання обчислювальних методів для моделювання подібних процесів успішно продемонстровано в роботах Fletcher D. F. [5], Kota K. [6], Kieviat F. G. та інших дослідників. Перші моделі потоків у сушарках будувалися у двовимірному або осесиметричному вигляді з метою зменшення

обчислювальних витрат. Проте подальші дослідження показали, що для досягнення високої точності розрахунків необхідне тривимірне моделювання.

Таким чином, згідно з наведеними джерелами, застосування методів обчислювальної гідродинаміки (Computational Fluid Dynamics, CFD) у задачах такого типу дозволяє отримати результати, які добре узгоджуються з експериментальними спостереженнями, забезпечуючи високу достовірність оцінювання процесів у розпилювальних сушарках.

Підбір конструкційних матеріалів

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

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

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

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

При виготовленні розпилювальних сушарок використовують такі матеріали.

Поверхні обладнання, що контактують с продуктом виготовлюються з нержавіючої сталі – 12X18H10T, оскільки вона використовується для

обладнання, в яких необхідно забезпечити високу чистоту продукту та вони мають підвищену стійкість до корозії.

Невідповідальні корпусні деталі виготовляють зі сталі звичайної якості Ст3 з обробкою спеціальними покриттями для зменшення абразивного і корозійного зношення.

Застосування Ст3.

Конструкційну вуглецеву сталь звичайної якості Ст3 застосовують для виготовлення несучих і не несучих елементів для зварних та незварних конструкцій, а також деталей, що працюють при плюсових температурах. Листовий і фасонний прокат 5 категорії (до 10мм) - для несучих елементів зварних конструкцій, призначених для експлуатації в діапазоні від -40 до +425°C при змінних навантаженнях.

Матеріал привідних валів - Сталь 45 та Сталь 40Х. З таких матеріалів виготовляють деталі, які працюють на кручення та згин і піддаються абразивному та корозійному зношенню.

Решта одиниць і деталей підбирають згідно каталогів (редуктори, двигуни); для опор застосовують фасонний прокат (швелери, кутники, двотаврові балки); кріпильні деталі підбирають за відповідними каталогами.

Всі швидкозношувані деталі замінюються у відповідності до супроводжувальної технічної документації.

3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для перевірки коректності побудованої моделі геометричні характеристики сушильної установки та параметри вхідного теплоносія були прийняті аналогічними до наведених у роботі Saleh S. N. [8].

Зокрема використано такі значення:

- масова витрата вхідного теплоносія — $0,42 \text{ м}^3/\text{с}$;
- температура теплоносія на вході — $180 \text{ }^\circ\text{C}$;
- осьова складова швидкості — $7,42 \text{ м/с}$;
- радіальна складова швидкості — $5,19 \text{ м/с}$;
- дотична складова швидкості — $0,649 \text{ м/с}$;
- тиск на вході витяжної труби — $100,5 \text{ кПа}$;
- коефіцієнт k у турбулентній моделі — $0,027 \text{ м}^2/\text{с}^2$;
- коефіцієнт ε — $0,37 \text{ м}^2/\text{с}^3$.

Модель, розроблена для проведення досліджень у середовищі Autodesk Simulation Multiphysics, подана на рис. 3.1. Циліндричну частину сушильної башти умовно поділено по висоті на кілька зон.

Нерівномірна висота зон зумовлена необхідністю детальнішого аналізу верхньої частини башти, де найчастіше відбувається налипання частинок продукту на стінки. Вузол розпилення розміщено у другій зверху зоні.

На рис. 3.2 наведено схему руху теплоносія у меридіальному перерізі сушильної камери. Як видно з рисунка, розподіл потоків є несиметричним, що спричинено розташуванням витяжної труби у правій частині апарата. Найвищий рівень турбулентності спостерігається в перерізах 1–3, тобто в зоні розпилення продукту. Це призводить до повторного потрапляння вже висушених частинок у зону активного сушіння та, як наслідок, до зниження якості кінцевої продукції через часткове підгоряння часток.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Дослідна частина та узагальнення результатів	240270.KP.007.003 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/15

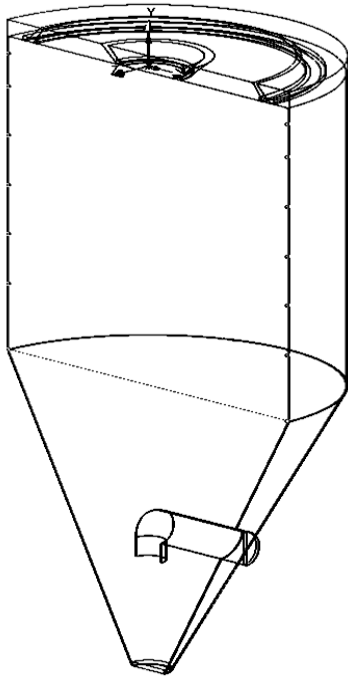


Рис. 3.1. Модель сушильної башти

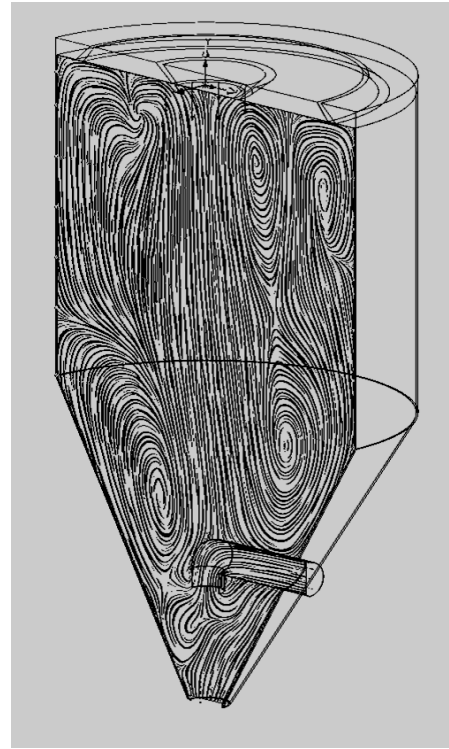


Рис. 3.2. Поле потоків теплоносія в меридіальному перерізі башти

На рис. 3.3 – 3.6 показано поля векторів швидкості у перерізах 1 – 4. Детально розглянуто саме ці перерізи, оскільки в них проходить процес сушіння.

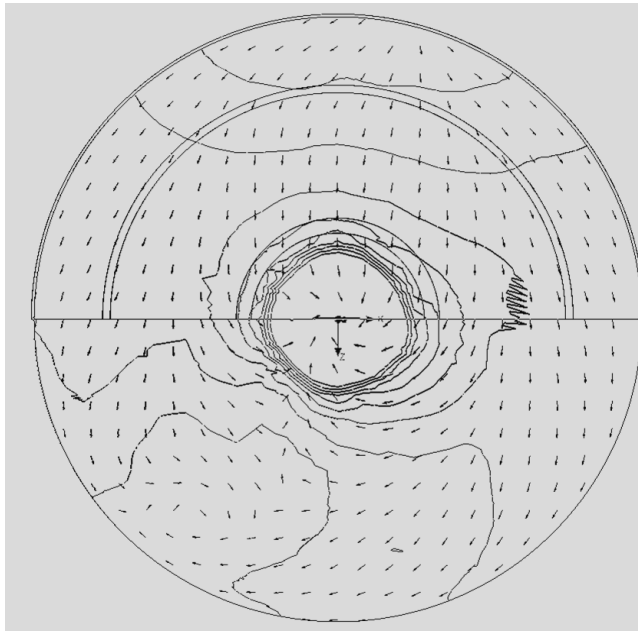


Рис. 3.3. Поле векторів швидкості на рівні 1 перерізу

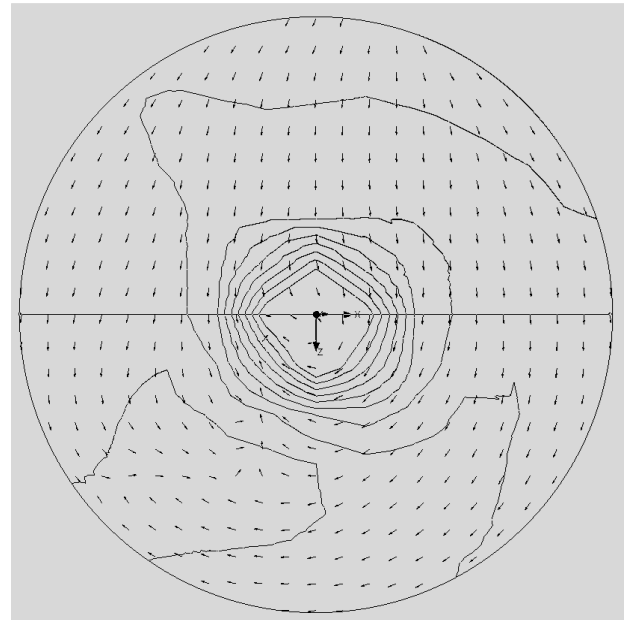


Рис. 3.4. Поле векторів швидкості на рівні 2 перерізу

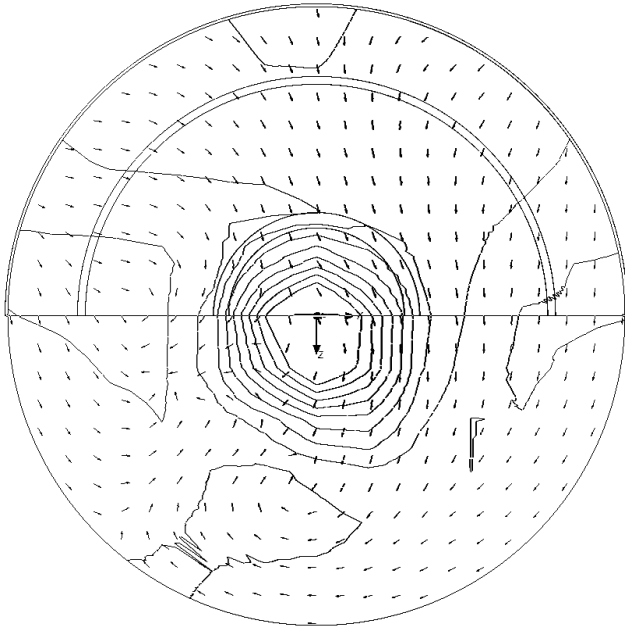


Рис. 3.5. Поле векторів швидкості на рівні 3 перерізу

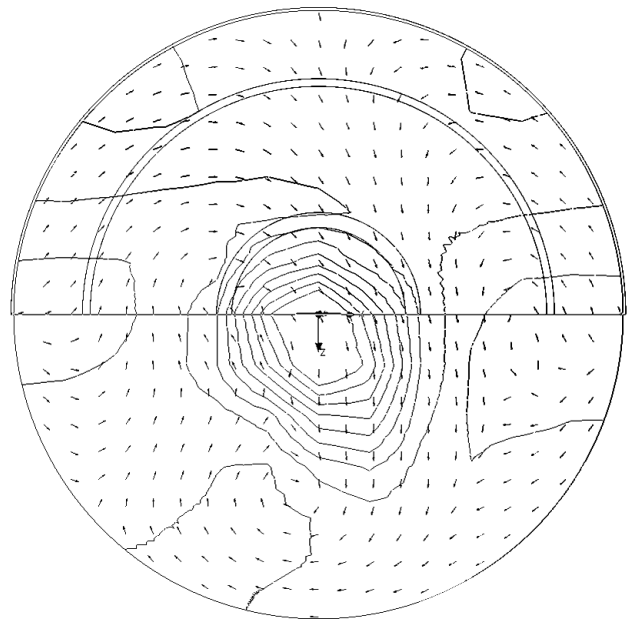


Рис. 3.6. Поле векторів швидкості на рівні 4 перерізу

Як видно з рис. 3.3–3.6, у всіх досліджуваних перерізах спостерігається суттєва турбулентність потоків. Рівномірна циркуляційна (колова) компонента майже не формується, унаслідок чого теплоносій разом із частинками продукту періодично переміщується з нижніх шарів у верхні та знову потрапляє в області підвищених температур. Така рециркуляція може спричинити перегрівання частинок і, відповідно, погіршення якості готового продукту.

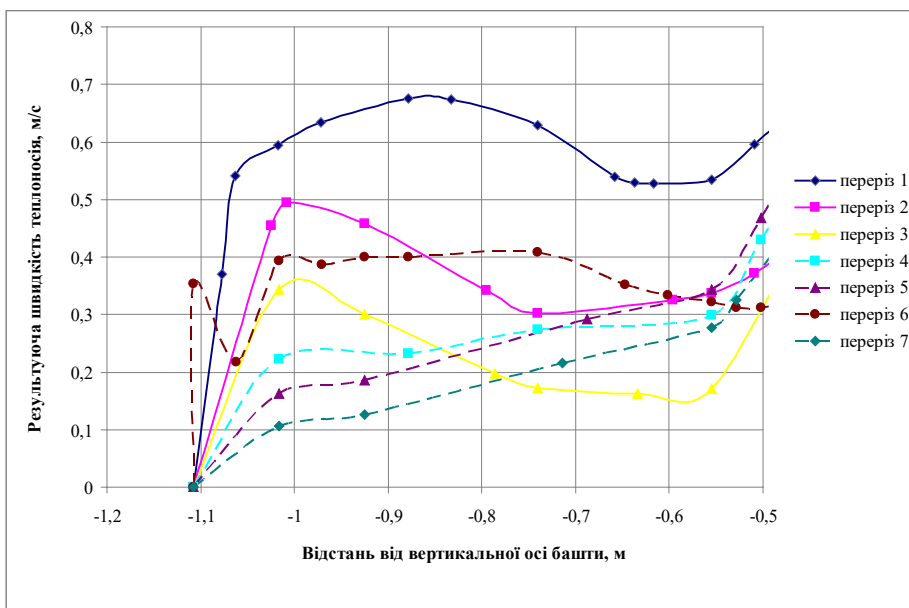


Рис. 3.7. Розподіл результуючої швидкості теплоносія в пристінковій області башти

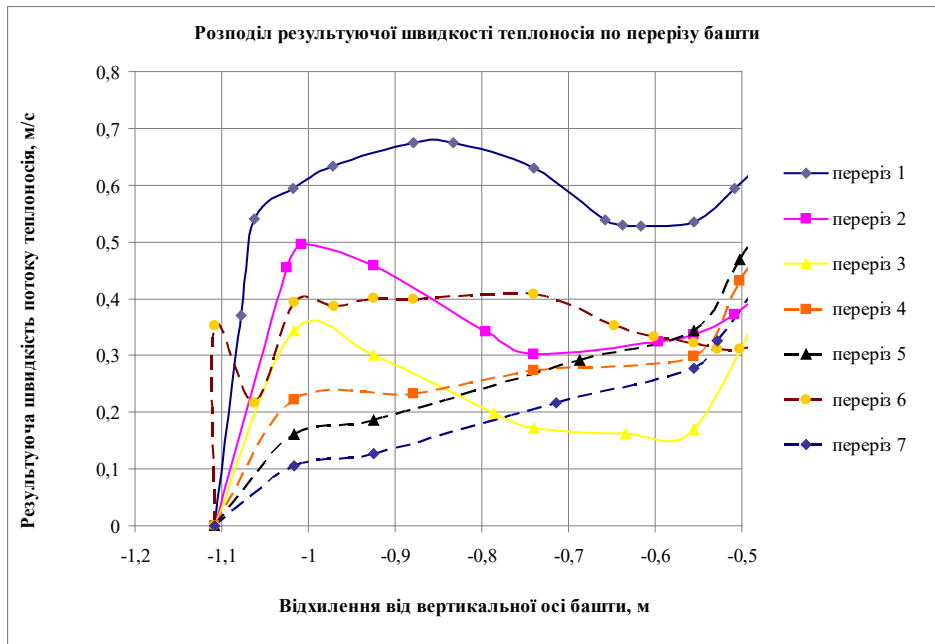


Рис. 3.8. Розподіл колової швидкості теплоносія в пристінковій області башти

Результуюча швидкість теплоносія у пристінковій зоні (рис. 3.7) становить 0,2–0,5 м/с у перерізах 1–3 та лише 0,05–0,2 м/с у перерізах 4–7. Такі значення є недостатніми для ефективного очищення стінок сушильної башти за рахунок повітряного потоку. Колова компонента швидкості поблизу стінок (рис. 3.8) також є незначною: 0,15–0,25 м/с для перерізів 1–3 і 0,03–0,1 м/с для перерізів 4–7.

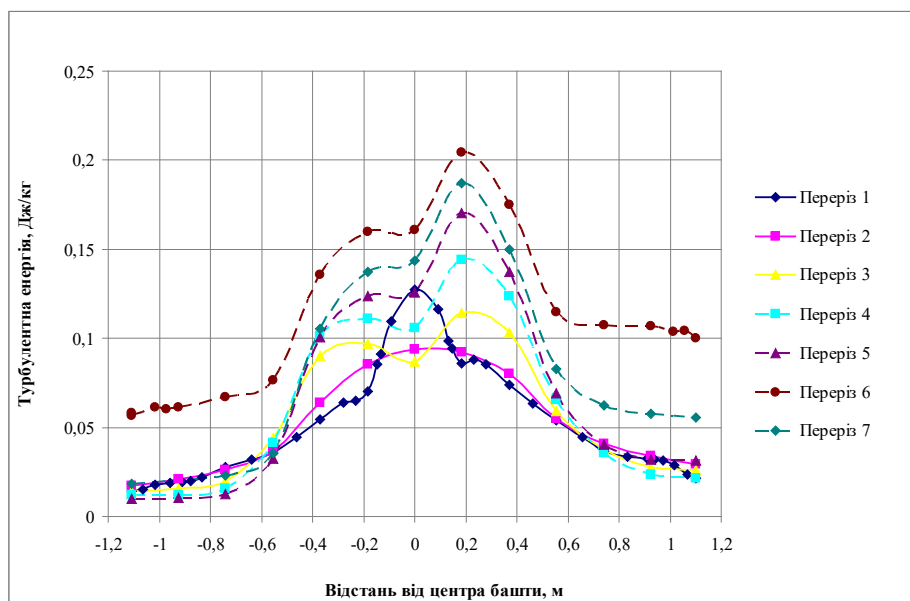


Рис. 3.9. Розподіл турбулентної енергії по перерізу башти

Аналіз даних, наведених на рис. 3.9, свідчить про наявність інтенсивної турбулізації потоків у діапазоні радіусів від 0 до 0,6 м від центра башти, що негативно впливає на ефективність роботи сушильної установки.

Для усунення виявлених недоліків запропоновано встановити додатковий контур подачі повітря та визначити його оптимальні робочі параметри.

Проведені дослідження показали, що з точки зору енергоефективності та забезпечення необхідних аеродинамічних умов найбільш раціональними є такі значення:

- масовий потік вхідного теплоносія — $0,045\text{--}0,05\text{ м}^3/\text{с}$;
- осьова складова швидкості — $0,2\text{--}0,3\text{ м/с}$;
- радіальна складова швидкості — $3\text{--}3,5\text{ м/с}$;
- дотична складова швидкості — $5,6\text{--}6\text{ рад/с}$;
- відстань каналу подачі до стінки башти — $0,14\text{--}0,16\text{ м}$.

Застосування цих параметрів у CFD-моделі дало результати, представлені на рис. 3.10–3.16. Як видно з рис. 3.10–3.13, у верхніх перерізах — у зоні розпилення та максимальних температур — турбулентність практично відсутня, тоді як у нижніх перерізах має помірний характер. У всіх досліджуваних зонах формується стабільний коловий рух потоку, що особливо важливо для пристінкової області сушильної башти.

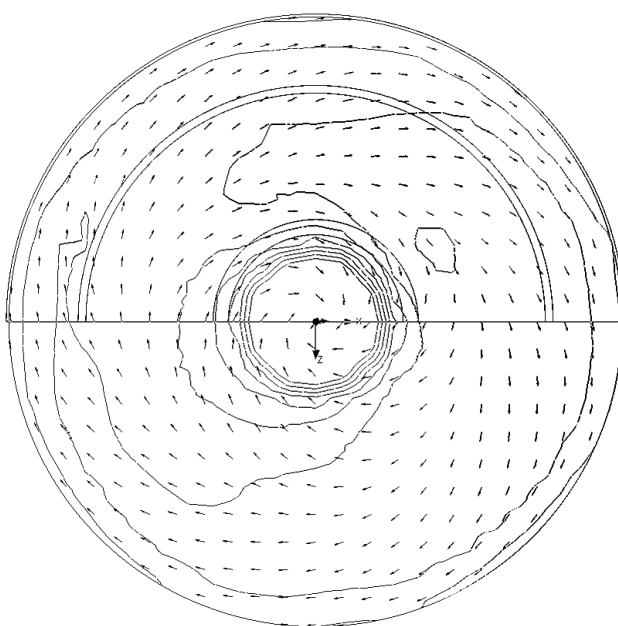


Рис.10. Поле векторів швидкості

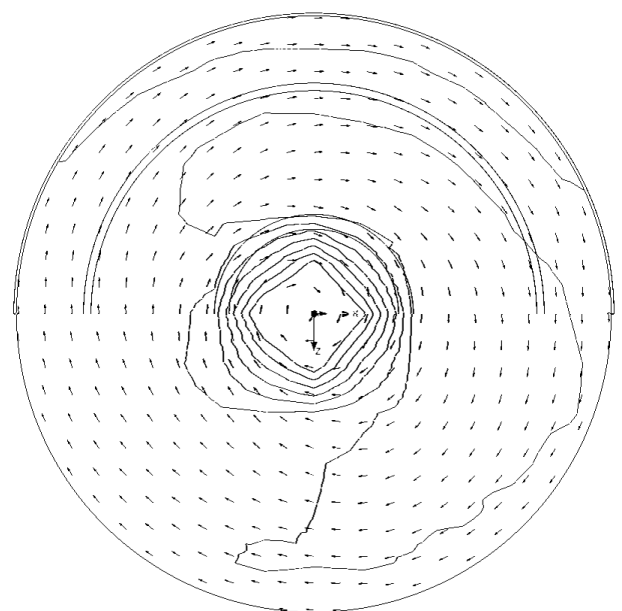


Рис.11. Поле векторів швидкості

на рівні 1 перерізу

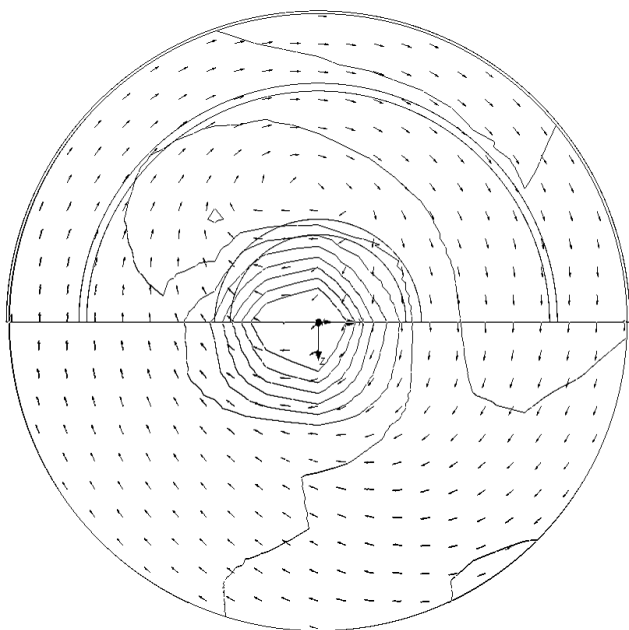


Рис.12. Поле векторів швидкості на рівні 3 перерізу

на рівні 2 перерізу

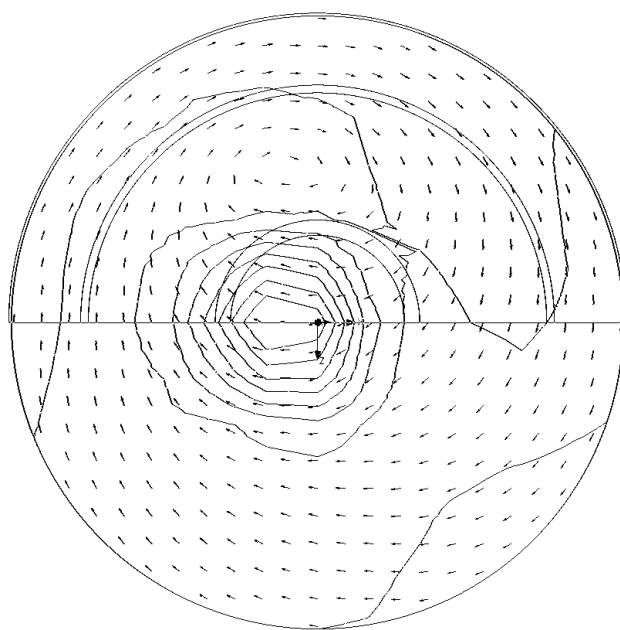


Рис.13. Поле векторів швидкості на рівні 4 перерізу

Графіки розподілу результуючої та колової швидкостей по всіх перерізах сушильної башти показано на рис. 3.14 та 3.15.

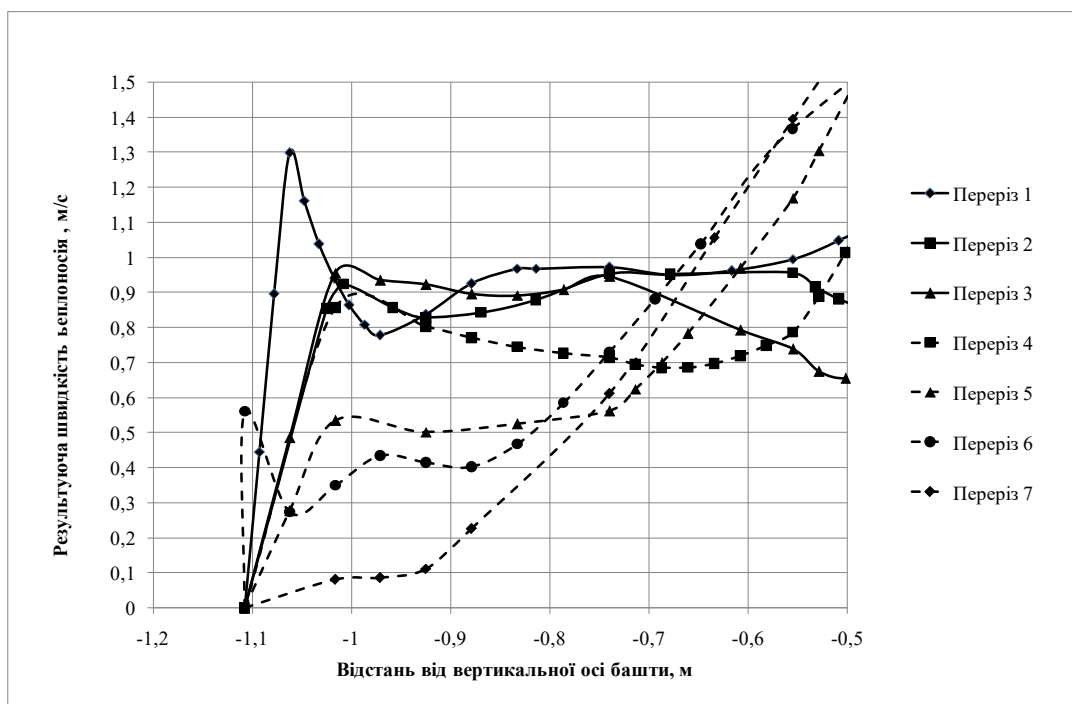


Рис. 3.14. Розподіл результуючої швидкості теплоносія в пристінковій області башти

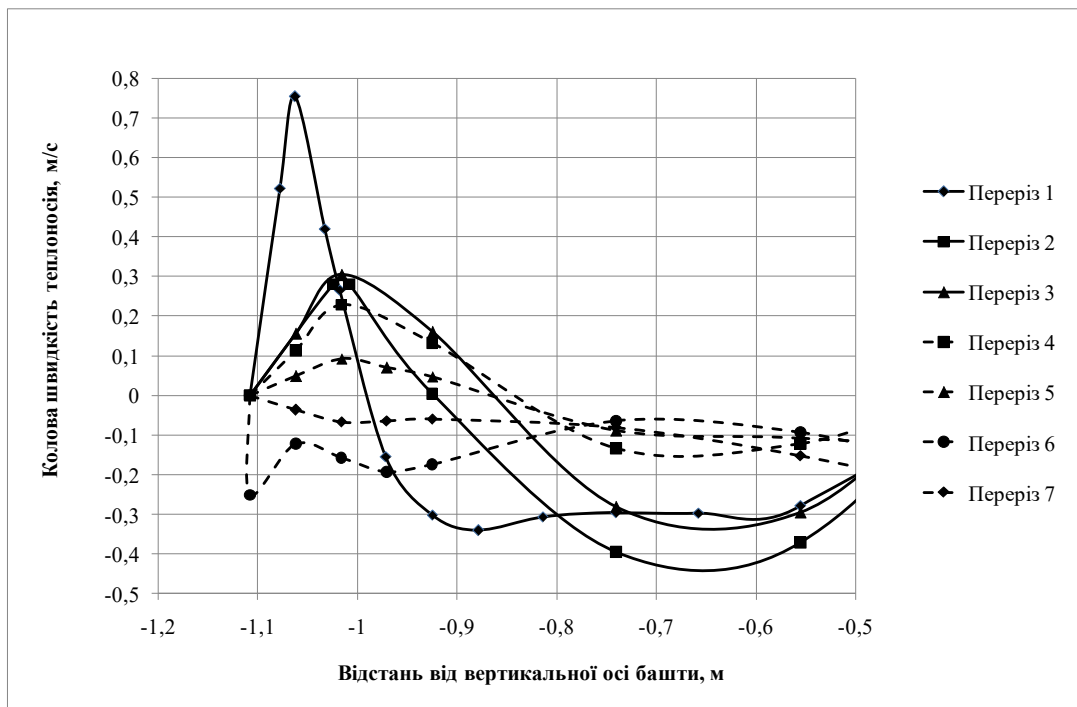


Рис. 3.15. Розподіл колової швидкості теплоносія в пристінковій області башти

Результуюча швидкість теплоносія у пристінковій зоні сягає 0,8–1,2 м/с у перерізах 1–3 та 0,3–0,4 м/с у перерізах 4–6. Такі значення забезпечують стабільний, упорядкований рух висушених частинок, не допускаючи їх повернення в область факела розпилення.

Коловий компонент швидкості становить 0,5–0,7 м/с у перерізах 1–2 — саме в зоні розпилення та підвищеної ймовірності налипання продукту на стінки сушильної башти. Це створює необхідні умови для запобігання контакту частинок із поверхнею стінок, а за потреби — також сприяє їх самоочищенню в цій області.

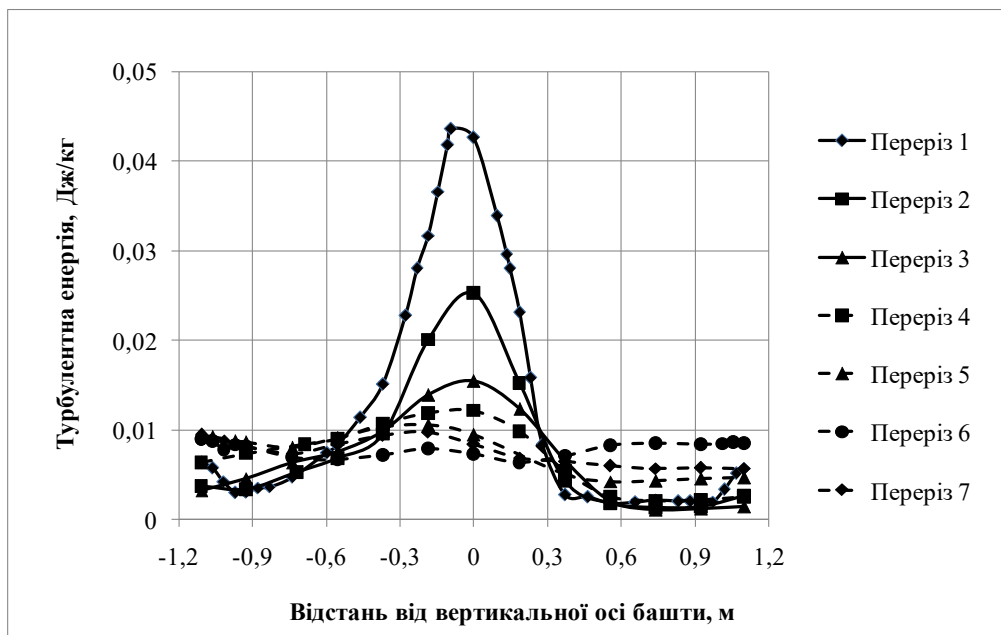


Рис. 3.16. Розподіл турбулентної енергії по перерізу башти

Аналіз результатів, наведених на рис. 3.16, свідчить про зниження рівня турбулентної енергії у 4–5 разів порівняно з базовою конфігурацією. При цьому основна її концентрація локалізується безпосередньо в зоні подачі теплоносія, що є цілком закономірним з огляду на гідродинамічні особливості процесу. Водночас у решті об'єму башти значення турбулентної енергії залишаються незначними та не чинять помітного впливу на загальний характер руху теплоносія.

3.2 Дослідження процесу розпилення молока диском з різними конструкціями сопел

Як відомо, ступінь дисперсності та однорідність розпилення визначаються швидкістю виходу рідини з розпилювального елемента, а також її фізичними властивостями та параметрами навколишнього середовища, зокрема поверхневим натягом, густиною та в'язкістю.

Процес відцентрового розпилення відбувається в диску, що обертається і містить радіально розміщені канали. У цих каналах на рідину діють значні відцентрові сили, які забезпечують високу швидкість її переміщення до периферії. У результаті продукт розпорошується на дрібні краплини внаслідок

інтенсивної турбулентності потоку та дії сил тиску, що виникають через тертя об повітря.

Для дослідження особливостей процесу розпилення була створена модель диска, зображена на рис. 3.17. На початковому етапі було спроектовано диск із традиційними соплами круглого перерізу діаметром 8 мм.

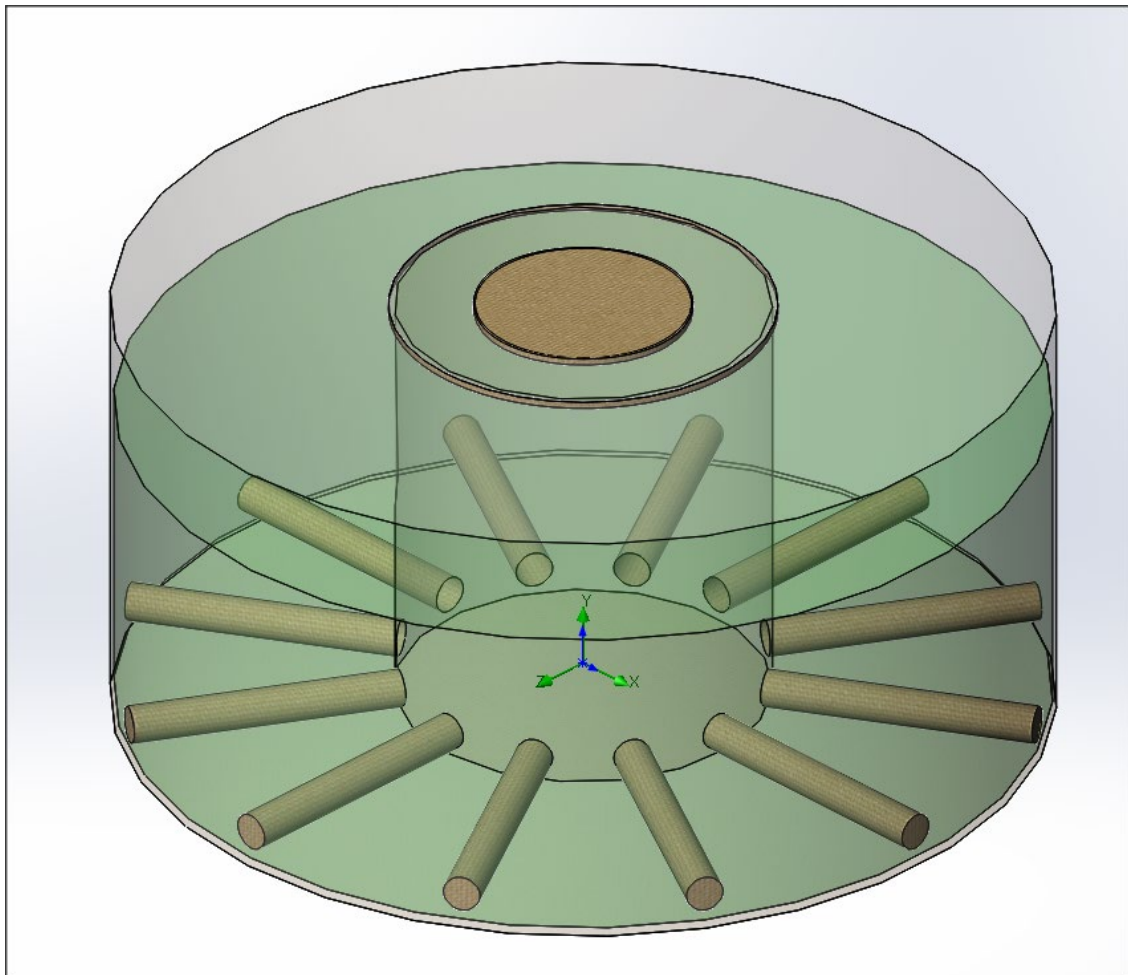


Рис.3.17. Модель розпилювального диску

Досліджуваною рідиною вибрано згущене молоко при температурі 50⁰С та вмісті сухих речовин 50%, що має динамічну в'язкість 0,097 Па*с. Вхідний потік, відповідно до розрахунків, становив 1424 кг/год. Швидкість обертання диску 12000об/хв., його діаметр 250мм. Розподіл результуючої швидкості молока на виході із сопла без врахування сил тертя об стінки показаний на рис.3.18.

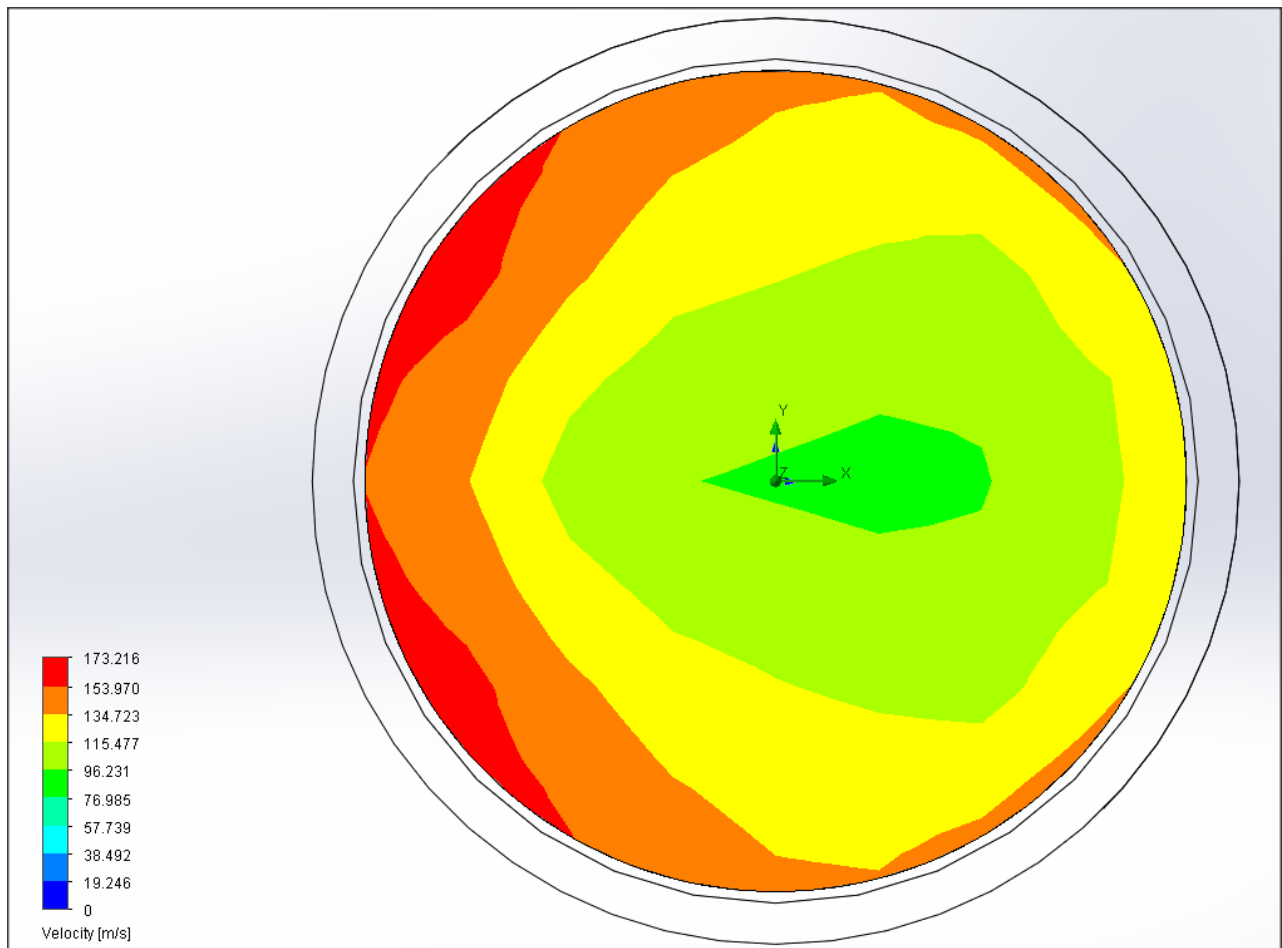


Рис.3.18. Розподіл швидкості молока на виході із сопла
з круглим поперечним перерізом

З рисунка видно, що розподіл результуючої швидкості по перерізу сопла є нерівномірним: максимальне значення становить 173 м/с і спостерігається у лівому секторі. Відсутність характерного зниження швидкості поблизу набігаючої стінки пояснюється тим, що під час моделювання було свідомо спрощено геометрію та граничні умови для зменшення часу обчислень. Зокрема, у моделі було прийнято нульове значення шорсткості внутрішньої поверхні сопла. Попри це, отримані результати загалом добре узгоджуються з теоретичними розрахунками.

Відомо, що під впливом турбулентності струмів розпадається на краплини, розмір яких є обернено пропорційним квадратному кореню з відцентрової сили або лінійно залежить від частоти обертання диска.

З огляду на суттєвий вплив турбулентності на ефективність процесу розпилення було також проведено аналіз турбулентної структури потоку молока (рис. 3.19).

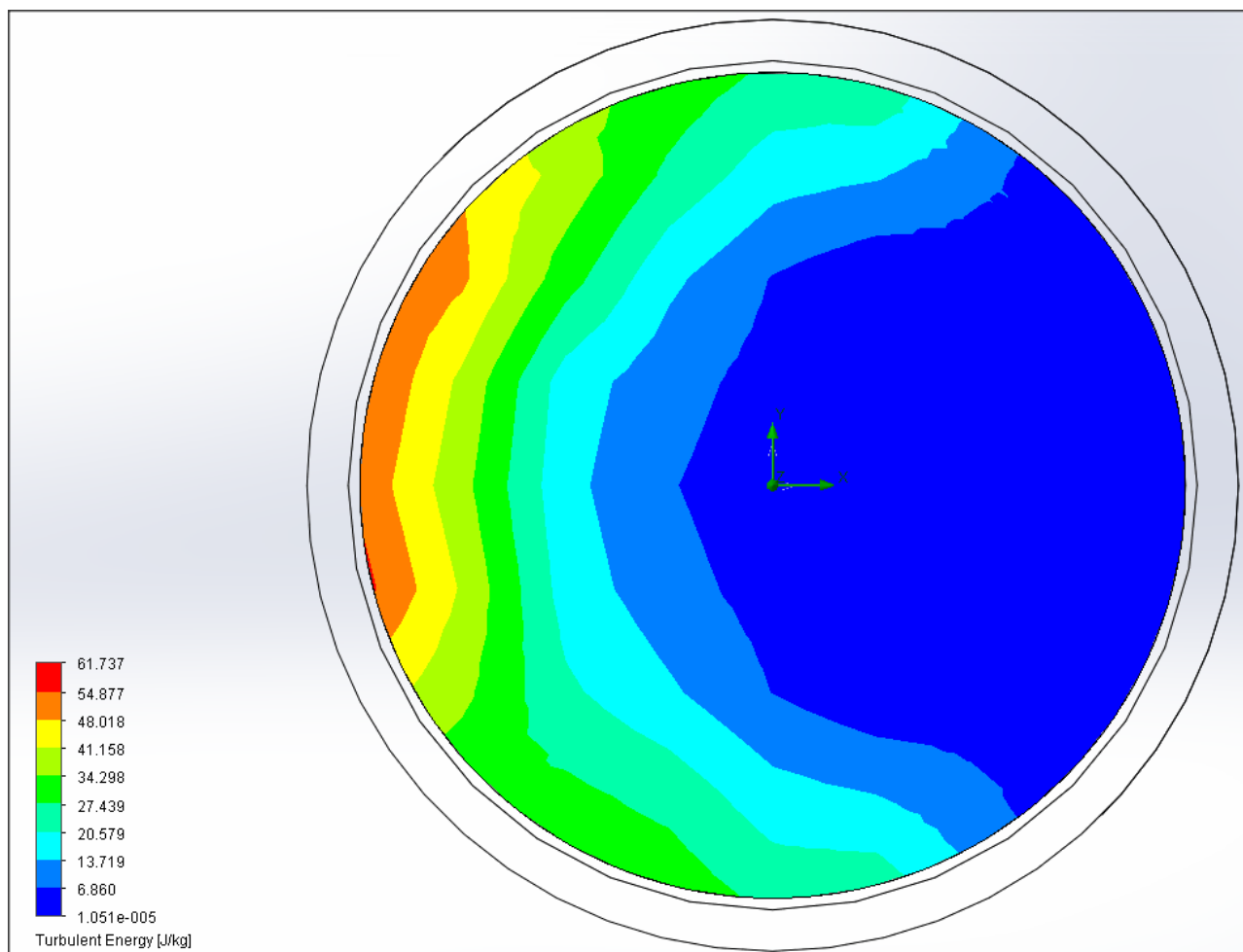


Рис.3.19. Розподіл турбулентної енергії при виході молока із сопла з круглим поперечним перерізом

Максимальне значення турбулентної енергії при даній конструкції сопла складає близько 62 Дж/кг.

Потім досліджувалися сопла з прямолінійною та дуговою твірними та прямокутним перерізом (висота 30мм і ширина 5мм), моделі яких представлені відповідно на рис. 3.20 і 3.21. Інші параметри такі ж, як і в досліді із соплом круглого поперечного перерізу. В цих дослідіх додали також вплив гравітаційної складової.

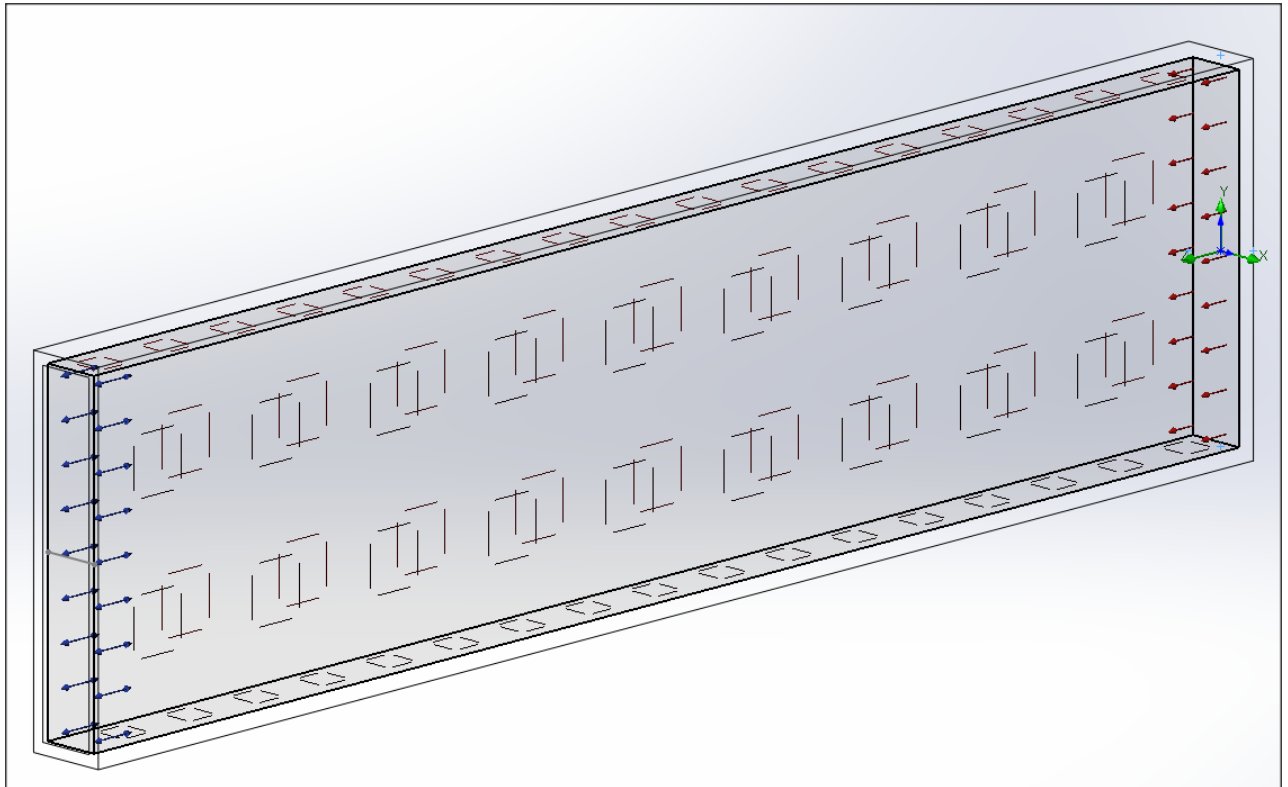


Рис.3.20. Модель сопла з прямокутним поперечним перерізом та прямолінійною твірною

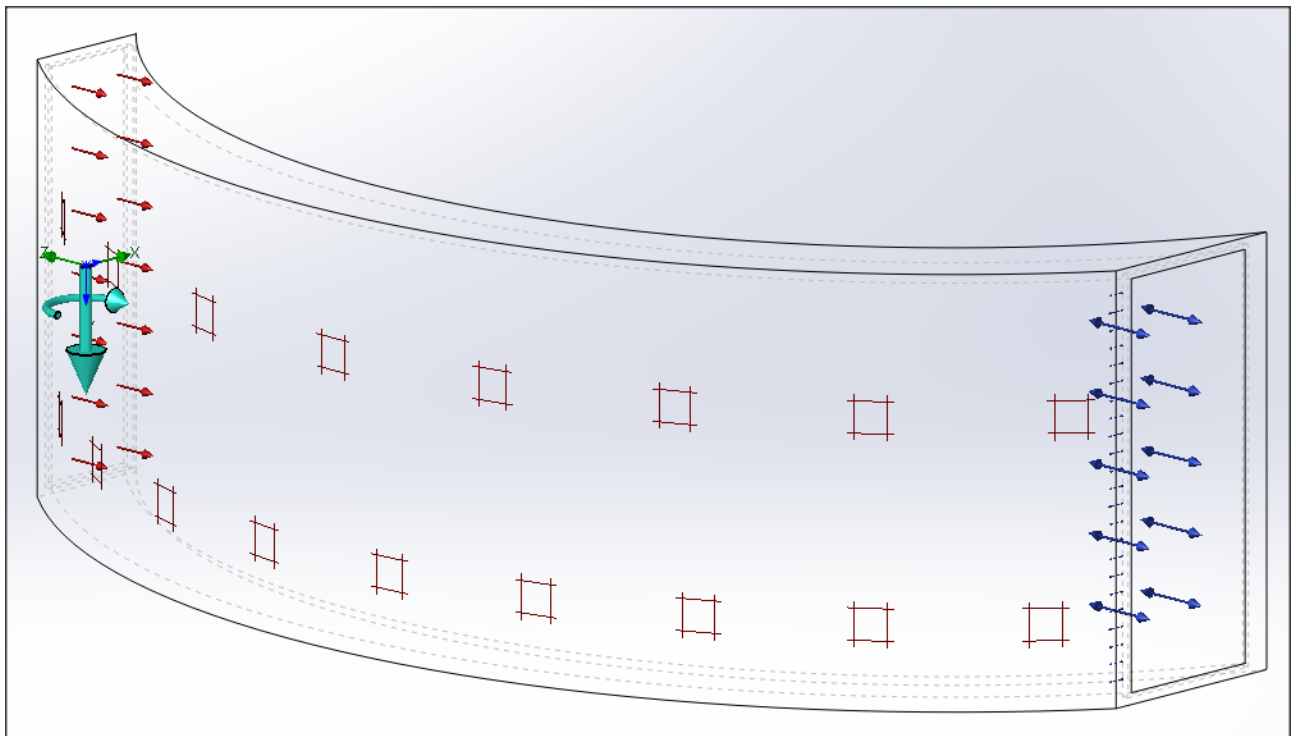
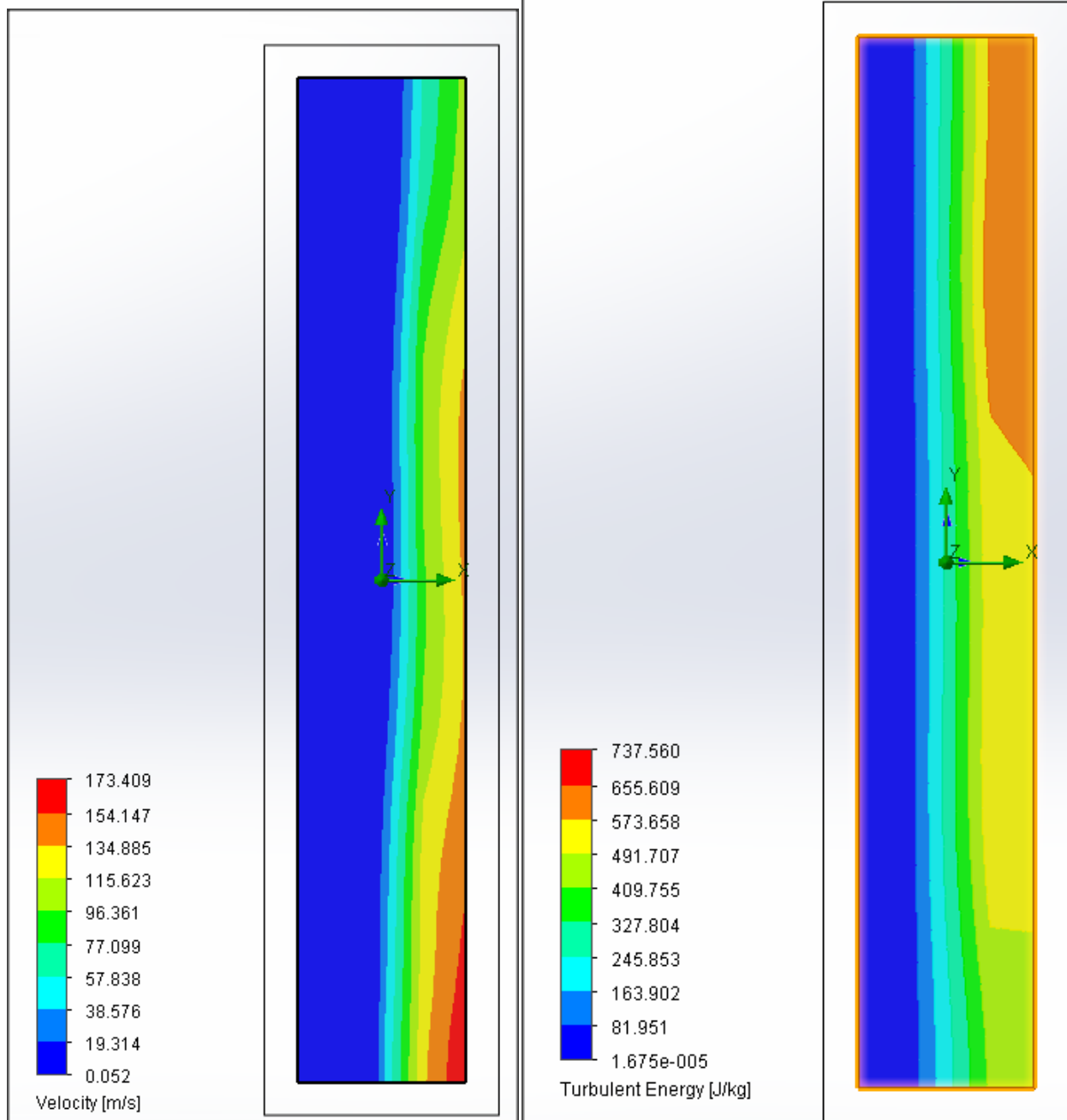


Рис.3.21. Модель сопла з прямокутним поперечним перерізом та дуговою твірною (R=68мм)

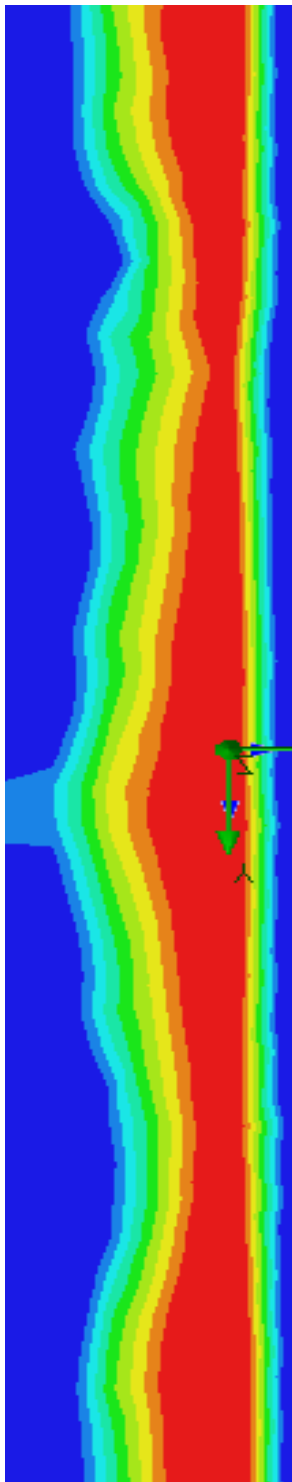


а)

б)

Рис.3.22. Розподіл швидкості молока (а) та розподіл турбулентної енергії (б) на виході із сопла з прямокутним перерізом

Характер розподілу результуючої швидкості виходу молока із сопла з прямокутним перерізом значно відрізняється від розподілу швидкості на базі сопла з круглим перерізом. По-перше, відповідно до результатів моделювання, продукт витікає в обмеженій трапецієвидній зоні шириною в основі близько 2,5мм. По-друге, спостерігаються чітко виражені зони максимальної швидкості біля набігаючої поверхні, що свідчить про утворення тонкої плівки молока на



виході із сопел. По-третє, гравітаційна складова вносить свій вклад в розподіл швидкості, що і видно в наявності трапецієвидної а не прямокутної зони виходу продукту.

З рис.3.22б ми бачимо, що турбулентна енергія для даного виду профілю сопла значно перевищує аналогічну для круглого профілю, що сприяє кращому диспергуванню вихідного потоку та утворенню більш дрібних крапель розпиленого молока.

Для оцінки впливу шорсткості внутрішньої поверхні сопел на характер розподілу швидкості ми провели дослідження з заданою шорсткістю $Ra=1,6\mu\text{m}$, що відповідає чистовому фрезеруванню. Результати досліджень в вигляді збільшеного фрагмента епюри розподілу швидкості молока показано на рис. 3.23.

В випадку врахування реальної шорсткості стінки сопла спостерігаємо асиметричний розподіл швидкості в пристінковій зоні. Для детального розгляду цього випадку використаємо редактор Excel для побудови графіку результуючої швидкості (рис. 3.24).

Рис. 3.23. Розподіл швидкості в пристінковій зоні з врахування шорсткості стінки сопла ($Ra=1,6\mu\text{m}$)

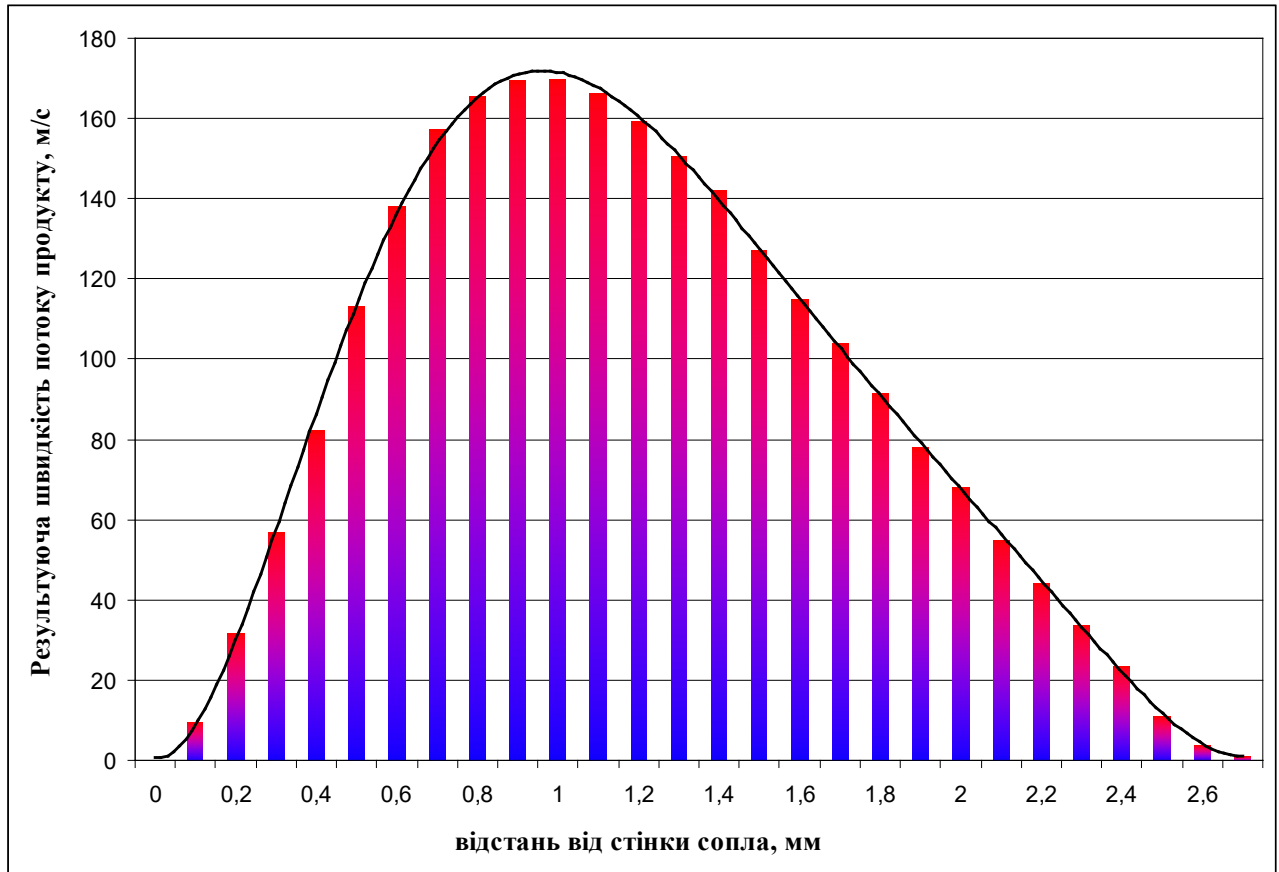


Рис.3.24. Розподіл швидкості молока на виході із сопла з прямокутним поперечним перерізом при $Re=1.6$ мм внутрішньої стінки

Висновки

При використанні розпилювального диску з прямокутним поперечним перерізом виявили, що:

- продукт витікає через обмежену трапецієвидну зону, яка при даній продуктивності (1424кг/год) має ширину в основі 2,5мм;
- спостерігаються чітко виражені зони максимальної швидкості біля набігаючої поверхні сопла, що свідчить про утворення тонкої плівки молока на виході із сопел;
- турбулентна енергія для даного виду профілю сопла значно перевищує аналогічну для круглого профілю, що сприяє кращому диспергуванню вихідного потоку та утворенню більш дрібних крапель розпиленого молока.

4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Технологічний розрахунок сушильної башти

Приймаємо параметри сушильного процесу:

$\omega_1 = 50\%$ - вологість молока;

$W_1 = 640$ кг/год. - кількість видаленої вологи;

$t_1 = 190^\circ\text{C}$ - температура повітря при вході в сушильну камеру;

$t_2 = 90^\circ\text{C}$ - температура повітря при виході з сушильної башти;

$t_0 = 20^\circ\text{C}$ - температура повітря в приміщенні;

$\omega_2 = 8\%$ - кінцева вологість молока.

Знаходимо масу молока, яка надходить на сушку:

$$m = \frac{W}{1 - \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}}, \text{ кг/год} \quad (4.1)$$

Тоді:

$$m = \frac{640}{1 - \frac{100 - 50}{100 - 8}} = 1414 \text{ кг/год}$$

Знаючи продуктивність сушильної установки по сирому молоці та вологості ω_1 і ω_2 , знаходимо продуктивність сушильної установки по висушеному матеріалу:

$$G = m \cdot \left(\frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} \right) = 1414 \cdot \left(\frac{100 - 50}{100 - 8} \right) = 774 \text{ кг/год} \quad (4.2)$$

Перевірка вищенаведених розрахунків. Кількість видаленої вологи при цьому буде:

$$W_2 = m - G = 1414 - 774 = 640 \text{ кг/год} \quad (4.3)$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	240270.KP.007.004 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/23

З урахуванням ККД установки який може бути в межах 80 – 85%, приймаємо ККД – 83%, перераховуємо продуктивність установки з урахуванням ККД:

$$G_{\text{прод}} = G \cdot 0,83 = 774 \cdot 0,83 = 642 \text{ кг / год} \quad (4.4)$$

Знаходимо діаметр сушильної камери:

$$D = 1,2 \sqrt[3]{\frac{W_1}{q}} \quad (4.5)$$

де: W_1 - годинна продуктивність по випареній волозі;

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

Тоді:

$$D = 1,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{640}{4,5}} = 6,3 \text{ м}$$

Приймаємо $D = 6,4$ м

Приймаємо висоту камери:

$$H = 1,2 \cdot D = 1,2 \cdot 6,4 = 7,68 \text{ м} \quad (4.6)$$

Знаходимо об'єм сушильної камери з рівняння:

$$V_k = \frac{W}{A} \quad (4.7)$$

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

Тоді:

$$V_k = \frac{774}{5} = 154,8 \text{ м}^3$$

4.2. Тепловий розрахунок сушильної башти

Вихідні дані для розрахунку:

продуктивність сушильної установки по випареній волозі кг/год - 640;

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

в сушильну камеру °С - 190; температура гарячого повітря, що виходить з

сушильної камери °С - 90; початкова вологість знежиреного молока % - 50;

кінцева вологість сухого знежиреного молока % - 8.

Кількість теплоти, затраченої на сушіння знаходимо по кількості теплоти Q , необхідної для нагрівання повітря в калорифері:

$$Q = G_{\Pi}(I_1 - I_0) \quad (4.8)$$

де I_0, I_1 - ентальпія повітря калорифера на вході і на виході з нього, кДж/кг;

G_{Π} - кількість повітря для висушування, кг;

Кількість повітря знаходимо за формулою:

$$G_{\Pi} = \frac{1000 \cdot W}{(d_2 - d_0)} \quad (4.9)$$

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.

Для знаходження ентальпії і вологовмісту повітря необхідно побудувати процес сушки в $I - d$ діаграмі, для цього спочатку знаходимо два основних параметра повітря, яке забирається для сушки.

По температурі та відносній вологості повітря знаходимо точку, що характеризує основні параметри повітря перед забором його в калорифер сушильної установки. При температурі повітря 20°C і відносній вологості $\varphi=70\%$, на перетині цих двох ліній отримаємо точку А, по якій знаходимо вологовміст $d_0=10$ г/кг сухого повітря і ентальпію $I_0=45$ кДж/кг. Далі повітря поступає в калорифер, де нагрівається при постійному вологовмісті до 190°C . В результаті перетину лінії $d_0=10$ г/кг сухого повітря з ізотермою $t=190^{\circ}\text{C}$ отримаємо точку В, що характеризує параметри повітря на виході з калорифера і вході в сушильну камеру ($d_1=10$ г/кг сухого повітря, $I_1=220$ 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 $I=220$ кДж/кг сухого повітря і лінії $t_2=90^{\circ}\text{C}$ точку С, що характеризує параметри повітря на виході з сушки ($d_2=49$

г/кг сухого повітря, $I_2=220$ 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. Цю точку можна знайти, відкладаючи на діаграмі втрати теплоти, розраховані аналітично. Розрахунок втрат показує, що дійсні витрати тепла на 15 – 20% більші від теоретичного.

Кількість повітря для сушіння:

$$G_{II} = \frac{1000 \cdot 640}{(49 - 10)} = 16670 \text{ кг / год} \quad (4.10)$$

Кількість теплоти, затраченої на сушіння:

$$Q = 16670 \cdot (220 - 45) = 2,9 \cdot 10^6 \text{ кДж / год} \quad (4.11)$$

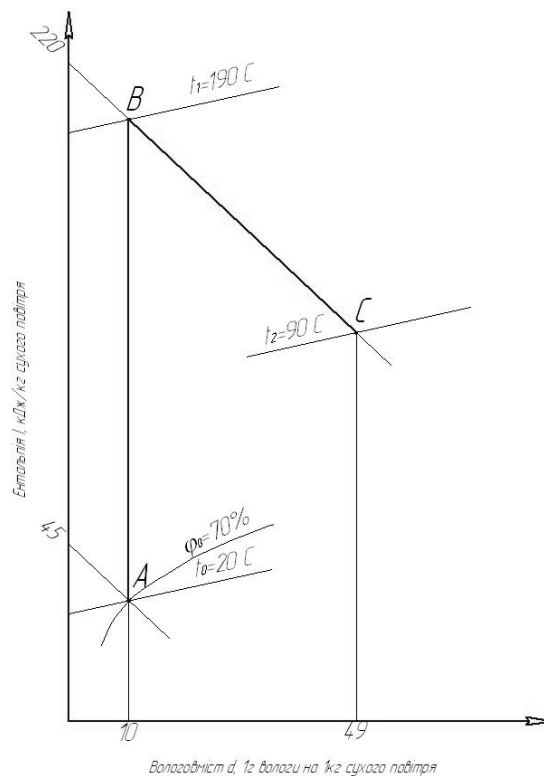


Рис.4.1. I-d діаграма вологого повітря

Для забезпечення необхідних параметрів сушильного агенту, за рекомендацією Калинівського машинобудівного заводу, використовується установка теплогенераторна ТГ-0,95-200 чи калорифер КФБ-11 А4.

4.3. Розрахунок розпилювального диску

Діаметр розпилювача знаходимо за формулою:

$$D = \frac{\omega}{\pi \cdot n} \quad (4.12)$$

де: n – кількість обертів диску об/хв.

Тоді:

$$D = \frac{60 \cdot 150}{3.14 \cdot 12000} \approx 0.25 \text{ м} = 250 \text{ мм.}$$

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

$$R_{\phi} = \frac{21.7 \cdot d \cdot \rho_m^{cp}}{C \rho_n} \cdot \lg \frac{\omega_n}{\omega_k} \quad (4.13)$$

де: ω_n - початкова швидкість польоту каплі м/с, $\omega_n = 150 \text{ м/с}$;

ω_k - кінцева швидкість падіння каплі; $\omega_k = 0,5 \text{ м/с}$;

ρ_m^{cp} - середня густина розпилюємого молока, кг/м^3

$$\rho_m^{cp} = \frac{\rho_m^g + \rho_m^k}{2}; \quad (4.14)$$

ρ_m^g , ρ_m^k - густина молока на початку та в кінці процесу, кг/м^3 .

$\rho_m^g = 1080 \text{ кг/м}^3$, $\rho_m^k = 800 \text{ кг/м}^3$.

Тоді:

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

C - коефіцієнт; $C = 1,3$;

ρ_n - густина повітря; $\rho_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$; ω - початкова швидкість польоту краплі;

$\omega = 150 \text{ м/с}$. d - діаметр краплі, м;

Діаметр краплі при дисковому розпиленні знаходять за формулою:

$$d = \frac{98,5}{n} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\rho_m \cdot R_d \cdot g}}, \quad (4.15)$$

де: σ - поверхневий натяг, Н/м;

R_d - радіус диска;

Тоді:

$$d = \frac{98.5}{12000} * \sqrt{\frac{0.042}{1080 * 0.125 * 9.81}} = 46 \text{ мкм} \quad (4.16)$$

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

$$R_\phi = \frac{21.7 \cdot 46 \cdot 10^{-6} \cdot 940}{1,3 \cdot 1,27} \cdot \lg \frac{150}{0,5} = 1,4 \text{ м} \quad (4.17)$$

Бачимо, що середня відстань польоту краплі менше радіусу камери 3,2м.

Приведений діаметр каналу сопел знаходимо за формулою:

$$d_c = 18.8 \sqrt{\frac{m}{i \cdot \rho_i \cdot \omega}}; \quad (4.18)$$

де i - кількість сопел; $i=16$;

Тоді:

$$d_c = 18.8 \sqrt{\frac{1424}{16 \cdot 1080 \cdot 150 \cdot 3600}} = 0.0073 \text{ м} = 7,3 \text{ мм}; \quad (4.19)$$

При використанні дисків з прямокутними розпилювальними контурами необхідно забезпечити еквівалентну розрахованій площу прямокутних сопел.

4.4. Розрахунок приводу розпилювача

Знаходимо потрібну потужність на валу розпилювача:

$$N = \frac{(k_0 \cdot D^2 \cdot \omega + 0,37) \cdot 10^{-4} \cdot \omega}{\eta_m}, \quad (4.20)$$

де k_0 - дослідний коефіцієнт, рівний 35...55;

ω - колова швидкість диску, м/с;

η_m - механічний ККД.

Тоді:

$$N = \frac{(35 \cdot 0,25^2 \cdot 150 + 0,37) 10^{-4} \cdot 150}{0,83} = 19,9 \text{кВт};$$

Потужність затрачену на опір сопел знаходимо з дослідних даних проведених МТІХП, при швидкості обертання 12000об/хв та довжиною сопла 0,075м, потужність на одне сопло становить 50Вт, знайдемо повну потужність:

$$N_p = N + 16 \cdot N_{сопла} = 19,9 + 16 \cdot 0,05 = 20,7 \text{кВт}$$

Знаходимо крутний момент на валу розпилювача:

$$T_p = 9550 \frac{N_p}{n_p} = 9550 \frac{20,7}{12000} = 16,47 \text{Нм}$$

Знаходимо потужність на валу електродвигуна:

$$N_{дв} = \frac{N_p}{\eta_1 \cdot \eta_2} \quad (4.21)$$

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

$\eta_2=0,96$ – ККД пасової передачі;

Тоді:

$$N_{дв} = \frac{20,7}{0,99 \cdot 0,96} = 21,7 \text{кВт}$$

Знаходимо крутний момент на валу електродвигуна:

$$T_{дв} = 9550 \frac{N_{дв}}{n_{дв}}, \quad (4.22)$$

$$T_{дв} = 9550 \frac{22}{2945} = 74,33 \text{Н}$$

Вибираємо електродвигун 4А 180S2УЗ; потужністю $N_{дв}=22$ кВт, частотою обертання $n_{дв}=2945$ об/хв, ККД двигуна $\eta=88,5\%$.

4.5. Підбір нагнітаючого вентилятора для сушильної башти

Вихідні дані для розрахунку:

Розрахункова витрата повітря $G_{п}=16670 \text{м}^3/\text{год}$;

Повний тиск – 2,5кПа;

Відповідно до вищенаведених вимог рекомендуємо встановити вентилятор

відцентрового типу ВЦП 7-40 №8 з двигуном АИР180М4.

Характеристика відцентрового вентилятора ВЦП 7-40 №8:

$G_{\max}=22000 \text{ м}^3 / \text{год}$;

Повний тиск – від 2,5 до 3,2 кПа;

$n=1615 \text{ хв}^{-1}$;

Потужність двигуна АИР180М4 – 30кВт.

4.6. Технологічний розрахунок вібраційної сушки

Вихідні дані:

продуктивність установки по вологому продукту $G_1=640 \text{ кг/год}$;

початкова вологість продукту - $W_1=8 \%$;

кінцева вологість продукту - $W_2=3 \%$;

температура сушильного агента – $t_1=120 \text{ }^\circ\text{C}$;

максимально допустима температура нагріву продукту – $t_m=100 \text{ }^\circ\text{C}$;

швидкість сушильного агента – $v=1,7 \text{ м/с}$;

початкова температура продукту – $t_{\text{п}}=90 \text{ }^\circ\text{C}$;

температура навколишнього середовища – $t_3=20 \text{ }^\circ\text{C}$;

товщина шару продукту – $h=25 \text{ мм}$;

швидкість холодного повітря – $v_{\text{ох}}=1,7 \text{ м/с}$.

1. Визначаємо швидкість сушки продукту в зоні нагріву:

$$N^C = \left[0.46 \cdot (t_1 - 60)^{0.7} + k \cdot (\omega_1 - 25) + 8 \right] \cdot \sqrt{v \cdot \rho_g} \cdot \left(\frac{G_1}{F_p} \right)^{-0.6} =$$
$$= \left[0.46 \cdot (120 - 60)^{0.7} + 0.48 \cdot (8 - 25) + 8 \right] \cdot \sqrt{1.7 \cdot 0.9} \cdot (9.5)^{-0.6} = 2.538 \text{ \% / хв}$$

Значення $k=0,48$ приймаємо з графіка.

Величину початкового питомого навантаження продукту на решітку розраховуємо по товщині шару продукту та питомій насиній вазі.

$$\frac{G_1}{F_p} = \rho_{\text{нас}} \cdot h = 0.025 \cdot 380 = 9.5 \text{ кг} / \text{м}^2$$

2. Визначаємо тривалість циклу нагріву продукту до максимально допустимої температури без врахувань втрат в навколишнє середовище:

$$\tau_1 = \frac{C'_3 \cdot (100 + \omega_1)}{N} \cdot \left[1 - \left(\frac{A - B \cdot t_n}{A - B \cdot t_m} \right)^{\frac{N^C}{B \cdot (100 + \omega_1)}} \right] =$$

$$\frac{0.417 \cdot (100 + 8)}{2.538} \cdot \left[1 - \left(\frac{4.58 - 0.04 \cdot 100}{4.58 - 0.04 \cdot 90} \right)^{\frac{2.538}{0.04 \cdot (100 + 8)}} \right] = 113.5 \text{сек}$$

$$A = \left(\frac{v \cdot \rho_2 \cdot c_p}{\rho_{нас} \cdot h} - \frac{0.05515 \cdot N^C}{(100 + w_1)} \right) \cdot t_1 - \frac{627.1 \cdot N^C}{(100 + w_1)} =$$

$$= \left(\frac{1.7 \cdot 0.9 \cdot 0.25}{9.5} - \frac{0.05515 \cdot 2.538}{(100 + 8)} \right) \cdot 120 - \frac{627.1 \cdot 2.538}{(100 + 8)} = 4.58$$

$$A = \left(\frac{v \cdot \rho_2 \cdot c_p}{\rho_{нас} \cdot h} - \frac{0.61515 \cdot N^C}{(100 + w_1)} \right) = \left(\frac{1.7 \cdot 0.9 \cdot 0.25}{9.5} - \frac{0.61515 \cdot 2.538}{(100 + 8)} \right) = 0.4$$

$$C'_{3'} = \frac{100 \cdot c_{с.печ} + w_1}{(100 + w_1)} = \frac{100 \cdot 0.37 + 8}{(100 + 8)} = 0.417$$

Визначаємо зниження вологості при виході з зони нагріву

$$\Delta W^C = N^C \cdot \tau_1 = \frac{2.538 \cdot 113.5}{60} = 5.1\%$$

Вологість продукту на виході з зони нагріву

$$W_2 = W_1 \cdot \Delta W^C = 8 - 5.1 = 2.9\%$$

Кількість води випареної в зоні нагріву

$$W = \frac{W_1 - W_2}{100 + W_1} \cdot G_1 = \frac{8 - 2.9}{100 + 8} \cdot 640 = 23.667 \text{кг/год}$$

Потрібна площа решітки для зони нагріву

$$F_p = \frac{G_1 \cdot \tau}{\rho_{нас} \cdot h} = \frac{640 \cdot 113.5}{380 \cdot 0.025 \cdot 3600} = 1.593 \text{м}^2$$

Розміри робочої камери:

ширину приймаємо конструктивно: $A=1000$ мм.

$$B = \frac{F_p}{1} = \frac{1.593}{1} = 1.593 \text{ м}$$

Довжину приймаємо $B=1600$ мм.

Потрібна кількість сушильного агента

$$V = v \cdot F_p \cdot 3600 = 1.7 \cdot 1.593 \cdot 3600 = 9749.16 \text{ м}^3$$

З конструктивних міркувань приймаємо розміри зони охолодження такими ж що нагріву.

Потрібна кількість повітря для охолодження

$$V_{ox} = v_{ox} \cdot F_p \cdot 3600 = 1.5 \cdot 1.593 \cdot 3600 = 8602.2 \text{ м}^3$$

Витрати тепла на 1 кг випареної вологи

$$q = \frac{\frac{V}{V_o}(I_1 - I_0)}{W} = \frac{\frac{2800}{1.15}(30.8 - 1.37)}{22.6} = 3171 \text{ Дж/кг випар. вологи}$$

де: I_1 = ентальпія сушильного агента при вході в зону нагріву; I_0 = ентальпія зовнішнього повітря; V_o = об'єм вологого повітря в $\text{м}^3/\text{кг}$ сухого повітря при початкових параметрах сушильного агента.

Визначаємо потужність, потрібну для електродвигунів вентиляторів :
для зони нагріву

$$N_{\epsilon} = \frac{V \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\epsilon} \cdot \eta_m \cdot \eta_n} = \frac{9749.16 \cdot 220}{3600 \cdot 102 \cdot 0.6 \cdot 0.96 \cdot 0.95} = 10.67 \text{ кВт}$$

де : H = загальний опір киплячого шару та газового тракту;

η_{ϵ} = ККД вентилятора: $\eta_{\epsilon}=0,6$;

η_m = механічний ККД вентилятора: $\eta_m=0,96$;

η_n = ККД передачі від електродвигуна до вентилятора: $\eta_n=0,95$;

для зони охолодження

$$N_{\epsilon} = \frac{V \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\epsilon} \cdot \eta_m \cdot \eta_n} = \frac{8602.02 \cdot 220}{3600 \cdot 102 \cdot 0.6 \cdot 0.96 \cdot 0.95} = 9.4 \text{ кВт}$$

4.7. Розрахунок нагнітаючого вентилятора для другої стадії сушіння

Вихідні дані для розрахунку:

витрата повітря $G_{\text{п}}=9749,16 \text{ м}^3/\text{год}$; тиск – $2,5 \text{ кПа}=230\text{кг}/\text{м}^2$.

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

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

$$P_{\text{дин}} = \frac{250 \cdot 15}{100} = 37,5 \text{ кг} / \text{м}^2;$$

Величина статистичного тиску буде дорівнювати:

$$P_{\text{ст}} = 250 - 37,5 = 212,5 \text{ кг} / \text{м}^2;$$

Знаходимо швидкість повітря в нагнітаючому вентиляторі:

$$C = \sqrt{\frac{2g \cdot P_{\text{дин}}}{\gamma}}; \quad (4.29)$$

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

Тоді:

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

Знайдемо переріз вихідного штуцера:

$$F = \frac{G_n}{C} = \frac{9749,16}{3600 \cdot 24} = 0,112 \text{ м}^2;$$

Колова швидкість ротора, необхідна для створення тиску $250\text{кг}/\text{м}^2$, знаходиться за формулою:

$$P = \varphi \frac{g_p^2}{g} \gamma \quad (4.30)$$

де φ – коефіцієнт, що залежить від форми лопатей; у вентиляторів Ц 7-40 лопаті радіальні, тому $\varphi = 0,7-0,9$, тоді швидкість буде дорівнювати:

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

Знаходимо частоту обертання ротора і його діаметр, використовуючи

співвідношення, так як:

$$g_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60} = 52,5 \text{ м/с, то}$$

$$D_2 n = 60 \cdot 52,5 / 3,14 = 1003,2; \quad D_2 = D_1 / m;$$

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:

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

$$D_1 = A \sqrt[3]{\frac{G}{n}}, \text{ де } A=3,24 - 4$$

Вирішуємо систему рівнянь:

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

$$D_1 = 3,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{9749,16}{3600 \cdot n}}; \quad n = \frac{853}{D_1}; \Rightarrow n = 853 / m = 853 / 0,85 = 1003,5;$$

звідси маємо

$$D_1 = 3,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{9749,16}{3600 \cdot 1003,5}} = 0,451 \text{ м}$$

$$D_2 = \frac{D_1}{m} = \frac{0,451}{0,85} = 0,53 \text{ м};$$

Приймаємо $D_2=600$ мм, що відповідає діаметру колеса вентилятора Ц5-45-8В1.01.У2.

Перерахуємо частоту n і діаметр D_1 :

$$n = \frac{D_1 n}{D_1} = \frac{853}{0,46} = 1854,3 \text{ хв}^{-1}, \text{ де } D_1 = D_2 \cdot m = 0,54 \cdot 0,85 = 0,46 \text{ м};$$

Висота лопаті в зігнутому вигляді:

$$Z = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{0,54 - 0,46}{2} = 0,04 \text{ м}.$$

Число лопатей:

$$n_1 = \frac{\pi \cdot D_2}{k} = \frac{3,14 \cdot 0,54^2}{0,15} = 5,1$$

Приймаємо 6 лопатей.

Характеристика відцентрового вентилятора Ц5-45-8В1.01.У2. :

$$G=10100 \text{ м}^3 / \text{год} \quad \eta = 0,55$$

$$H=240 \text{ кг} / \text{м}^2 \quad N = 11,4 \text{ кВт}$$

$$n=1860 \text{ хв}^{-1} \quad D_2 = 540 \text{ мм}$$

Для приводу даного вентилятора підходить двигун 4А134М4 потужністю $N=12 \text{ кВт}$, $n=1465 \text{ хв}^{-1}$.

4.8. 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:

$$\delta = \frac{\lambda \cdot (t_1 - t)}{q_n}, \quad (4.31)$$

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, $q_n = 162 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, при $t_1=190^\circ\text{C}$;

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

Тоді:

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

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100мм.

Розроблення технологічного процесу виготовлення шлюзового затвору

Для розроблення схеми та маршруту було вибрано шлюзовий затвор який зображено на рис. 4.2

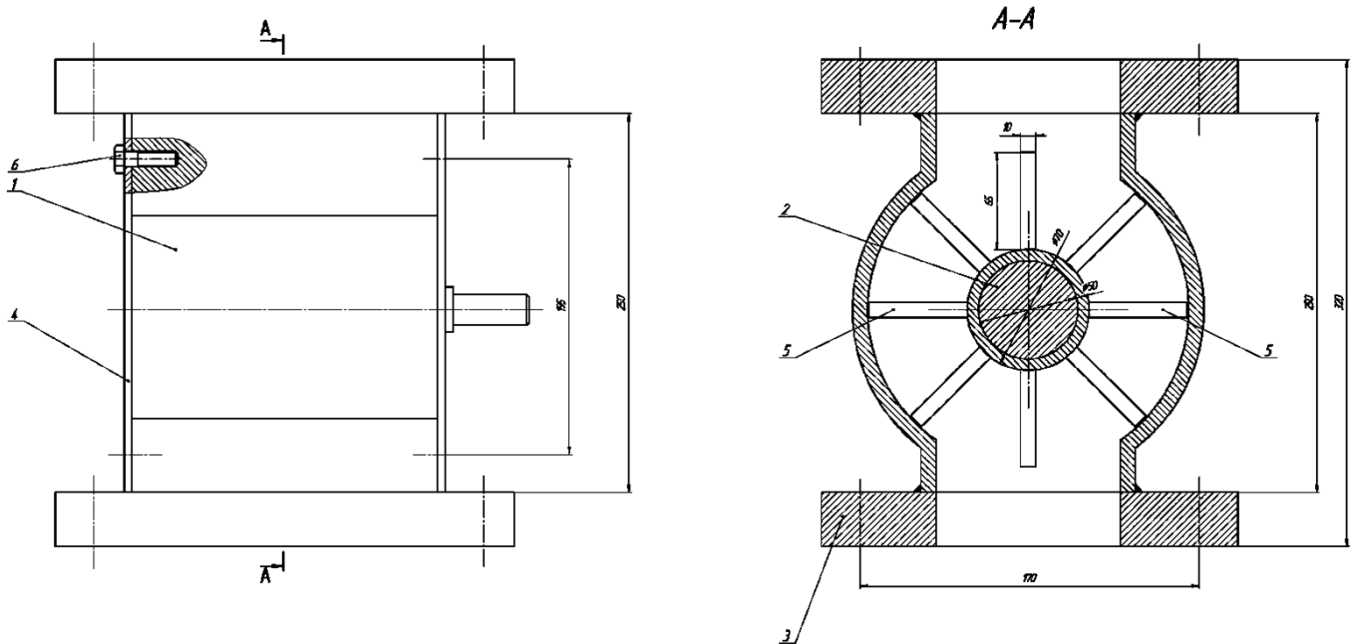


Рис.4.2. Шлюзовий затвор

Шлюзовий затвор (також відомий як шлюз, обертовий клапан або зірчастий живильник) є пристроєм, призначеним для переміщення частинок матеріалу, попередньо вилучених циклоном під час очищення газоповітряних сумішей. Його робота забезпечує транспортування цих частинок за умов одночасної герметизації повітряного простору, тобто переміщення матеріалу відбувається без пропускання повітряного потоку.

Шлюзові затвори бувають завантажувального та розвантажувального типів. Розвантажувальні моделі застосовуються для виведення матеріалу з бункерів і циклонів, у яких тиск відрізняється від атмосферного, забезпечуючи стабільність процесу та герметичність системи.

Комплектація у вигляді подетального складу шлюзового затвору подана у таблиці

<i>Ном. позиц.</i>	<i>Назва деталі</i>	<i>Кількість деталей</i>
1	Корпус	1
2	Вал	1
3	Фланець 272х300	2
4	Бічна стінка	2
5	Лопаті	1
6	Болт М10×35.5.8. ГОСТ 7798-70	12
7	Підшипник	2
8	Прокладка	2
9	Шпонка	1

З аналізу конструкції опори (рис.4.2) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: Ск.1 – корпус, Ск.2 – бічна стінка(ліва), Ск.3 – вал, Ск.4 – бічна стінка(права) а також окремі стандартні деталі – болт 6, підшипника 7 та прокладки 8, шпонки 9.

Схема складання шлюзового затвору представлена на рис . 4.3.

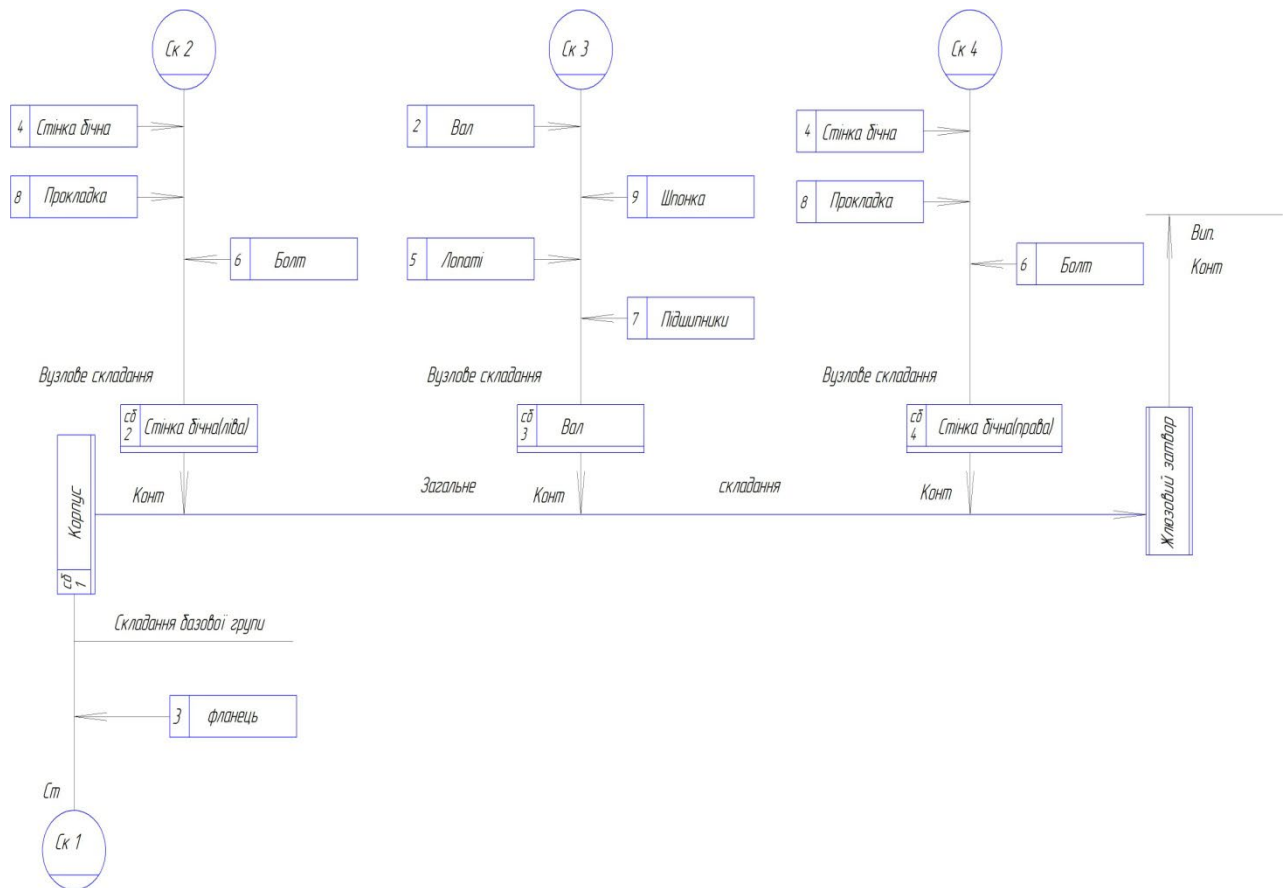


Рис. 4.3. Технологічна схема складання шлюзового затвору.

Вертикальні лінії зі стрілками на схемі відображають послідовність складання окремих складальних одиниць. Горизонтальні лінії, розміщені в центральній частині схеми, позначають порядок з'єднання складальних одиниць першого порядку за допомогою стандартних кріпильних елементів. У прямокутниках наведено найменування деталей та відповідні позиційні номери, що відповідають кресленню. Прямокутники з подвійним потовщеним обрамленням містять позначення складальних одиниць першого порядку.

У схемі також застосовано умовні позначення, що включають технологічні рекомендації: «Ст» — складання на стенді, «Конт» — виконання контролю.

Технологічний маршрут складання затвору подається у вигляді стислого опису виконуваних операцій із зазначенням переходів (див. таблицю).

<i>Номер операції</i>	<i>Номер переходу, зміст переходу</i>
<i>10. Складання корпусу (Ск.1)</i>	<i>10.1 Встановити корпус на складальний стенд і закріпити його 10.2. Очистити різьбові отвори від стружки.</i>
<i>20. Складання Стінки бічної (ліва) (Ск.2)</i>	<i>20.1 Встановити кришку на складальний стенд і закріпити її. 20.2 Очистити отвори від стружки 20.3 Одіти прокладку 20.4 Встановити складальний вузол Ск2 в Ск1 закріпити болти.</i>
<i>30. Складання валу Ск.3</i>	<i>30.1 Встановити вал на складальний стенд і закріпити його 30.2. Встановити підшипник 30.3 Встановити шпонку 30.4 Встановити Оберткові лопаті 30.5. Встановити підшипник 30.6 Встановити складальний вузол Ск3 в Ск1</i>
<i>40. Складання Стінки бічної (права) (Ск.4)</i>	<i>40.1 Встановити кришку на складальний стенд і закріпити її. 40.2 Очистити отвори від стружки 40.3 Одіти прокладку 40.4 Встановити складальний вузол Ск4 в Ск1 закріпити болти.</i>
<i>50. Контрольна</i>	<i>50.1 Проконтролювати правильність зборки</i>
<i>60. Консервація</i>	<i>60.1 Нанести захисне покриття</i>

Розрахунок розмірного ланцюга під час складання підшипникового вузла

Під час складання окремих вузлів машин зазвичай виникає похибка у значенні замикаючої ланки розмірного ланцюга відповідної складальної одиниці. Це пов'язано з наявністю відхилень у розмірах складових деталей та особливостями їх взаємного розташування у вузлі. Фактичні значення елементів розмірного ланцюга формуються безпосередньо в процесі складання і проявляються в момент контакту з'єднаних поверхонь.

У випадках, коли кількість ланок розмірного ланцюга є значною, а допуск замикаючої ланки (зазору або натягу), необхідний для забезпечення повної взаємозамінності, дуже малий, вимоги до точності виготовлення деталей можуть суттєво ускладнювати виробництво та перевищувати економічно доцільний рівень точності. У таких ситуаціях зазвичай або відмовляються від повної взаємозамінності, допускаючи підгонку деталей за місцем, або ж у конструкцію складальної одиниці вводять компенсатори, які забезпечують можливість регулювання допуску замикаючої ланки.

Компенсатором слугує набір регульовальних прокладок (шайб) заданої товщини. Використання компенсаторів дає змогу витримувати необхідні межі точності у розмірному ланцюзі. Вибір конкретної прокладки визначається фактичними розмірами деталей, що входять до складу вузла.

Розглянемо вузол, що має компенсатор у вигляді прокладки (рис. 4.4).

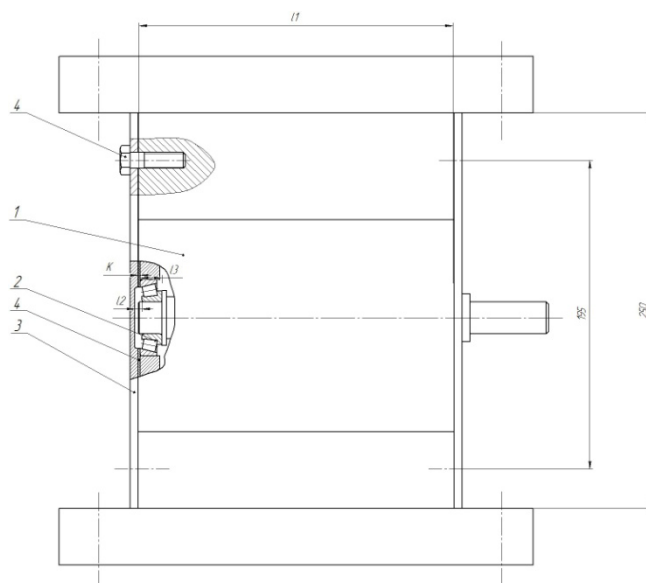


Рис. 4.4. Схема складання вузла

У корпусі розміщено радіально-упорний підшипник кочення 2, у якому обертається вал. З одного боку підшипник спирається на буртик валу, що забезпечує його фіксацію. Для підвищення надійності вузла та запобігання осьовому зміщенню підшипник додатково утримується кришкою 1. Між кришкою 1 та корпусом підшипника 3 встановлюється гумова прокладка.

Для забезпечення стабільної роботи вузла та виключення можливих переміщень підшипника необхідно мінімізувати зазор між прокладкою та корпусом підшипника. У розрахунках цей зазор приймається в межах $\Delta = 0,1 \dots 0,3$ мм.

Для розрахунку приймаємо його $\delta_{\Delta} = 0.2$ мм.

З урахуванням допусків на розміри деталей, що входять в розмірний ланцюг:

$\delta_{l_1} = +0.22; \delta_{l_2} = +0.54; \delta_{l_3} = -0.19; \delta_{l_{зам}} = +0.54$, визначимо тепер розміри всіх деталей:
 $l_1 = 70^{+0.22}, l_2 = 12^{+0.54}, l_3 = 30_{-0.19}, l_{зам} = 2^{+0.54}$.

Розмір компенсатора необхідно скорегувати на величину значення компенсації, яке визначається за формулою:

$$\delta_k = \left[\sum_{i=1}^{m-1} \delta_i \right] - \delta_{\Delta}$$

де δ_i – величина допуску i – ої складової ланки; m – кількість ланок розмірного ланцюга, враховуючи замикаючий ланцюг (зазор); δ_{Δ} – розмір замикаючої ланки.

Тоді максимальна величина значення компенсації визначається:

$$\delta_k = (\delta_{l_1} + \delta_{l_2} + \delta_{l_3} + \delta_{l_{зам}}) - \delta_{\Delta} = (0.22 + 0.54 - 0.19 + 0.54) - 0.2 = 1.11 \text{ мм}$$

У межах визначеної величини $\delta_k = 1.11$ мм знаходимо кількість та розміри комплекту компенсаторів, що необхідні для забезпечення нормальної експлуатації вузла.

$$n = \frac{\delta_k}{\delta_{\Delta}} + 1 = \frac{1.11}{0.2} + 1 \approx 6$$

Розрахунок надійності деталі при експлуатації

Визначимо ймовірність безвідмовної роботи вала та проаналізуємо надійність його роботи.

Обираємо критичний переріз вала, який має шпонковий паз та другий переріз який має концентрація напружень внутрішнього кільця підшипника. (рис. 4.5.)

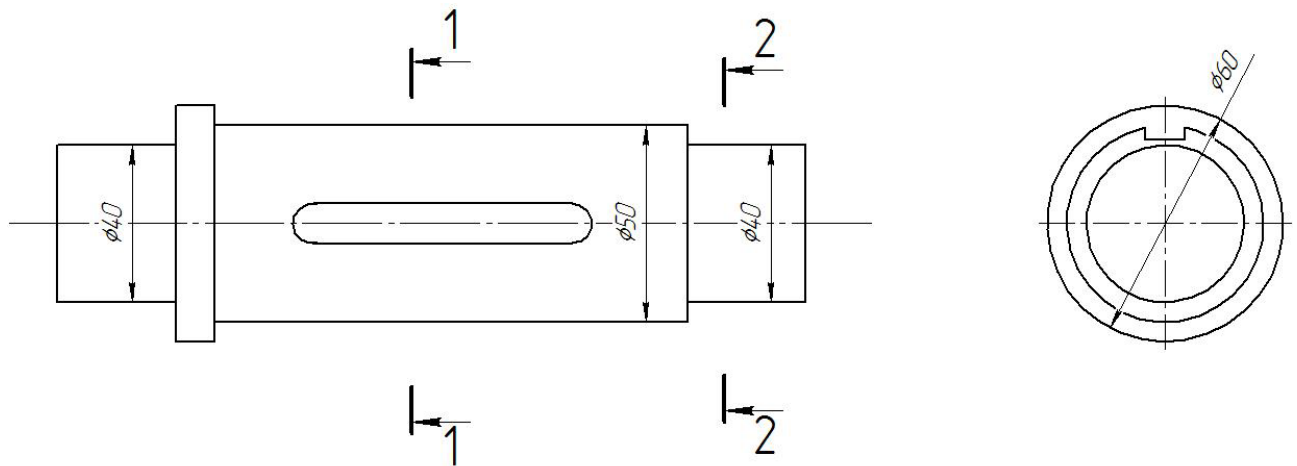


Рис. 4.5. Критичні перерізи вала

З робочим кресленням вала знаходимо геометричні розміри та з довідникової літератури знаходимо механічні характеристики матеріалу з якого виготовлюється дана деталь:

- $d_1 = 50 \text{ мм}$;
- $d_2 = 40 \text{ мм}$;

З довідника знаходимо для сталі 40Х знаходимо:

- $\sigma_s = 1000 \text{ МПа}$; $\sigma_T = 800 \text{ МПа}$; $\tau_T = 480 \text{ МПа}$; $\sigma_{-1} = 450 \text{ МПа}$; $\tau_{-1} = 480 \text{ МПа}$;
- $\psi_\sigma = 0.15$; $\psi_\tau = 0.1$.

Приймаємо, що згинаючий момент і крутний момент в перерізі I-I та II-II буде однаковим:

$$M_{зг} = 160 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_{кр} = 250 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

1. Спочатку, перевіряємо запас міцності в перерізі I-I. Концентрація напружень при згині та крученні обумовлені шпонковим пазом.

Для вала виготовленого зі сталі 40Х з діаметром 50 мм з таблиці знаходимо ефективні коефіцієнти концентрації напружень $K_{\sigma D} = 2,25; K_{\tau D} = 2.15$, масштабний коефіцієнт $\varepsilon_{\sigma} = 0.82; \varepsilon_{\tau} = 0.7$

Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D}\sigma_a + \psi_{\sigma}\sigma_m} = \frac{450}{2.25 \cdot 17.7} = 8.3$$

де амплітуда номінальних напружень згину

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{32}}{W_0} = \frac{160 \cdot 10^3}{0.1 \cdot d_1^3} = 17.7 \text{ МПа}$$

Знаходимо запас міцності для дотичних напружень.

$$\tau = \frac{T}{W_P} = \frac{250 \cdot 10^3}{0.2 \cdot d_1^3} = 10 \text{ МПа}$$

амплітуда та середнє значення номінальних напружень кручення

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ МПа}$$

Запас міцності для дотичних напружень

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D}\tau_a + \psi_{\tau}\tau_m} = \frac{250}{2.15 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5} = 12.4$$

Визначаємо запас міцності в перерізі I-I.

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{8.3 \cdot 12.4}{\sqrt{8.3^2 + 12.4^2}} = 3.8 > [n] = 1.8$$

Визначаємо середнє квадратичне відхилення амплітуди напружень:

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{32}}{3} = \frac{1.56 \cdot 17.7}{3} = 9.2 \text{ МПа}$$

де $A = \frac{M_{кр}}{M_{32}} = \frac{250}{160} = 1.56$

Коефіцієнт варіації амплітуди

$$\nu_a = \frac{S_a}{\sigma_{32}} = \frac{9.2}{17.7} = 0.52$$

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

$$P(t) = 1 - F(t) = 100 - 0.04 = 99.96$$

2. Перевіряємо переріз II-II.

Знаходимо ефективні коефіцієнти концентрації напружень визвана посадкою внутрішнього кільця підшипника. Для нашого валу $K_\sigma = 1.46, K_\tau = 2.4$ Маштабний коефіцієнт $\varepsilon_\sigma = 0.83; \varepsilon_\tau = 0.71$ Коефіцієнт стану поверхні при шорсткості $R_A = 2.5$ мк. $K_\sigma'' = K_\tau'' = 1.2$. Ефективні коефіцієнти концентрації напружень для даного перерізу при згині та крученні в разі відсутності технологічного зміцнення:

$$K_{\sigma D} = \frac{K_\sigma + K_\sigma'' - 1}{\varepsilon_\sigma} = \frac{1.46 + 1.2 - 1}{0.83} = 2.3$$

$$K_{\tau D} = \frac{K_\tau + K_\tau'' - 1}{\varepsilon_\tau} = \frac{2.4 + 1.2 - 1}{0.71} = 4.1$$

Визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень визвана посадкою внутрішнього кільця підшипника В нашому випадку $K_{\sigma D} = 2.25, K_{\tau D} = 2.15$.

Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} = \frac{450}{2.25 \cdot 17.7} = 7.9$$

де амплітуда номінальних напружень згину

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{32}}{W_0} = \frac{160 \cdot 10^3}{0.1 \cdot d_1^3} = 17.7 \text{ МПа}$$

Знаходимо запас міцності для дотичних напружень.

$$\tau = \frac{T}{W_P} = \frac{250 \cdot 10^3}{0.2 \cdot d_1^3} = 10 \text{ МПа}$$

амплітуда та середнє значення номінальних напружень кручення

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ МПа}$$

Запас міцності для дотичних напружень

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \tau_a + \psi_\tau \tau_m} = \frac{250}{2.15 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5} = 11.7$$

Визначаємо запас міцності в перерізі I-I.

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{7.9 \cdot 11.4}{\sqrt{7.9^2 + 11.4^2}} = 3.6 > [n] = 1.8$$

Визначаємо середнє квадратичне відхилення амплітуди напружень:

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{32}}{3} = \frac{1.56 \cdot 17.7}{3} = 9.2 \text{ МПа}$$

де $A = \frac{M_{кр}}{M_{32}} = \frac{250}{160} = 1.56$

Коефіцієнт варіації амплітуди

$$\nu_a = \frac{S_a}{\sigma_{32}} = \frac{9.2}{17.7} = 0.52$$

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

$$P(t) = 1 - F(t) = 100 - 0.04 = 99.96$$

5. МОНТАЖ, РЕМОНТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Монтаж розпилювальної сушарки

Монтаж сушильного обладнання різних типів може виконуватися як спеціалізованими підрядними організаціями, так і господарським способом. У процесі встановлення використовують широкий спектр механізмів та засобів механізації: автомобільні крани, автонавантажувачі, електролебідки, електро- та газозварювальне обладнання, талі, пересувні монтажні майстерні, а також інші необхідні інструменти й пристрої.

Високий ступінь заводської готовності сушарок передбачає виготовлення допоміжного обладнання, металоконструкцій і комплектувальних елементів на спеціалізованих підприємствах. До такого обладнання належать повітроводи, газоходи, станини транспортерів, бункери, вентилятори, огорожувальні конструкції тощо. Виробництво цих компонентів у заводських умовах забезпечує скорочення термінів монтажу, зменшення трудомісткості та зниження загальної вартості робіт.

Пусконаладжувальні роботи включають перевірку правильності збирання обладнання, його поступове введення в експлуатацію, регулювання та досягнення проектної продуктивності сушарки з дотриманням нормативних показників щодо споживання електроенергії.

Підготовчі роботи охоплюють операції, які можуть виконуватися поза межами монтажного майданчика. Їх проведення суттєво прискорює основні етапи складання та завершення будівництва сушарки. Такі роботи здійснюють у підсобних приміщеннях, на відкритих площадках, у майстернях і на складах, де задалегідь зберігається технологічне й енергетичне обладнання.

Перед початком основних монтажних робіт необхідно:

- вивчити проектну документацію;
- отримати монтажні матеріали відповідно до специфікації;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання	240270.KP.007.005 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/10

- перевірити відповідність будівельних приміщень проєктним кресленням і здійснити їх приймання під монтаж;
- оглянути обладнання, металоконструкції та комплектувальні деталі, а також провести їх попередню перевірку;
- передбачити складання укрупнених вузлів на спеціальному майданчику.

Після цього здійснюють розчищення території, виконують розмічальні роботи, визначають монтажні отвори, готують підмости та інше допоміжне оснащення, а також встановлюють такелажне обладнання.

Основні монтажні операції включають доставку, огляд, очищення та промивання вузлів, після чого обладнання встановлюють на проєктні позиції з обов'язковим контролем горизонтальності, вертикальності та надійності кріплення. Далі вручну перевіряють плавність і легкість переміщення робочих органів і механізмів. За умови відповідності технічним вимогам обладнання готують до комплексних випробувань під навантаженням: встановлюють приводні паси, здійснюють додаткове змащення тертьових поверхонь тощо. Під час наладки визначають частоту обертання двигунів, продуктивність, споживання електроенергії й палива, а також вимірюють параметри повітряних і парових потоків.

При виконанні монтажних робіт дотримуються таких основних вимог: усі зварні шви повинні мати високу якість, що підтверджується візуальним контролем та вимірюваннями; люки й заглушки мають забезпечувати повну герметичність; деталі сушарки, що контактують з харчовою продукцією, виготовляють із матеріалів, дозволених для харчової промисловості; повітроводи виконують із листової сталі зі зварними з'єднаннями.

При монтажі і наладці розпилювальної сушарки марки А1-ОР2Ч слід керуватися такими правилами – розпилювальну сушарку необхідно розміщувати в приміщеннях, відповідних вимогам групи 2 (С) по ГОСТ 15150–69 з відносною вологістю повітря 75% і температурою 20°C із запиленою, що не перевищує 6 мг/м³. Підлога повинна мати ухил в бік трапів. Приміщення слід обладнати припливною вентиляцією.

До місця монтажу сушильної установки повинна бути підведені електроенергія, пара, крижана, гаряча і холодна вода, стиснене повітря. Монтаж ведеться відповідно до вимог технічного опису супровідної документації комплектуючих виробів, а також креслень, записки пояснення, габаритного креслення, монтажного креслення і електричних схем.

Завод виготовлювач проводить контрольну збірку і монтаж сушильної установки з перевіркою всіх привязочних координат виробу, груп, вузлів і остаточне приварювання фланців повітропроводів і трубопроводів. Має бути забезпечена правильна стиківка фланців.

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

Оброблені поверхні деталей, покриті на заводі-виготовлювачі захисним консистентним мастилом, необхідно промити гасом і ретельно протерти.

Сушильні камери поставляють в розібраному виді без опор, систем підведення та відведення, розпилювача і системи очищення повітря. При її монтажі необхідно приварити опори до опорного кільця сушильної камери; встановити сушильну камеру на опори, підкласти під них підп'ятники; провести установку сушильної камери по рівню, при цьому фланець камери, призначений для розпилювача, не повинен мати відхилення від горизонталі більш ніж на 0,6 мм на ділянці завдовжки 600 мм, перпендикулярність осі камери основі виконують шляхом підкладки додаткових прокладок під підп'ятники опор і перевіряють схилом; відведення, та пневмосистему вмонтовують у відповідності з складальним кресленням.

Після установки сушильної камери вмонтовують майданчики для обслуговування. На майданчиках в нижчих точках на площі діаметром 100мм свердлять отвори діаметром 8мм, а під ними приварюють збірні воронки діаметром 150мм, які приварені до труб і об'єднані загальним колектором, який виводиться в каналізацію.

Після перевірки правильності монтажу фланцевих з'єднань заливають фундаменти опор сушильної камери.

Решта устаткування, що встановлюється під майданчиком обслуговування, на підлозі приміщення, а також розпилювач і пристрій для миття вмонтовують згідно монтажному і складальному кресленням.

Зовнішні з'єднання, що не увійшли до комплекту технічної документації (паропровід, конденсатопровід, трубопроводи, повітропровід і ін.) вмонтовують відповідно до проекту прив'язки і з місцевими умовами.

Всі зовнішні поверхні паропроводів, конденсатопроводів, трубопроводів гарячої води, температура яких перевищує 40°C, а також трубопроводи крижаної води покривають шаром азбесту 20–25 мм, обмотують марлею і забарвлюють в червоний або синій колір. Теплоізоляцію не наносять на фланцеві з'єднання.

Щит контролю і управління розташовують на підлозі приміщення, де монтують установку. Розводку проводів від щита контролю і управління до електрообладнання і апаратів проводять по місцю. Все устаткування надійно заземляють і підключають до заземлюючого контуру підприємства. Розводку пневмотрубок від щита і пневмопанелі до датчиків і пневмомолотків проводять по місцю. Після монтажу щита контролю і управління встановлюють зняті на період транспортування показуючі і регулюючі прилади в відповідності з електромонтажними кресленнями, а також встановлюють і підключають прилади (термометри, манометри, датчики розрідження, пневмоклапани тощо).

Наладка розпилювальної сушарки

Після завершення монтажу обладнання виконують комплекс налагоджувальних операцій, під час яких перевіряють:

- коректність підключення електродвигунів та правильність напрямку їх обертання;
- правильність під'єднання вимірювальних приладів і датчиків;
- справність ланцюгів керування та сигналізації, а також роботу звукових та світлових індикаторів;
- коректність монтажу пневмосистеми та працездатність пневмомолотків;

- герметичність трубопроводів, повітропроводів, люків і кришок. Усі виявлені місця негерметичності усувають до введення обладнання в експлуатацію.

Особливу увагу приділяють регулюванню шлюзових затворів. Мінімально допустимий зазор між коробом збірника та днищем сушильної камери встановлюють шляхом переміщення опорного ролика. Також проводять обкатку та регулювання розпилювачів, змащують тертьові елементи, що не контактують із продуктом, і заповнюють редуктори приводів новим мастилом згідно з паспортними вимогами.

Після встановлення захисних огорожень здійснюють прогрівання парових калориферів до робочих параметрів. Лише після завершення цих процедур установку запускають у роботу, проводячи остаточне налагодження систем автоматизації в ручному та автоматичному режимах, а також перевірку функціонування пожежогасіння. Комплексне випробування сушильного обладнання триває декілька годин.

Експлуатація розпилювальної сушарки

Підготовка до запуску та пуску

Перед початком роботи оператор повинен переконатися у наявності пари необхідного тиску в паропроводі, у справності всіх вузлів сушарки та герметичності молокопроводів, а також перевірити наявність мастила в тертьових вузлах.

Перед пуском проводять продування повітропроводів і попереднє прогрівання сушильної башти. Для цього на 2–3 хвилини вмикають головний витяжний вентилятор. Після його зупинки очищають днище башти від частинок молока, що могли потрапити туди під час продування. Далі здійснюють підігрівання сушильної камери до 140–150 °С гарячим повітрям: двері башти щільно зачиняють, перекривають вентилялі на лінії відведення конденсату, вмикають нагнітаючий вентилятор і подають теплоносій.

Після прогрівання вмикають привід розпилювального диска та насос подачі молока. Під час роботи сушарки контролюють ступінь висушування

продукту: появу краплин молока на стінках башти розглядають як ознаку неповного висушування.

Робота установки

За функціонуванням сушарки спостерігають за допомогою приладів на пульті керування та через оглядове вікно у дверях сушильної башти. Під час нормальної роботи розпилене молоко не повинно досягати стінок башти. При стабільному процесі розпилення та падінні частинок на дно камери вмикають витяжний та транспортний вентилятори.

Під час експлуатації контролюють такі параметри:

- тиск пари в калорифері;
- роботу розпилювального механізму;
- температуру й вологість повітря, що виходить із калорифера та сушильної камери;
- температуру молока, що подається в сушарку;
- якість отриманого сухого молока.

Зупинка сушарки

Відповідно до встановлених норм, добова тривалість роботи розпилювальної сушарки становить близько 20 годин, що еквівалентно щонайменше 2,5 змінам. Після цього сушарку зупиняють. Для припинення роботи установку зупиняють у певній послідовності: подають сигнал у котельню щодо вимкнення подачі пари, припиняють подачу молока на розпилювальний диск шляхом вимкнення насоса та приводу розпилювального механізму, закривають подачу пари на калорифер. Далі відкривають двері сушильної башти та охолоджують її, пропускаючи через камеру повітря з виробничого приміщення за допомогою витяжного вентилятора.

Після охолодження внутрішні стінки башти очищують спеціальними щітками, обгорнутими простерилізованою марлею. Особливу увагу приділяють очищенню повітророзподільної системи, на якій осідає значна кількість молочного порошку. Окрім цього, промивають трубопроводи для згущеного

молока, насос подачі та молочний танк. Розпилювальний диск періодично демонтують, очищують від залишків порошку, ретельно миють і висушують.

Ремонт розпилювальної сушарки

До організаційно-технічних заходів з утримання обладнання в належному стані входить система планово-запобіжного ремонту (ППР). Її сутність полягає у проведенні планових профілактичних оглядів, поточних і капітальних ремонтів через визначені проміжки часу, доповнених щоденним обслуговуванням.

Система ППР дозволяє розв'язати низку важливих завдань:

- забезпечити надійну та безперебійну роботу обладнання;
- запобігти аварійним зупинкам і передчасному виходу вузлів з ладу;
- підвищити продуктивність обладнання шляхом модернізації, яку можна виконувати під час ремонтних робіт;
- зменшити витрати на ремонт завдяки підвищенню ефективності праці, економії матеріалів і застосуванню сучасних методів технічного обслуговування.

Система планово-запобіжного ремонту включає два основні види робіт: міжремонтне обслуговування та періодичні планові ремонти.

Міжремонтне обслуговування охоплює регулярні огляди та контроль стану обладнання, перевірку вузлів і агрегатів, регулювання механізмів, а також усунення незначних несправностей. Важливою умовою якісного міжремонтного обслуговування є правильна та своєчасна експлуатація обладнання. Ці роботи виконуються не лише ремонтним персоналом, а й працівниками, що безпосередньо обслуговують сушарку.

Періодичне виконання планових ремонтних заходів охоплює огляд, поточний та капітальний ремонти й здійснюється відповідно до заздалегідь розроблених графіків.

Огляд обладнання є одним із ключових етапів ремонтної профілактики та проводиться з метою виявлення дефектів, що мають бути усунені під час наступного планового ремонту. Крім того, у процесі огляду оцінюється загальний технічний стан машини та ліквідуються незначні несправності. З

цією метою розкривають і перевіряють вузли, що працюють під навантаженням, а недоступні для візуального огляду елементи контролюють шляхом прослуховування їх роботи на наявність сторонніх шумів.

Огляди проводяться комісією, до складу якої входять черговий слюсар, електрик та робітник, відповідальний за експлуатацію конкретної машини. Результати обстеження заносять до журналу, на підставі якого визначають обсяг та тривалість майбутніх ремонтних робіт. Для забезпечення максимальної точності планування до журналу необхідно детально вносити інформацію щодо стану деталей, ступеня їх зношення та інших суттєвих характеристик. Несправності, які можуть спричинити погіршення роботи обладнання, підлягають усуненню одразу після виявлення.

Поточний ремонт здійснюється з метою підтримання працездатності обладнання до проведення чергового капітального ремонту. У межах поточного ремонту виконується заміна або відновлення дрібних деталей і вузлів, регулювання нескладних механізмів, статичне балансування обертових елементів, очищення та ремонт комунікацій, а також обслуговування й заправлення систем змащування.

Наприклад, під час поточного ремонту вентилятора виконують зачистку шийок валу, промивання та змащування підшипників, ремонт або заміну окремих лопатей, відновлення пошкоджених ділянок кожуха, балансування крильчатки безпосередньо на підшипниках та підфарбовування зовнішніх поверхонь.

Обсяг робіт під час поточного ремонту визначають згідно з відповідним класифікатором, при цьому враховують, що відновлюють або замінюють лише ті елементи, ресурс яких вичерпано або міцність та точність яких не відповідають допустимим нормам. Поточний ремонт виконують ремонтні бригади, чергові слюсарі та обслуговуючий персонал під керівництвом головного механіка або механіка цеху. Усі проведені роботи фіксуються в картці або журналі поточного ремонту.

Капітальний ремонт передбачає повне розбирання обладнання з подальшою заміною або відновленням усіх зношених деталей та проведенням повного регулювання машини.

Так, при капітальному ремонті вентилятора замінюють підшипники, наварюють, проточують і шліфують шийки валу, повністю ремонтують крильчатку і балансують її, фарбують вентилятор. Об'єм капітального ремонту також визначають по класифікаторові.

За декілька місяців перед капітальним ремонтом начальник цеху, відділу або механік спільно із слюсарем і обслуговуючим персоналом складає відомість дефектів на кожен одиницю устаткування.

Проводять капітальний ремонт бригади слюсарів спільно з обслуговуючим персоналом. Відремонтовану машину здають по акту, який затверджує головний інженер підприємства.

Під час проведення капітального ремонту, окрім відновлення працездатності обладнання, часто виконують і його модернізацію з метою підвищення технологічної ефективності та продовження ресурсу роботи.

Усі види ремонтів, передбачені системою планово-запобіжного обслуговування, виконуються з урахуванням їхньої встановленої періодичності, рівня складності, нормативів трудомісткості та нормативного часу простою обладнання.

Ефективність функціонування системи ППР досягається за умови реалізації низки ключових організаційно-технічних заходів, серед яких:

- правильне та своєчасне ведення технічного паспорта кожної одиниці обладнання;
- чіткий облік роботи машин, дотримання міжремонтних інтервалів, визначення ремонтного циклу для кожного типу обладнання;
- належне оснащення ремонтних майстерень необхідним інструментом, запасними частинами та вузлами, а також забезпечення їх технічною документацією: кресленнями, технологічними картами, нормативами та інструкціями.

6. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Обґрунтування доцільності автоматизації виробничого процесу

На сучасному етапі розвитку промислового виробництва, коли спостерігається скорочення доступних енергетичних ресурсів, зростання їх вартості та підвищення вимог до якості продукції, особливо харчової, автоматизація технологічних процесів стає ключовим напрямом підвищення ефективності. Використання автоматизованих систем дозволяє забезпечити безперервність виробництва та мінімізувати участь оператора, що позитивно впливає на економічність процесу. Автоматизація не лише підвищує точність та надійність технологічних операцій, але й сприяє покращенню умов безпеки та забезпеченню дотримання санітарно-гігієнічних норм у харчовій промисловості.

Отже, автоматизація є головним вектором технічного прогресу у харчових виробництвах, де вона досі не реалізована повною мірою, зокрема й у молочній промисловості. Обладнання, машини та технологічні лінії можуть мати різний рівень автоматизації залежно від їх призначення та вимог до точності виконання процесів. Значна частина теплотехнічних операцій у галузі допускає як часткову, так і повну автоматизацію.

Характеристика технологічного процесу

На розпилювальній сушарці продуктивністю 640 кг випареної вологи за годину для стабільної роботи та підтримання необхідних технологічних режимів необхідно автоматизувати контроль і регулювання таких параметрів:

- рівень згущеного молока у резервуарі;
- температуру повітря, що надходить у сушильну башту;
- тиск пари в калорифері;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Принципи автоматизованого управління об'єктом проекткування	240270.KP.007.006 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/4

- температуру повітря на виході з сушильної камери;
- температуру повітря після скрубера.

Оскільки процес виробництва сухого молока належить до пожежо- та вибухонебезпечних, важливо застосовувати максимально безпечні системи керування і регулювання, включаючи пневматичні схеми. Для запобігання самозайманню молочного порошку в сушильній камері обов'язковим є блокування одночасної подачі гарячого повітря та молока.

Впровадження зазначених елементів автоматизації підвищує якість готового продукту завдяки стабілізації параметрів процесу, усуненню різких коливань температури та тиску, а також забезпечує раціональне використання енергетичних ресурсів. Система блокування подачі продукту та теплоносія значно підвищує рівень безпеки персоналу.

Опис схеми автоматизації

Згущене молоко надходить із вакуум-випарної установки до резервуара зберігання. Верхній і нижній рівні продукту визначаються ємнісним датчиком ДУЕ-2-1а, сигнал від якого передається на автоматичний потенціометр КСП-2-18. Температура згущеного молока контролюється термометром опору ТСМ-5071-3а.

Для регулювання параметрів повітря на вході в сушильну башту використовують манометричний термометр, встановлений у точці підключення повітропроводу. Пневматичний сигнал від нього надходить на вторинний самопишучий прилад, а далі — на пневморегулюючу систему «Старт», яка керує витратою пари в калорифері.

Температуру вторинного повітря на виході з сушильної камери також вимірюють манометричним термометром, а його сигнал подається на вторинний показуючий прилад, розміщений на щиті керування.

Таблиця 6.1. Прилади, які використовуються для автоматизації та управління сушаркою А1-ОР2Ч

№ позиції	Параметр с-ща і місця відбору інф-ції	Граничні знач. параметру	Місце встановлення	Найменування і характеристика	Тип, модель, марка приладу	К-ть	Завод виготовлювач
1	2	3	4	5	6	7	8
36 46 56 66 76	Темпера-тура	0-150°C	По місцю На щиті	Термометр опору, монтажна довжина 80-50 мм. Перетворювач нормуючий Опір вхідного ланцюга 150 Ом, вихідного 2,5 Ом Споживна потужність 15 ВА	TSM 6097	4 1	Львів прилад
7а	Прилад для виміру тиску	0-150°C 0-10 кгс/см ²	По місцю	Манометр технічний загального призначення. Клас точності 2,5	ОБМ1-100	1	Манометровий завод м.Томськ
86 96	Прилад для вимірювання безшкаль-ний з дистанцій-ною передачею показань		По місцю	Тягонапірний диференційний Триходовий клапан, показник положення, позиціометр, ручний перемикач, кнопчна станція, лампа сигнальна, звуковий сигнал	ТДЖ 1- 630 НЗ 25г. 30 нж	2	Львів прилад Красилів, Профинтерн
1в	Прилад для вимірювання рівня	0-150°C 0-10 кгс/см ²	По місцю	Манометр технічний загального призначення. Клас точності 2,5	ЭКМ-1У	1	Манометри-чний завод
NS	Пускова апаратура для керування електро-двигуном		По місцю	магнітний пускач		14	

КМ	Магнітний пускач		По місцю	магнітний пускач		12	
HL1 – HL13	Сигнальна лампа					15	
HS	Перемикач електричних ланцюгів вимірювання		На щиті	перемикач для повітряних ліній, встановлений на пульті		12	
Н	Апаратура, призначена для ручного дистанційного керування		По місцю на щиті			1	
SA1-SA12	Ручний перемикач		На щиті			12	
SB1-SB12	Кнопочна станція		По місцю на щиті			1	
						12	

7. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Основою законодавства з охорони праці в Україні є Конституція України, а також закони: «Про охорону праці», «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист», «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення», а також Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Відповідно до законодавства, всі працівники підлягають обов'язковому соціальному страхуванню від нещасних випадків та професійних захворювань. Страхування здійснюється власником підприємства або уповноваженим ним органом у порядку та на умовах, визначених законодавством та колективним договором (угодою, трудовим договором).

Інструктажі з охорони праці

На підприємстві застосовуються кілька видів інструктажу.

Ввідний інструктаж проводиться інженером з охорони праці для ознайомлення працівника з характером виробництва, джерелами потенційної небезпеки та шкідливими чинниками.

Інструктаж на робочому місці виконує майстер ділянки, знайомлячи працівника з будовою обладнання, організацією безпечного робочого місця та змістом інструкцій з техніки безпеки щодо роботи на конкретному обладнанні.

Періодичний інструктаж з безпечних методів праці проводиться для всіх працівників незалежно від їх кваліфікації або досвіду роботи на даній професії, з інтервалом 3–6 місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться у разі змін у технологічному процесі, при виникненні нещасних випадків або порушень інструкцій з охорони праці.

Цільовий інструктаж проводиться при тимчасовому переведенні працівника на інше робоче місце або виконання нових обов'язків.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р. Документ затверджено Гавва О.М.	Назва, додаткова назва Заходи з охорони праці та охорони довкілля	240270.KP.007.007 ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/16

Кожен вид інструктажу оформлюється відповідним записом у встановленому журналі з обов'язковим підписом працівника. Працівники, які не пройшли інструктаж, до роботи не допускаються.

Шкідливі виробничі фактори

Небезпечні та шкідливі виробничі чинники відповідно до ДСН 12.0.003-99 за природою дії поділяються на 4 групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Для зниження шкідливого температурного фактору, технологічне обладнання ізолюється шаром ізоляції. Температура ізольованих поверхонь сушильного устаткування (сушки, калориферів, трубопроводів теплоносіїв пару, конденсату, гарячого повітря) не повинна перевищувати 45 °С. Крім того відведення надлишкового тепла з приміщення здійснюється, згаданою вище, системою вентиляції. Для зниження рівня шумів вентилятори сушильної установки нагнітання та розрідження, встановлені в окремому приміщенні і з'єднані з трубопроводами м'якими вставками. На рис. 9.1 показано технологічну схему обладнання.

Аналіз основних технологічних процесів і обладнання з метою виявлення небезпечних і шкідливих чинників для працівників та їх нормування

На технологічній схемі позначена дія перелічених чинників, що виникають під час роботи обладнання, яке створює незначний шум від мішалки {Ш} та вібрацію від роботи електродвигунів та насосів {В}; виділення пари {П}; виділення тепла {Т}, виділення пилу {Пл}. Можлива небезпека ураження електричним струмом у зв'язку з використанням електроприводів {Е}.

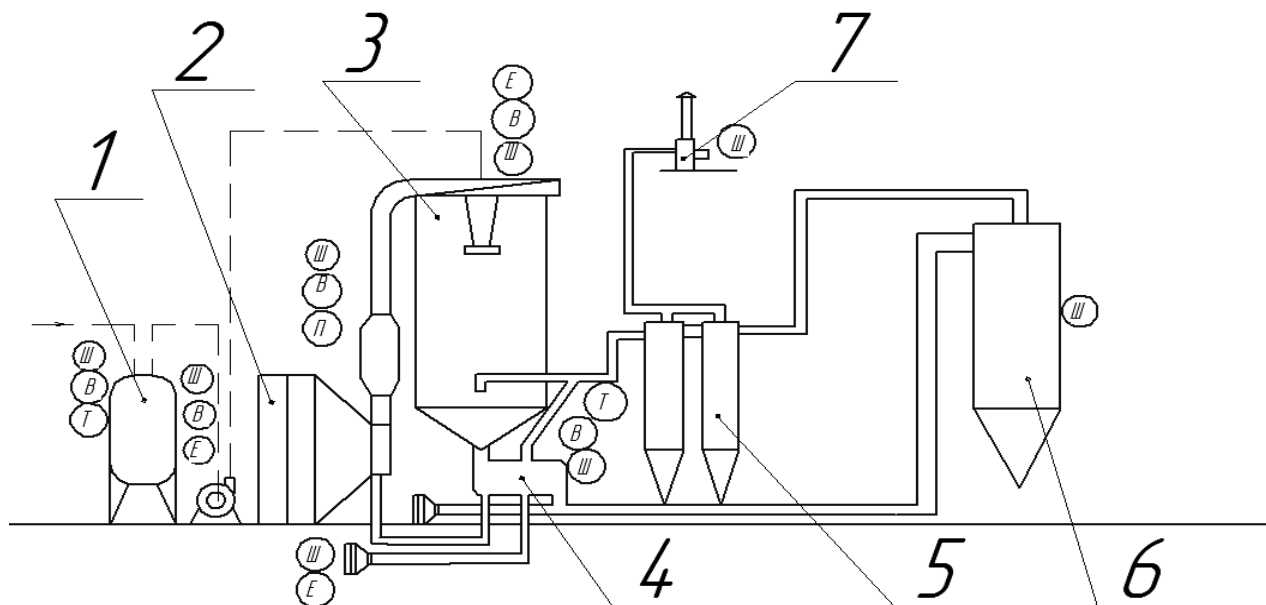


Рис. 7.1. Технологічна схема обладнання

- 1 – ємність для молока;
- 2 – калорифер з вентилятором;
- 3 – сушильна башта;
- 4 – вібросушарка;
- 5 – батарея циклонів;
- 6 – вивантажувальний циклон;
- 7 – вентилятор.

Вентиляція

Нормативним документом з вентиляції є ДСН 3.3.6.042-99.

У відділенні сушарки застосовуються витяжна загальнообмінна і місцева вентиляції, здійснюються механічним (штучним) шляхом із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Проточне повітря потрапляє у приміщення крізь щілини у дверях і крізь спеціальні канали, створені у нижній частині панелей будівлі. В зв'язку з тим, що цех сушіння технічного відноситься до вибухопожежонебезпечної категорії, витяжні вентилятори використовуються у вибухопожежобезпечному варіанті.

Мікроклімат

Нормування параметрів мікроклімату встановленні в документі ДСН 3.3.6.042-99.

Для підвищення працездатності та збереження здоров'я робітників важливо створити стабільні умови повітряного середовища в які входять:

- температура повітря;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового опромінення;

У цехах виробничих корпусах для виконання робіт повинні дотримуватись допустимі норми:

Таблиця 7.1

Повітряне середовище	Фактична норми	Допустимі норми
температура повітря	21 °С	22....24 °С
відносна вологість	45%	50....60%
швидкість повітря	0,15 м/с	0,1....0,2 м/с

Для забезпечення встановлених норм на даному робочому місці у цеху використовуються перелічені заходи і парове опалення і вентиляційну систему.

Освітлення

Правильно організована система освітлення має суттєве значення для зниження виробничого травматизму, забезпечує нормальні умови для роботи органів зору та підвищує загальну працездатність персоналу.

Для ділянки з виробництва казеїну передбачено штучне освітлення через відсутність природного світла (вікон і світлових фонарів). Проектом передбачено робоче, аварійне та ремонтне освітлення.

Штучне робоче освітлення здійснюється комбінованою системою відповідно до норм ДБН В.2.5–28–2006 та санітарних норм. Загальна освітлювальна апаратура сушильного відділення розташовується на стінах у верхній зоні приміщення рівномірно відносно розташування обладнання і

реалізується за допомогою дугових ртутних ламп ДРЛ. Використовуються лампи в арматурі вибухобезпечного типу ППД–ДРЛ–125; їхній недолік — мерехтіння певної частоти, яке можна зменшити шляхом включення в протифазу.

Експлуатація електроустаткування повинна відповідати «Правилам технічної експлуатації споживачів електроенергії» та «Правилам техніки безпеки при експлуатації споживачів електроенергії». Нормована освітленість на робочих поверхнях при штучному освітленні газорозрядними лампами становить 500 лк.

У цеху передбачена мережа низької напруги для живлення переносних освітлювачів і ручного електроінструменту, а також аварійне освітлення, яке забезпечує безпечне перебування персоналу та евакуацію у разі вимкнення основного освітлення. На світильниках аварійного освітлення нанесено відповідні позначки згідно з ПУЄ. Для проведення ремонтних робіт передбачена мережа ремонтного освітлення напругою 36 В, яка живиться від понижуючих трансформаторів.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом усі металеві частини обладнання, що не перебувають під напругою, але можуть опинитися під напругою при порушенні ізоляції, заземлені. Заземлення здійснюється через спеціальний болт на корпусі апарата, приєднаний до внутрішнього контуру заземлення. Всі ремонти електрообладнання виконуються тільки при відключеній напрузі.

Для захисту будівлі від прямого удару блискавки металеві ферми перекриття з'єднуються сталевими смугами 40×40 мм по периметру корпусу, які пов'язані зі струмопроводами із круглої сталі діаметром 12 мм, прокладеними по стінках і підключеними до блискавкозахисного контуру заземлення.

Заходи щодо зниження шуму та вібрації

Відповідно до чинних нормативів, застосовуються «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» (ДСН 3.3.6.037-99) та «Державні санітарні норми виробничої вібрації» (ДСН 3.3.6.039-99).

У приміщенні з сушаркою основними шкідливими факторами є шум та вібрація від електродвигунів, насосів та інших механізмів. Для зменшення їхнього впливу на персонал передбачені наступні заходи:

- вентилятори сушильної установки розташовані в окремому приміщенні та з'єднані з трубопроводами через м'які вставки;
- шарикопідшипники вентиляторів повинні регулярно змащуватися;
- електродвигуни оснащені сталевими кожухами для зменшення рівня шуму;
- вентилятори змонтовані на окремих фундаментах для зниження поширення вібрації;
- для послаблення вібрацій застосована віброізоляційна платформа на пружинах-амортизаторах;
- колеса вентиляторів повинні бути ретельно збалансовані для запобігання виникненню вібрації.

Електробезпека

Ділянка виробництва сухого молока відноситься до приміщень з підвищеною електричною небезпекою. Живлення устаткування здійснюється від мережі змінного струму частотою 50 Гц та напругою 220/380 В. Для запобігання ураженню електричним струмом працівників та обслуговуючого персоналу відповідно до «ДНАОП 0.00-1.32.01. Правил улаштування електроустановок (ПУЕ)» передбачені такі заходи електробезпеки:

Засоби колективного захисту:

1. Заземлення;
2. Занулення;
3. Автоматичне відключення електрообладнання при аварійних режимах.

Засоби індивідуального захисту:

1. Ізолюючі костюми (пневмокостюми, скафандри);

2. Засоби захисту органів дихання (протигази, респіратори, пневмошоломи);
3. Спеціальний одяг (куртки, комбінезони, брюки, халати);
4. Засоби захисту рук (рукавиці);
5. Засоби захисту очей (окуляри);
6. Засоби захисту голови та обличчя (каска, шоломи, захисні щитки).

Для забезпечення електробезпеки під час обслуговування обладнання передбачено:

Прокладку електропроводів у металевих рукавах для захисту від механічних пошкоджень;

Пристрій захисного заземлення електрообладнання, корпусів апаратів та вузлів, які потенційно можуть опинитися під напругою, з позначенням «Земля» на корпусі;

Розміщення електроапаратури та керуючих ланцюгів у закритих металевих щитах;

Використання діелектричних клем і ізолюючих пристроїв перед пусковими пристроями;

Встановлення сигналізації у вигляді дзвінків на робочих місцях та поверхах сушарки, які можна активувати з пульта керування або безпосередньо з робочого місця;

Пуск та зупинка машин і механізмів здійснюються як з пульта керування, так і з робочого місця.

Проектом передбачено комплексний захист людей, будівлі, обладнання та матеріалів від можливих пожеж і блискавок. На даху будівлі встановлені громовідводи діаметром 12 мм, заземлені у ґрунт на глибину 5 м.

Пожежна безпека

Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», виробниче приміщення ділянки з виробництва сухого молока відноситься до вибухопожежонебезпечної категорії Б.

Для локалізації пожежі на початковій стадії застосовуються вогнегасники, переважно вуглекислотні, що характеризуються високою ефективністю та діелектричними властивостями вуглекислого газу. Розрахунок кількості вогнегасників типу ВВ-5 (ВВК-3,5) та ВВ-28 (ВВК-18) здійснюється з нормою один вогнегасник на 100 м² і розміщуються вони на стінах приміщень.

Для внутрішнього пожежогасіння витрата води приймається 5 л/с. Крім того, на стінах будівлі розташовані щити з пожежним інвентарем і ящики з піском. Навколо виробничого корпусу облаштовано пожежний водопровід.

Для швидкої евакуації людей у випадку пожежі на заводі передбачені запасні виходи.

При визначенні необхідної кількості води на пожежогасіння, проводять такі розрахунки:

$$Q_1 = \frac{3 \cdot 3600 \cdot n}{1000} \text{ [м}^3\text{]}, \text{ де,}$$

n – кількість води на внутрішнє пожежогасіння з одного крану.

Так, як в одну точку повинно бути направлено 2 струменя води, то $n = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ [л/с]}$

$$Q_1 = \frac{3 \cdot 3600 \cdot 5}{1000} = 54 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахунок витрат води на зовнішнє пожежогасіння у відповідності з УДіП-П-31-77 кількість води:

$$Q_2 = \frac{3 \cdot 3600 \cdot 15}{1000} = 162 \text{ (м}^3\text{)}$$

Загальна кількість води складає: $Q = Q_1 + Q_2$, $Q = 54 + 162 = 216 \text{ [м}^3\text{]}$.

Необхідна кількість вогнегасників в цеху виробництва сухого обезжиреного молока дорівнює: на 250 м² беремо 1 вогнегасник типу ОП-5. Розраховуємо скільки потрібно вогнегасників на площу 324 м², отже, необхідно 2 вогнегасника ОП-5 та 2 – ОУ-2.

Заходи безпеки під час експлуатації розпилювальної сушарки А1-ОР2Ч

До обслуговування агрегату допускаються люди, які вивчили конструкцію по експлуатації, які знають устрій і правила обслуговування установки.

Для забезпечення електробезпеки при обслуговуванні установки треба передбачити:

- прокладку електропроводів в металічних трубках і гнучких металічних рукавах, захищаючих проводи від пошкодження;
- пристрій захисного заземлення електрообладнання, корпусу агрегату псевдозрідженого шару і інших вузлів та деталей, котрі можуть опинитися під напругою, від болта з шайбою і гайкою з вказанням знака “Земля” на корпусі;
- розміщення електрообладнання, апаратури і ланцюгів керування в механічному щиті;

Для попередження травм частини приводу, що обертаються повинні бути закриті суцільним огородженням.

Поверхні паропроводів, лінії конденсату блока калориферів і повітропроводу на ділянці від апарату вихрового псевдозрідженого шару до блока калориферів повинні бути ізольовані.

При роботі агрегату заборонено:

- пропихати сирий матеріал в живильник – регулятор руками або за допомогою будь – яких предметів;
- опускати руки або будь – які предмети нижче рівня огороджувальної решітки ванни завантажувального пристрою;
- вмикати привід завантажувального пристрою при відкритій кришці скребкового транспортера;
- підвищувати тиск пари вище 1МПа для калориферів марки КВС 2-П і вище 0,6МПа для марки калориферів КФБ 2 – П;

Промивку і прочистку живильника – гранулятора і завантажувального пристрою проводити тільки при розібраних схемах електродвигунів приводів.

Санітарно-побутові приміщення

Побутові приміщення на підприємстві розташовуються таким чином, щоб працівники не проходили через виробничі зони з шкідливими викидами, якщо вони там не працюють. Гардероби оснащуються шафами та лавками довжиною 3,0 м. Душові розташовуються у приміщеннях, суміжних із роздягальнями, як правило, між роздягальнями для робочого та домашнього одягу. Кількість душових визначається залежно від чисельності працівників у найбільшій зміні та групи виробничих процесів.

Кімнати для паління проектується з розрахунку 0,1 м² на одного працівника, але мінімальна площа приміщення повинна становити 12 м². Їхнє розташування погоджується з органами протипожежної охорони. Приміщення їдальні та медичного пункту розташовуються у зонах з мінімальним впливом шкідливих виробничих факторів.

Пропозиції щодо покращення умов праці

Для зниження рівня звукового тиску від сантехнічного обладнання передбачаються такі заходи:

- вентилятори розташовуються в ізольованих приміщеннях (вентиляційних камерах);
- забезпечується плавний підвід повітря до вхідних патрубків вентиляторів;
- застосовуються вібропоглинаючі гнучкі вставки при приєднанні повітропроводів до вхідних та нагнітаючих патрубків вентиляторів.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачено використання пожежної сигналізації (ИДФ-1, ДПИ-Д), вогнегасників та герметизацію обладнання для запобігання утворенню горючого середовища.

Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього природного середовища є ключовим аспектом при проектуванні підприємств харчової промисловості та включає науково

обґрунтоване раціональне використання землі, водних ресурсів, рослинного і тваринного світу.

Інтенсивний розвиток промисловості загострив проблему забруднення навколишнього середовища. Основне завдання полягає в удосконаленні технологічних процесів для зменшення обсягів стічних вод і шкідливих викидів, а також підвищенні ефективності очищення вентиляційних викидів та стічних вод.

На підприємствах молочної промисловості охорона довкілля регулюється законодавчими та організаційними заходами, включаючи організацію обслуговування та усунення джерел забруднення. Особлива увага приділяється впровадженню безвідходних та маловідходних технологій. Значну частину викидів складають білкові речовини, які після повернення в основний технологічний цикл можуть використовуватися для виробництва харчових продуктів, технічних продуктів або мінеральних добрив.

Організація заходів з охорони навколишнього середовища на підприємствах здійснюється відповідно до положень про державне підприємство і включає комплекс заходів для захисту повітря, землі та водою від промислових і господарських викидів, стічних вод та відходів.

Для діючих підприємств першим етапом природоохоронних заходів є інвентаризація викидів, тобто визначення обсягів і складу вентиляційного повітря та стічних вод з урахуванням режимів роботи обладнання. Наступним етапом є паспортизація газопиловловлювальних установок та очисних споруд стічних вод для оцінки їх ефективності та виявлення причин недосконалої роботи.

На основі аналізу даних інвентаризації та паспортизації проводяться заходи щодо зменшення забруднення навколишнього середовища. Лужний розчин після мийки розпилювальної сушарки подається в спеціальний резервуар для очищення від механічних домішок та випаровування, після чого повторно використовується для мийки обладнання. Сильно забруднені та непридатні до повторного використання розчини застосовують для очищення

стічних вод заводу, що значно зменшує біохімічне споживання кисню (БСК) стічної води перед її подачею на міські очисні споруди.

До основних джерел забруднення на підприємстві відносяться викиди в атмосферу забруднюючих речовин стаціонарними джерелами, викиди в атмосферу забруднюючих речовин пересувним транспортом, скиди забруднюючих речовин безпосередньо у водний басейн, відходи, що утворюються в результаті виробничої діяльності підприємства, відпрацьовані люмінесцентні лампи, побутове сміття, металобрухт, відпрацьований акумуляторний свинець та електроліти .

До основних заходів, що повинні здійснюватись на заводі, відносяться забезпечення повного збирання і своєчасного знешкодження відходів, дотримання правил екологічної безпеки, зведення до мінімуму утворення відходів, знищення їх небезпеки, забезпечення комплексного використання матеріально сировинних ресурсів, контроль за місцями розміщення відходів, що дає змогу контролювати та не допускати їх шкідливу дію на навколишнє середовище та здоров'я людини, постійний контроль за викидами в атмосферу автотранспортом підприємства.

Для контролю за викидами в атмосферу забруднюючих речовин розроблено проект нормативів граничнодопустимих викидів (ГДВ) і встановлений ліміт їх викидів, встановлено обладнання, яке забезпечує недопущення зверх нормованих викидів.

На виконання вимог ст.28 Закону України «Про відходи» та постанови Кабінету міністрів України від 3 серпня 1998р. № 1216 «Про затвердження порядку ведення реєстру місць видалення відходів» на підприємстві проводиться інвентаризація відходів виробництва, їх паспортизація, складаються реєструвальні карти об'єктів утворення та утилізації відходів. На утворення та розміщення відходів виробництва розроблений і встановлений ліміт.

Повітря робочої зони повинно відповідати вимогам ДСТУ EN 12821:2015 Стічні води від виробництва молока повинні підлягати очищенню

та відповідати «Санітарним правилам і нормам по охороні поверхневих вод від забруднення» за СанПіН 4630-88.

Контроль викидів у атмосферу здійснюється згідно з ГОСТ 17.2.3.03 і «Санітарних правил по охороні атмосферного повітря населених місць» СанПіН 4946.

Охорона ґрунту від забруднення побутовими та промисловими відходами здійснюється відповідно до вимог «Санітарних правил утримування територій населених місць» згідно з СанПіН 42-128-4690.

Екологія навколишнього середовища на підприємстві щорічно розробляє план заходів з охорони навколишнього середовища, який включає в себе дотримання лімітів викидів в атмосферу забруднюючих речовин стаціонарними джерелами (власна котельня), постійний контроль (планові перевірки) за вмістом СО автотранспорту автобази, дотримання ліміту скидів стічних вод, озеленення території підприємства, дотримання ліміту утворення та розміщення відходів виробництва.

Дуже важливим показником екологічності підприємства є також безпека харчових продуктів і продовольчої сировини.

Вся продукція ПрАТ «Обухівський молокозавод» є екологічно чистою; не містить шкідливих домішок; не утворює токсичних речовин і не супроводжується мікробіологічними перетвореннями на всіх стадіях зберігання, технологічного процесу виробництва

Ось якісно перефразований текст для дипломної роботи у науково-технічному стилі:

ПрАТ «Обухівський молокозавод» здійснює екологічну політику, спрямовану на збереження безпечного для життя та здоров'я людей і навколишнього середовища стану, охорону та раціональне використання природних ресурсів, а також досягнення гармонійної взаємодії суспільства та природи.

Для підвищення ефективності управління заходами екологічної політики на підприємстві доцільно впровадити систему екологічного аудиту.

Екологічний аудит – це управлінський інструмент, що комплексно охоплює оцінку екологічної діяльності підприємства, вдосконалення системи контролю впливу на довкілля та підвищення інвестиційної привабливості. Основні характеристики екологічного аудиту: незалежність, об'єктивність, конфіденційність, системність, компетентність, ліцензійність і відповідність цілям замовника. Згідно з міжнародними стандартами, екологічний аудит є складовою частиною системи екологічного менеджменту.

Впровадження екологічного аудиту дозволяє:

- зменшити витрати на утилізацію відходів за рахунок їх скорочення;
- ефективніше використовувати сировину;
- оптимізувати виробничі витрати завдяки застосуванню передових технологій;
- підвищити якість інформації для прийняття економічно вигідних рішень щодо технологічних процесів;
- скоротити витрати води та енергії;
- підвищити рівень виробництва;
- розширити ринки збуту серед «екологічно свідомих» споживачів.

На підприємстві також необхідно впровадити систему *екологічного інж інїрингу* – комплекс науково-дослідних і техніко-економічних заходів, спрямованих на «зелену» модернізацію виробництва. Основні завдання екологічного інжинїрингу включають:

- пошук на ринку «зелених» технологій і технічних рішень для реалізації програми екологізації виробництва;
- еколого-економічне обґрунтування запропонованих заходів;
- проведення технологічних досліджень на пілотних установках для оцінки доцільності застосування нових рішень;
- розробку програми впровадження «зеленої» технології в діюче виробництво;
- екологічне навчання персоналу.

Екологічне навчання є обов'язковим для всіх посадових осіб, чия діяльність пов'язана з використанням природних ресурсів і впливає на стан навколишнього середовища. Його завдання:

- підвищення екологічної культури працівників;
- професійна підготовка спеціалістів середньої та вищої освіти;
- підвищення кваліфікації та перепідготовка кадрів.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено дослідження систем подачі повітря та продукту в розпилувальній сушильній установці А1-ОР2Ч. На базі результатів досліджень запропоновано удосконалення конструкції цих систем в даній розпилувальній сушарці.

Удосконалення системи подачі продукту реалізовано шляхом встановлення розпилувального диску удосконаленої конструкції. Конструкція диску обґрунтована результатами комп'ютерного моделювання потоків згущеного молока в соплах різних конструкцій та відповідними проектними розрахунками.

Удосконалення системи подачі теплоносія реалізовано шляхом встановлення додаткового контуру подачі, що забезпечує покращення кінематичних показників руху теплоносія в сушильній башті. Це удосконалення також обґрунтовано результатами комп'ютерного моделювання потоків теплоносія в башті та розрахунками.

Результатом цих удосконалень є інтенсифікація процесу сушіння молока та підвищення якості кінцевого продукту.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р.	Назва, додаткова назва Висновки	240270.КР.007.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/1

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гальперін Д.М. Обладнання молочних виробництв: монтаж, наладка, ремонт. / Д.М. Гальперін, 1990. – 351с.
2. Гінзбург А.С. Теплофізичні характеристики харчових продуктів: довідник. / А.С. Гінзбург, Харч. пром-сть, 1990. – 196с.
3. Гришин Г.А. Установки для сушки харчових продуктів: довідник. / Г.А. Гришин, Ю.Г. Семенов, 1984. – С.215.
4. Купчик М.П. Основи охорони праці: підруч. / М.П. Купчик, М.П. Ганзюк, І.Ф. Степанець, В.Н. Вендичанський, А.М. Литвиненко, О.В. Іваненко. – К.: 2000. – 416с.
5. Гулий І.С. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: навч. посіб. / І.С. Гулий. – Вінниця: Нова книга, 2007.
6. Якуба О.Р. Сушка киплячого шару: підруч. / О.Р. Якуба. – 1992. – Бюл. № 14.
7. Соколов В.А. Основи автоматизації технологічних процесів харчових виробництв: навч. посіб. / А.В. Соколов та ін. – Легка і харч. пром. – 1983.
8. Saleh S.N. (2010) Prediction of Air Flow, Temperature and Humidity Patterns in a Pilot Plant Spray Dryer, *Nahrain University, College of Engineering Journal(NUCEJ)*, 13, pp. 55-65
9. Мирончук В.Г. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання харчових виробництв: конспект лекцій. / В.Г. Мирончук. – К.: НУХТ 2007. – 118 с.
10. Методичні вказівки до виконання розділу «Автоматизація виробничих процесів» у дипломному проекті для студентів спеціальності всіх форм навчання – Київ, НУХТ., 2000 – 23с.
11. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з Цивільної оборони для студентів всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання – Київ, НУХТ, 2009 – 18с.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Конопко Р. Документ затверджено Гавва О.М.	Назва, додаткова назва Список використаних джерел	240270.KP.007.000 ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/4

12. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту для студентів всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання – Київ, НУХТ, 2009 – 38с.

13. Довідник з обладнання виробництв молочної промисловості. Харч.пром., 1996 – 330с.

14. Харитонов В.Д. Досягнення в галузі розпилювальної сушарки молока: підруч. / В.Д. Харитонов, Ю.І. Філатов, 1996 – 28с.

15. Якуба О.Р. Інтенсифікація процесу сушіння харчових продуктів: підруч. / О.Р. Якуба, М.Ю. Савченко // Вісник СНАУ. Серія тваринництво - 2006. – № 10.– С. 140-144.

16. Грек О. В. Молокопереробка. Інновації : підручник / О. В. Грек, О. О. Красуля ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2017. – 390 с.

17. Загальні технології харчової промисловості. Навчальний посібник у 2 ч. Ч. 1 / уклад. Ф.В. Перцевой, В.І. Ладика, П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко, Н.В. Камсуліна, О.Б. Дроменко, О.Ю. Мельник, О.В. Котляр, А.М. Діхтярь, С.Б. Омельченко, С.П. Боковець – Х.: СНАУ, 2021. – 317 с.

18. Іванов С. В. Молокопереробка. Промисловий інжиніринг : підручник / С. В. Іванов, О. В. Грек, Т. Г. Осьмак ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2017. – 275 с.

19. Інноваційний інжиніринг: навчально-методичний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології ОПП «Технології зберігання, консервування і переробки молока» / Укладачі: Наговська В.О., Михайлицька О.Р., Сливка Н.Б., Білик О.Я. Львів: ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2024. - 106 с.

20. Інноваційне обладнання молокопереробних підприємств: Підручник / І.Г. Бабанов, О.М. Гавва, О.І. Бабанова, І.В. Житнецький, С.П. Ястреба – К.: Фірма «ІНКОС», 2019. – 718 с.

21. Конспект лекцій навчальної дисципліни «Машини, обладнання та їх використання при переробці с.-г. продукції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 208 - Агроінженерія. - Умань: Уманський НУС, 2019. - 178 с.

22. Лабораторний практикум з дисципліни «Інноваційні технології молочних продуктів» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 181 «Харчові технології» спеціалізації «Технології зберігання, консервування і переробки молока» / Укл.: О. Й. Цісарик, Н. Б. Сливка, Ю. Р. Гачак, І. М. Деркач – Львів: ЛНУВМ та БТ імені С. З. Гжицького, 2022. - 110 с.

23. Обладнання харчових та переробних виробництв: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2020. – 247 с.

24. Перцевий Ф.В., Терешкін О.Г., Гурський П.В., Ладика В.І., Янчева М.О., Камсуліна Н.В., Саєнко С.Ю., Хомічак Л.М. Промислові технології переробки м'яса, молока та риби: Підручник. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2014. – 340 с.

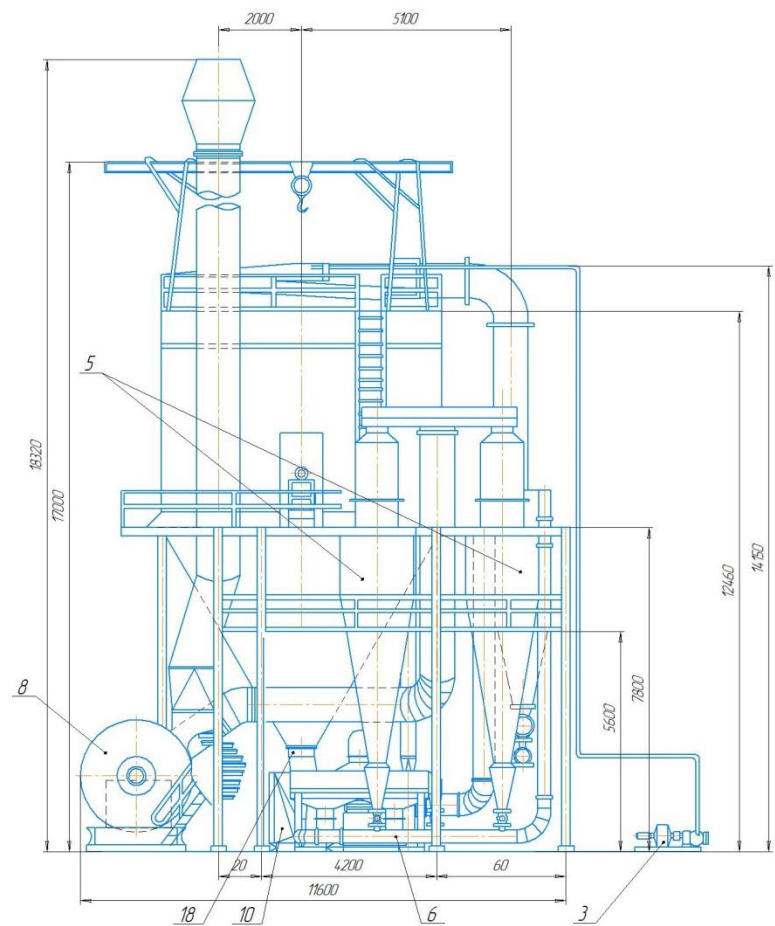
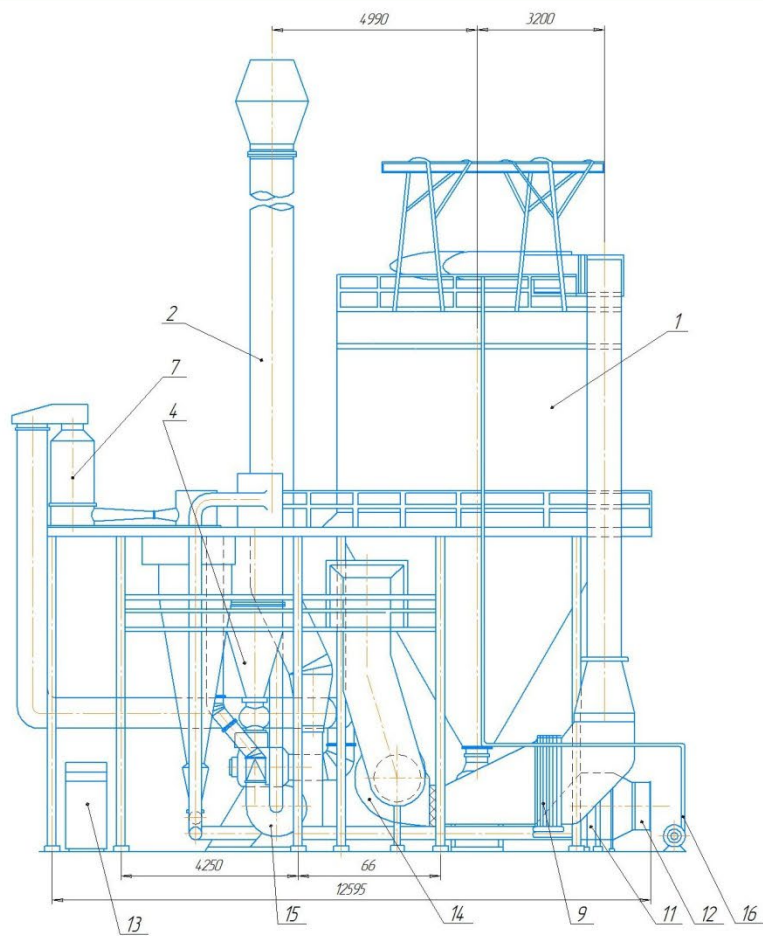
25. Промислові технології переробки м'яса, молока та риби: Підручник/ Перцевий Ф.В., Терешкін О.Г., Гурський П.В., Янчева М.О. та ін. – «ІНКОС» – Київ. – 2014. – 340 с.

26. Сухенко Ю.Г., Жеплінська М.М., Муштрук М.М., Процеси і апарати харчових виробництв : лабораторний практикум : навч. посіб. Київ : «ІНКОС», 2018. - 243 с.

27. Тертишний О. О., Півоваров О. А., Кошулько В. С. Теплові процеси та обладнання в харчових виробництвах: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. - 360 с.

28. Технологічне обладнання та лінії молокопереробних підприємств [Текст] : навч. посіб. для підгот. студентів у ВНЗ / Сухенко Ю. Г., Сарана В. В., Сухенко В. Ю. ; за ред. д-ра техн. наук, проф. Ю. Г. Сухенка ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. - Київ : Компринт, 2013. - 658 с.

ДОДАТКИ

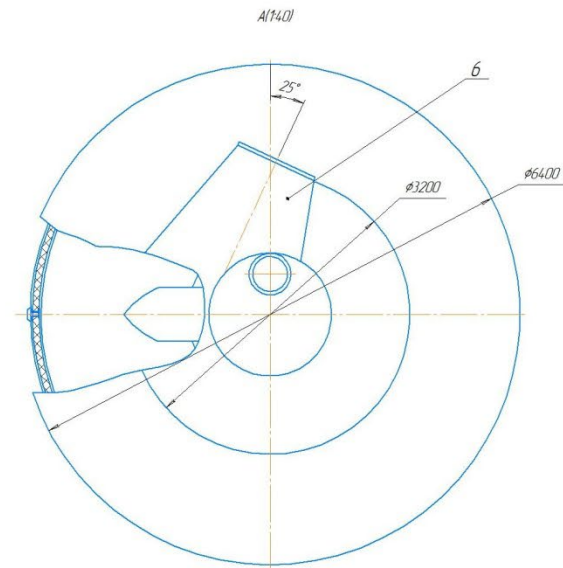
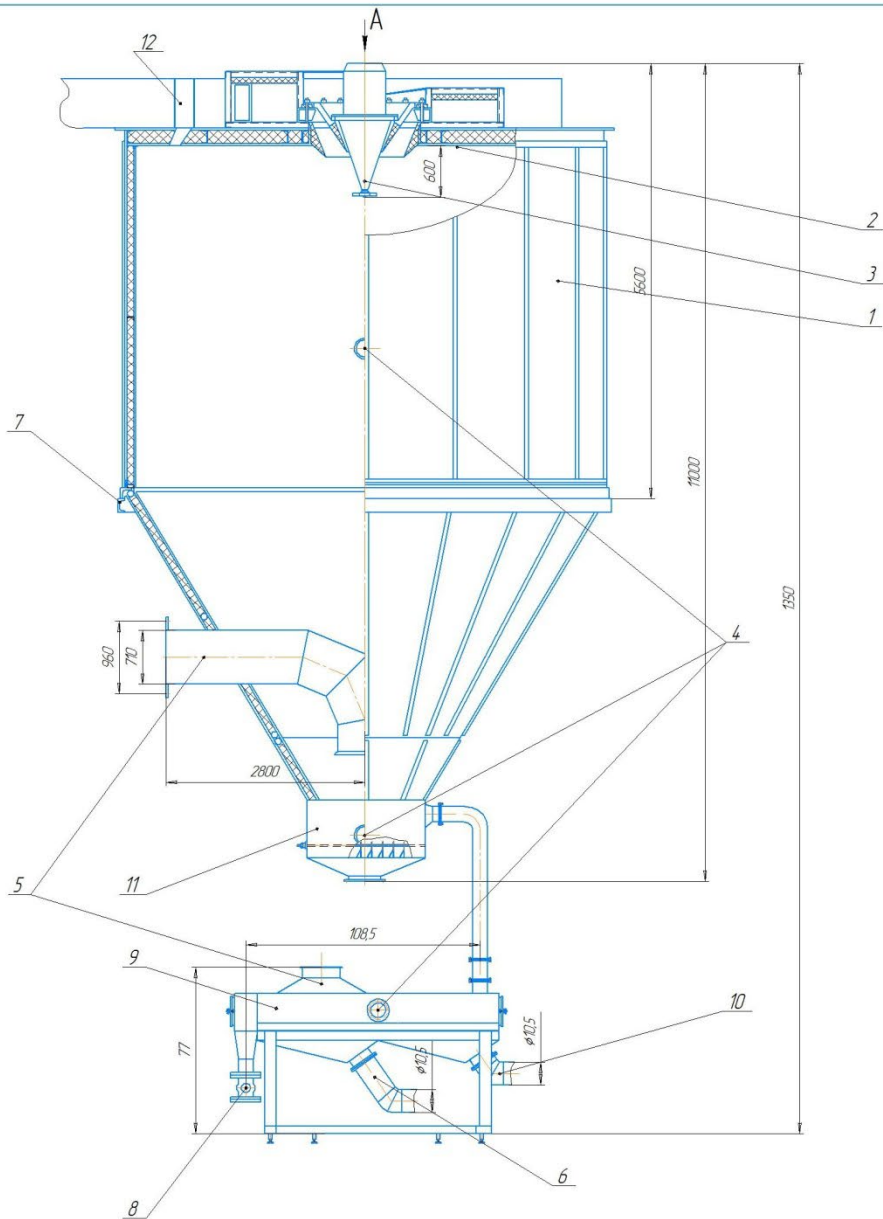


Технічна характеристика

- 1) Продуктивність по випареній волозі, кг/год..... 640
- 2) Температура повітря при виході в сушильну камеру, °С..... 190
- 3) Температура повітря при виході з сушильної камери, °С..... 90
- 4) Початкова вологість зсиченого молока, %..... 50
- 5) Кінцева вологість сухого молока, %..... 3
- 6) Максимальна продуктивність по висушеному матеріалу, кг/год..... 724

№ поз.	Позначення	Кількість	Примітка	№ поз.	Позначення	Кількість	Примітка
9	Калорифер	1		1	Сушильна камера	1	
10	Збірник парової	1		2	Трубопровід відпарованого повітря	1	
11	Вентилятор для нагнітання повітря	2		3	Насос для подачі зсиченого молока	2	
12	Фільтр для очищення повітря	1		4	Розвантажувальний циклон	1	
13	Пульт керування	1		5	Циклон	2	
14	Вентилятор для нагнітання повітря у калорифер	1		6	Пневмотранспортна система	1	
15	Вентилятор для відсмоктування відпарованого повітря з сушильної камери	1		7	Скордер Вентилятор	2	
16	Трубопровід для подачі зсиченого молока	1		8	Вентилятор для відсмоктування відпарованого повітря	2	
17	Конвекційна сушилка	1					
18	Суширка з киллячим шкран	1					

Відобрано оригінал НХТ	Темплі зображення Черкажі ОІТ	Розробка документа Калюжа Р.	Документ схвалено Лубка ОІТ	150
Власник документа НХТ		Від документа	Сторінка документа	
		Кількість аркушів документа	24.02.2019Р.007.007.39	
№ аркуша	Загальна кількість аркушів документа	№ аркуша	Загальна кількість аркушів документа	Архів
		1	1	1



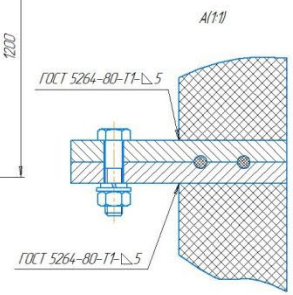
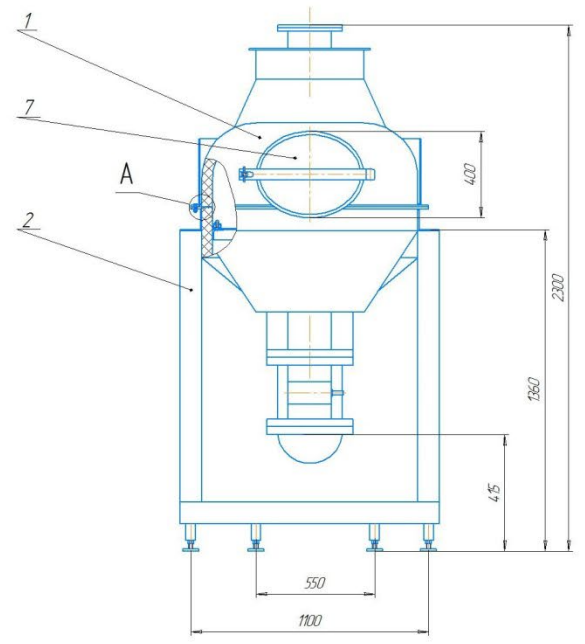
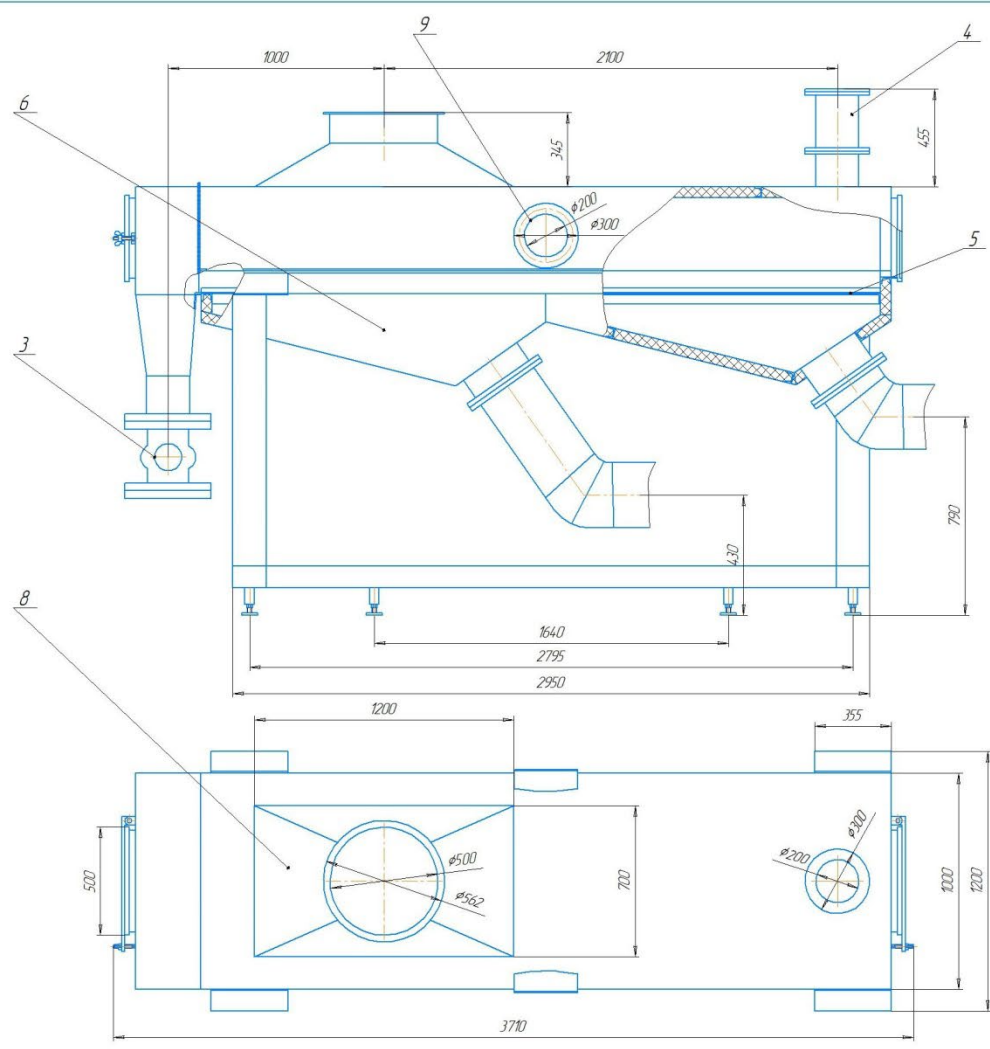
Технічна характеристика

1. Розплавляльний продукт..... Молоко зсущене
2. Продуктивність по висушеному матеріалу, кг/год..... 640
3. Матеріал корпусу..... 12Х18Н9Т
4. Теплова ізоляція..... мінеральна вата
5. Ширина ізоляції, мм..... 100
6. Сушильний агент..... гаряче повітря
7. Максимальна температура сушильного агента при виході:
в сушильну камеру, °С..... 190
в кондуктивну сушилку, °С..... 120

Відобудова проєкту НСХТ	Технічне завдання на виготовлення ДП	Розробка документів конструкції Р	Документи затверджені Лаврова ОМ	140
Власник документу НСХТ		Відобудова Автоматична система управління ДП	Історія документу	
		Назва документа Сушильна камера	24.02.2019Р.007.005.39	
		№ зміни	Дата внесення	№ док. вк.
				7

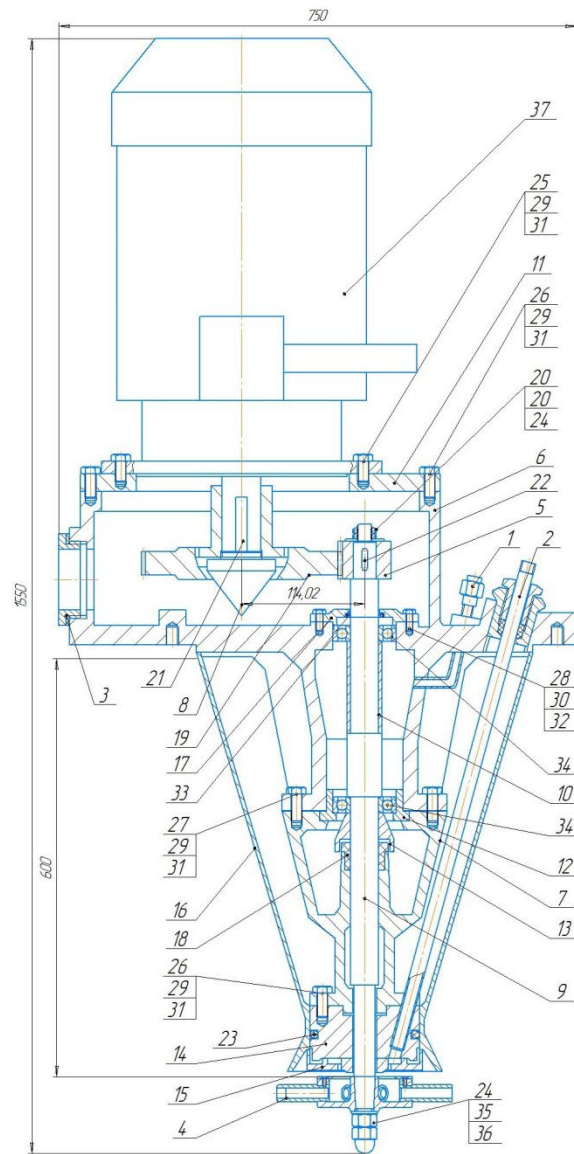
Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			24.0270.KP.007.005.B3	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	24.0270.KP.007.005.001	Сушильна башта	1	
		2	24.0270.KP.007.005.002	Повітрерозподільвач	1	
		3	24.0270.KP.007.005.003	Розпилювальна станція	1	
		4	24.0270.KP.007.005.004	Оглядове вікно	3	
		5	24.0270.KP.007.005.005	Трубопровід для відсмоктування відпрацьованого повітря	2	
		6	24.0270.KP.007.005.006	Патрубок для вводу гарячого повітря	2	
		7	24.0270.KP.007.005.007	Опора	1	
		8	24.0270.KP.007.005.008	Шлязовий затвор для вивантаження продукту	1	
		9	24.0270.KP.007.005.009	Конвективна сушарка	1	
		10	24.0270.KP.007.005.010	Патрубок для вводу холодного повітря	1	
		11	24.0270.KP.007.005.011	Сушарка киплячого шару	1	

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Чепеляк ОМ</i>	Розробник документа <i>Канопко Р.</i>	Документ затверджено <i>Гавва ОМ</i>	Масштаб 1:1	
Власник документа <i>НУХТ</i>		Вид документа <i>Специфікація</i>	Статус документа		
		Назва, додаткова назва <i>Сушильна башта</i>	<i>24.0270.KP.007.000.0СП</i>		
		Інд. змін	Дата видання	Мова	Аркуш
				<i>UA</i>	1/1



№	Позначения	Наименования	Кол.	Примечка
1	24.02.70.KP.007.008.001	Корпус сцифрки	1	
2	24.02.70.KP.007.008.002	Рамка	1	
3	24.02.70.KP.007.008.003	Шлязавий ээпвар	1	
4	24.02.70.KP.007.008.004	Патрыёж	1	
5	24.02.70.KP.007.008.005	Решётка	1	
6	24.02.70.KP.007.008.006	Дэшка	1	
7	24.02.70.KP.007.008.007	Лук	1	
8	24.02.70.KP.007.008.008	Патрыёж	1	
9	24.02.70.KP.007.008.009	Сцялядыё вжнэ	2	

Вядоўдзены організм НЗХТ	Тэчына з'яўдзіцца нараджае ДП	Пазначэнне Класіфікац. п.	Дакумент сапраўдзены Табэла ДП	1/1
Вялікі адрэзак НЗХТ	Складовы адрэзак	Ступень дакумента		
Назва адрэзак Код адрэзак	Назва адрэзак Код адрэзак	24.02.70.KP.007.008.0K	Назва ін	Артыкул 7



Технічні характеристики

1. Споживана потужність, кВт.....22
2. Розливаний продукт.....молочна сироватка
3. Продуктивність по випареній волозі, кг/год.....640
4. Кількість обертів ел.двигуна, об/хв.....2945
5. Кількість обертів веденого вала, об/хв.....12000
6. Передаточне відношення.....4,1

Відповідає, розробив НБІТ	Техніч. склад. рис. Назва ОК	Розробл. документ Класифік. Р	Викорич. затверджено Голов. ОК	15
Висновок документу НБІТ	Складові матеріали	Від документу	Склад документу	
	Назва, відомості, назва Розроблювачів проекти	2402704Р00701СК	на змін. Істор. відомості	Різдво ок
				Архив 7

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			240270.KP.007.011.SK	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Штуцер подачі масла	1	
		2		Трубка подачі сироватки	1	
		3		Оглядове вікно	1	
		4		Розпилювач	1	
				<u>Деталі</u>	1	
		5		Шестерня	1	
		6		Корпус редуктора	1	
		7		Корпус	1	
		8		Розприскувач	1	
		9		Вал	1	
		10		Втулка	1	
		11		Плита	1	
		12		Стакан	1	
		13		Масловідбивач		
		14		Кришка		

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Чепелик О.М.</i>	Розробник документа <i>Канюк Р.</i>	Документ затверджено <i>Гавва О.М.</i>	Масштаб
Власник документа <i>НУХТ</i>		Вид документа <i>Специфікація</i>	Статус документа	
		Назва, додаткова назва <i>Розпилювальний пристрій</i>	<i>240270.KP.007.011.SK</i>	
		Інд. змін	Дата видання	Мова ua
				Аркуш <i>1/3</i>

<i>Формат</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примітка</i>		
		15		<i>Розподільувач сироватки</i>	1			
		16		<i>Кожух</i>	1			
		17		<i>Кришка підшипника</i>	1			
		18		<i>Втулка</i>				
		19		<i>Зубчасте колесо</i>	1			
				<i>Стандартні вироби</i>				
		20		<i>Гайка кругла 20*6</i>	2			
				<i>ГОСТ 11871-88</i>				
		21		<i>Шпонка 16*10*70</i>	1			
				<i>ГОСТ 233360-78</i>				
		22		<i>Шпонка 8*7*32</i>	1			
				<i>ГОСТ 233360-78</i>				
		23		<i>Манжета 4535831110</i>	4			
				<i>ГОСТ 8752-79</i>				
		24		<i>Шайба М20</i>	24			
				<i>ГОСТ 7758-70</i>				
		25		<i>Болт М16*30</i>	4			
				<i>ГОСТ 7798-70</i>				
		26		<i>Болт М16*35 ГОСТ 7798-70</i>	11			
		27		<i>Болт М16*40 ГОСТ 7798-70</i>	4			
		28		<i>Болт М10*25 ГОСТ 7798-70</i>	4			
<i>240270.KP.007.011 СП</i>					<i>Інд. змін</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <i>ua</i>	<i>Аркуш</i> <i>2/3</i>

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кол	Примітка
		29		Шайба М16 ГОСТ 7758-70	19	
		30		Шайба М10 ГОСТ 7758-70	4	
		31		Шайба-гровер М16 ГОСТ 4684-70	19	
		32		Шайба-гровер М10 ГОСТ 4684-70	4	
		33		Манжета 40*55*7 ГОСТ 8752-79	1	
		34		Підшипник 36207 ГОСТ 7242-81	2	
		35		Гайка М 20 ГОСТ 715526-70	1	
		36		Гайка М 20 ГОСТ 5918-73	1	
				<u>Покупні вироби</u>		
		37		Електродвигун 4А180S2УЗ		
24.0270.KP.007.011 СП					Інд. змін	Дата видання
					Моба	Аркуш
					ца	3/3

