

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

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ Микола ЯКИМЧУК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв  
на тему: «Інтенсифікація процесу кристалізації молочної сироватки  
шляхом оптимізації режимів роботи перемішувючих пристроїв  
кристалізаційного обладнання»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи **ЗОХ-2-1М**

**Фабіянський Павло Юліанович**

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник: **доцент Вересоцький Юрій Іванович**

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

Київ – 2023р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

**Фабіянського Павла Юліановича**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Інтенсифікація процесу кристалізації молочної сироватки шляхом оптимізації режимів роботи перемішуючих пристроїв кристалізаційного обладнання»

Керівник проекту (роботи) Вересоцький Юрій Іванович, доцент, канд.техн.наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від «11» листопада 2022 р. № 810-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2023р.

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

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

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

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

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 14.09.2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	05.10.2022	
2	<i>Аналітичний огляд стану питання</i>	12.10.2022	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	20.10.2022	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	20.11.2022	
5	<i>Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>	25.11.2022	
6	<i>Розрахункова частина</i>	15.12.2022	
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	18.12.2022	
8	<i>Технологія машинобудування</i>	25.12.2022	
9	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>	02.01.2023	
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	09.01.2023	
11	<i>Заходи по охороні праці</i>	14.01.2023	
12	<i>Охорона довкілля</i>	17.01.2023	
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	25.01.2023	
14	<i>Висновки</i>	28.01.2023	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	30.01.2023	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.02.2023	

**Здобувач** \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Фабіянський П.Ю.**  
(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Вересоцький Ю.І.**  
(прізвище та ініціали)

## Анотація

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на тему «Інтенсифікація процесу кристалізації молочної сироватки шляхом оптимізації режимів роботи перемішувачів пристроїв кристалізаційного обладнання»

В кваліфікаційній роботі згідно з виданим завданням інтенсифіковано процеси кристалізації молочної сироватки, підбрано оптимальні режими роботи та удосконалено конструкцію перемішувального пристрою.

Інтенсифікація полягає в зміні конструкції та геометричних розмірів якірної мішалки, визначення оптимальних режимів роботи мішалки, та розрахунок характеристик кристалізатора. Внаслідок заміни геометричних розмірів мішалки змінюється коефіцієнт теплопередачі, завдяки чому процеси проходять інтенсивніше та з меншими енергетичними затратами.

Робота виконана на 129 аркушах формату А4. В роботі використано 27 графічних та 18 табличних даних.

Також додано 3 листа специфікацій.

Графічна частина роботи складає 10 листів формату А1.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Анотація	150589.MP.01.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/2

## ANOTATION

The master's thesis was completed on the topic "Intensification of the process of crystallization of milk whey by optimizing the modes of operation of mixing devices of crystallization equipment"

In the qualification work, in accordance with the issued task, the processes of crystallization of milk whey were intensified, optimal modes of operation were selected, and the design of the mixing device was improved.

Intensification consists in changing the design and geometric dimensions of the anchor stirrer, determining the optimal modes of operation of the stirrer, and calculating the characteristics of the crystallizer. As a result of changing the geometric dimensions of the stirrer, the heat transfer coefficient changes, thanks to which the processes take place more intensively and with lower energy costs.

The work is done on 129 sheets of A4 format. The work uses 27 graphical and 18 tabular data.

Also attached are 3 spec sheets.

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

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ .....	6
1. Аналітичний огляд стану питання.....	10
2. Методика проведення досліджень.....	21
3. Дослідна частина та узагальнення результатів.....	36
4. Обґрунтування модернізації .....	51
5. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування....	57
6. Розрахункова частина.....	61
7. Підбір конструкційних матеріалів.....	78
8. Технологія машинобудування.....	81
9. Правила монтажу, експлуатація та ремонту обладнання.....	92
10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування.....	98
11. Заходи з охорони праці.....	103
12. Охорона довкілля.....	115
13. Маркетингове обґрунтування проекту.....	118
Висновки.....	126
Список використаних джерел.....	128
Додатки.....	130

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Зміст	150589.MP.01.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/1

## ВСТУП

### *Перспективи використання продуктів переробки молочної сироватки*

Дуже важливим резервом при отриманні додаткового білка тваринного походження є раціональне використання вторинної молочної сировини. 60 % в загальному обсязі стічних вод вітчизняних молокопереробних підприємств займає саме сироватка. Причиною недотримання нормативів збору є конструкція обладнання, в яких відсутнє пристосування для збору сироватки або відсутньою є технічна база для її переробки.

Така ситуація призводить до негативних наслідків за двома основними складовими. По-перше, до втрати біологічно цінної молочної сировини в умовах актуальності проблеми дефіциту білка. По-друге, виникає загострення екологічної проблеми – забруднення внутрішніх вод збільшенням вмісту азоту, фосфору та органічних речовин у стічних водах.

Суттєвий внесок у науково-практичні засади застосування молочних білкових добавок для харчових продуктів зробили вчені А.Г. Храмцов, Г.В. Твердохлеб та інші.

Отже, незважаючи на динамічний ріст виробництва казеїну та твердих сирів, переробка молочної сироватки стала однією з актуальних проблем, що не знайшла оптимального вирішення не тільки в Україні, а й у світі.

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

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Вступ	150589.MP.01.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/4

**Предмет та об'єкт досліджень.** Молочна сироватка – природний побічний продукт переробки кисломолочних і твердих сичугових сирів, казеїну, який містить 6.3 % сухих речовин (у тому числі 4.5 % лактози), 0.3 % молочного жиру, 0.9 % білка. Вона характеризується збалансованим вмістом незамінних амінокислот (метіоніну, лізину, гістидину, триптофану тощо), які забезпечують регенерацію білків печінки, плазми крові та гемоглобіну.

Молочна сироватка також багата на вітаміни: групи В, А, С, Е, нікотинову й фолієву кислоти, холін, біотин тощо; на мінеральні речовини – кальцій, калій, магній, фосфор, – яких міститься 0.6 %.

Щоденне споживання 1 л молочної сироватки забезпечує 2/3 добової потреби організму в кальції, 80 % – у вітаміні В2, 1/3 – у вітамінах В1, В6, В12, 40 % – у калії. Високий вміст в ній молочного цукру є одним із факторів нормального травлення та збереження здорової кишкової мікрофлори людини. Із білків молока практично повністю переходять у сироватку альбумін і глобулін, а казеїн залишається в сирі. Крім того, сироватка – самий малокалорійний молочний продукт, енергетична цінність якого майже втричі нижча молока.

При виробництві твердих сирів типу чеддер або моцарелла утворюється солодка сироватка з рН > 5.6, а при виробництві кисломолочних – кисла, яка містить більше мінеральних солей, а значення її рН < 5.1.

На підприємствах України в 2019 р. було отримано 3720 тис. т молочної сироватки. З них 2470 тис. т перероблено та реалізовано у вигляді сухої сироватки, решта пішло на пастеризацію і реалізовано у рідкому вигляді в порівнянні з 2015 роком коли 2510 тис. т (77.7 %) потрапило до стічних вод, нині до побічного продукту сироватки ставляться як до основного який принесе високі прибутки.

Сучасний асортимент продуктів із сироватки включає як просту солодку суху сироватку, так і сироваткові концентрати та ізоляти з вмістом 29 і 89 % білка відповідно.

Висока біологічна цінність молочної сироватки та технологічні властивості дають змогу використовувати її як сировину в різних галузях харчової промисловості: молочній – при виробництві сметани, спредів, плавлених сирів, кисломолочних виробів; м'ясопереробній – при виробництві варених ковбас, сосисок, сардельок, напівфабрикатів; кондитерській – при виробництві борошняних кондитерських виробів, шоколадних паст, начинки для цукерок і різноманітних полив; масложировій – при виробництві майонезу, соусів тощо.

Унікальні властивості сироватки та продуктів на її основі уможливають широке використання її в дієтичному, спортивному та дитячому харчуванні.

Висвітлюючи актуальність і перспективність застосування білкових продуктів молочної сироватки, особливо важливим є перевага вмісту незамінних амінокислот над всіма іншими білками тваринного та рослинного походження, у тому числі й популярної нині сої.

У спортивному харчуванні великим попитом користується сироватковий протеїн – харчова добавка для нарощування м'язової маси та покращання загального стану здоров'я. Він унікальний тим, що впливає як на функціональний стан спортсмена так і здійснює загальний оздоровчий ефект. Білки молочної сироватки помітно знижують рівень холестерину в крові людини та розвивають захисні функції організму.

Таким чином, висока біологічна цінність молочної сироватки зумовлена збалансованим вмістом усіх незамінних амінокислот, ряду вітамінів і мікроелементів, уможливорює її застосування як універсальної сировини у різних галузях харчової промисловості. Доцільність та необхідність організації раціонального використання молочної сироватки

на підприємствах молокопереробної галузі зумовлена екологічним і економічним чинниками.

В майбутньому сироватка як харчовий продукт може стати незамінним та стратегічним продуктом як цукор а то і більше адже вже сироватку використовують в майже всіх галузях. Тому покращення виробництва сухої сироватки має актуальність в сучасному та в майбутньому розвитку України як держави промислової.

**Основною метою** магістерської роботи є вдосконалення процесів кристалізації молочної сироватки, що забезпечить вищу продуктивність праці з мінімальними витратами на виробництво та забезпечити вихід якісної продукції. Основна задача в роботі становить підібрати перемішувальний пристрій та робочий режим кристалізатора, що забезпечить оптимальний режим кристалізації з забезпеченням якісного виходу продукту.

**Наукова та практична новизна одержаних результатів.** В роботі було досягнуто оптимального режиму та конструкції мішалки, що становлять для кристалізатора  $D=2170\text{мм}$  діаметр мішалки має бути  $d=2075\text{мм}$  з швидкістю обертання 16 об/хв це забезпечить максимальне охолодження продукту в кристалізаторі, що являється рушійною силою в процесі кристалізації лактози.

**Особистий внесок здобувача.** Для апаратів даного типу, а саме кристалізаторів сироватки раніше не було встановлено конкретного розміру мішалки, були тільки рекомендовані параметри. Здобувачем, в магістерській роботі, було вивчено режими роботи кристалізаційного обладнання, розроблено та встановлено оптимальні розміри перемішувального пристрою.

**Практичне значення одержаних результатів.** Одержані результати можна застосувати в харчовому та хімічному виробництві, де застосовуються апарати даного типу, для досягнення економічної вигоди.

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

## 1.1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕСИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

Кристалізацією називають виділення твердої фази у вигляді кристалів головним чином з розчинів і розплавів . Кристали являють собою однорідного тверді тіла різної геометричної форми , обмежені плоскими гранями. Кожному хімічному з'єднанню зазвичай відповідає одна або кілька кристалічних форм, що відрізняються становищем і кількістю осей симетрії . Явище утворення декількох кристалічних форм у даного хімічної сполуки носить назву поліморфізма . Кристали , що включають молекули води , називають кристалогідратами , причому залежно від умов проведення процесу кристалізації одне і теж речовина може кристалізуватися з різним числом молекул води.[13]

У хімічній технології процеси кристалізації широко використовують для отримання в чистому вигляді різних речовин. Здійснюване в промисловому масштабі одночасне отримання великого числа кристалів носить назву масової кристалізації .

Масову кристалізацію зазвичай проводять з водних розчинів , знижуючи розчинність кристалізуючої речовини за рахунок зміни температури розчину або видалення частини розчинника . У ряді випадків кристалізацію ведуть з розчинів органічних речовин ( спиртів , ефірів , вуглеводнів та ін.)

Кристалізацію з розплавів здійснюють шляхом їх охолодження.

Кристали можна отримувати також сублімацією і подальшим охолодженням утворюється пара при температурі нижче температури « потрійний » точці .

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Аналітичний огляд стану питання	150589.MP.01.001 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/11

У виробничих умовах процес кристалізації складається з наступних операцій : власне кристалізації , відділення кристалів від маткових розчинів , перекристалізації (у разі необхідності) , промивання і сушіння кристалів.

Склад і властивості молочної сироватки залежать від способів виробництва основного продукту , що , у свою чергу , зумовлює вибір технологічних прийомів і обладнання при подальшій її переробці. Процес зневоднення сироватки супроводжується послідовним видаленням вільної та зв'язаної ( осмотичної і адсорбційної ) вологи.[13]

Відомо , що значний вплив на вміст вологи , особливо адсорбційної , яка є головним чинником, що визначає режим і тривалість сушіння , надають лактоза, молочна кислота і кухонна сіль . Саме ці компоненти , володіючи велику вологозв'язуючу здатністю , ускладнюють процес сушіння. Тому молочна сироватка , що спрямовується на сушіння , повинна бути відповідним чином підготовлена.

Заходи повинні бути спрямовані на недопущення потрапляння в сироватку кухонної солі , зменшення вмісту молочної кислоти і переклад лактози з аморфного стану в кристалічний .

З основного виробництва сироватка надходить температурою 30 ° С - оптимальної для життєдіяльності молочнокислих бактерій. Крім мікрофлори молока , у неї переходять мікрофлора бактеріальних заквасок і сичужний фермент (у кількості до 75% від введеного в суміш) . Лактоза , як найменш стійкий компонент , піддається ферментативному гідролізу , що веде до підвищення кислотності , зміни рН середовища і оптичної щільності. За рахунок бродіння лактози за несприятливих умов зберігання у сироватці значно зростає вміст молочної кислоти. При кімнатній температурі молочна кислота - це рідина, що володіє високою гігроскопічністю. Концентрати , що містять більшу її кількість , утримують більше вологи і, отже , гірше висушуються .

Дія ферментних систем також призводить до гідролізу білків і жиру , змінюючи смакові показники сироватки. У процесі її зберігання в результаті життєдіяльності мікроорганізмів може зростати кількість газу , викликаючи

спінювання. Тому для збереження і гальмування молочнокислого процесу на першому етапі сироватку необхідно охолоджувати до  $10^{\circ}\text{C}$  ( якщо температура більше  $10^{\circ}\text{C}$  , зберігати її можна не більше 1 год , менше  $10^{\circ}\text{C}$  - до 10 год).

Забезпечення необхідних властивостей сироватки досягається термічною обробкою при  $72-74^{\circ}\text{C}$  з витримкою 15-20 с. Температура вище  $75^{\circ}\text{C}$  призведе до денатурації сироваткових білків , нижче не забезпечить інактивування ферментних систем і патогенних мікроорганізмів. Концентрування сироватки зазвичай проводять у вакуум - випарних апаратах ( ВВА ) будь-яких конструкцій до вмісту сухих речовин у під сирної сироватці 50-55 %.

Процес згущення переважно безперервний з мінімальною тривалістю теплового впливу і температури. Для збереження властивостей і термічної стійкості компонентів молочної сироватки температура кипіння в першому корпусі ВВА повинна бути не більше  $60^{\circ}\text{C}$  , що виключає денатурацію сироваткових білків. Більш висока температура може викликати виражене загуснення , привести до збільшення в'язкості , поганого розпорошення , як наслідок , до підвищення температури сушіння і зниження ступеня розчинності готового продукту.

Згущену сироватку , що виходить з вакуум - випарного апарату , охолоджують до температури масової кристалізації лактози (  $30-32^{\circ}\text{C}$  ) і направляють на кристалізацію . Лактоза в аморфному стані дуже гігроскопічна, важче віддає вологу і в той же час легше її поглинає. Цим пояснюються труднощі при сушінні та зберіганні сироватки. Суха сироватка , в якій вся лактоза знаходиться в аморфному стані , схильна спікання. За несприятливих умов зберігання починається поглинання нею вологи , яке триває до досягнення рівноваги з вологістю навколишнього середовища , при цьому вміст вологи може досягти 30%. В результаті порошок розм'якшується , відбувається спікання частинок , матеріал втрачає структурну стійкість . Наявність кристалів лактози може призупинити процес поглинання вологи , так як гігроскопічність

порошку при цьому різко знижується. Чим більше лактози з аморфної форми переведено в кристалічну, тим меншою гігроскопічністю і спікливістю буде володіти готовий продукт.

Бажаний розмір кристалів в концентраті - 20-30 мкм. Суха сироватка, в якій лактоза міститься у вигляді дрібних кристалів, рівномірно розподілених всередині частинок, буде менше спікатися. При сушінні молочної сироватки з попередньо кристалізованої лактозою в сушильній камері утворюється менше відкладень порошку, готовий продукт має гарну сипучість, низькою гігроскопічністю і не злежується при зберіганні.

Найбільший вплив на процес кристалізації лактози роблять наступні фактори:

- вміст сухих речовин в концентраті; температура;
- кислотність;
- інтенсивність перемішування;
- наявність центрів кристалізації;
- в'язкість концентрату;
- режими кристалізації;
- вміст домішок.

Кристалізація лактози проводиться в кристалізаторах, які повинні бути обладнані мішалкою, що забезпечує інтенсивне перемішування і зняття шарів концентрату з дна і стінок апарату, а також охолоджуючої сорочкою для рівномірного охолодження всієї маси концентрату. Як правило, кристалізатори оснащуються системою автоматичного регулювання, функцією якої є контроль і регулювання наступних параметрів:

- температура;
- градієнт температури;
- тривалість кристалізації;
- тривалість охолодження;
- тривалість і напрямок обертання вимішувального пристрою.

Для поліпшення процесу кристалізації вноситься запал дрібнокристалічного молочного або бурякового цукру з розміром кристалів 3-4 мкм в кількості 0,03 % від маси згущеної сироватки. За умови правильної організації процесу кристалізації вміст сухих речовин в кристалізі, вимірюваний рефрактометром , має зменшитися від первісного на 15-18 % (перехід аморфної форми лактози в кристалічну ) . Титрована кислотність кристалізату , відновленого до вихідного змісту сухих речовин у сировині , знизиться на 2 ° Т.

Якість концентрату , що направляється на сушіння , має відповідати наступним вимогам:

- ступінь кристалізації - 60-70 % присутньої лактози ;
- середній розмір кристалів - 20-30 мкм;
- рН 6,1-6,3 ;
- температура - 15-18 ° С.

Суша молочна сироватка за високого вмісту цукрів відноситься до термопластичним матеріалами , тобто здатна розплавлятися при контакті з нагрітими поверхнями. Налипання порошку на стінки сушильної вежі , забивання циклонів і пневмотранспортної системи - часті проблеми при сушінні молочної сироватки , які відображаються не тільки на економічності проведення процесу , а й на якості кінцевого продукту.

Дотримання перерахованих технологічних операцій , спрямованих на зменшення вмісту в концентраті сироватки молочної кислоти , підвищення ступеня кристалізації лактози (більше 60 %) та ін. , дозволяє більшою мірою вирішити цю проблему. Відомо , що при сушінні " не підготовленою сироватки " продуктивність сушильної установки може знизитися до 50% від паспортної . Поряд з технологічними операціями велике значення мають параметри сушіння.

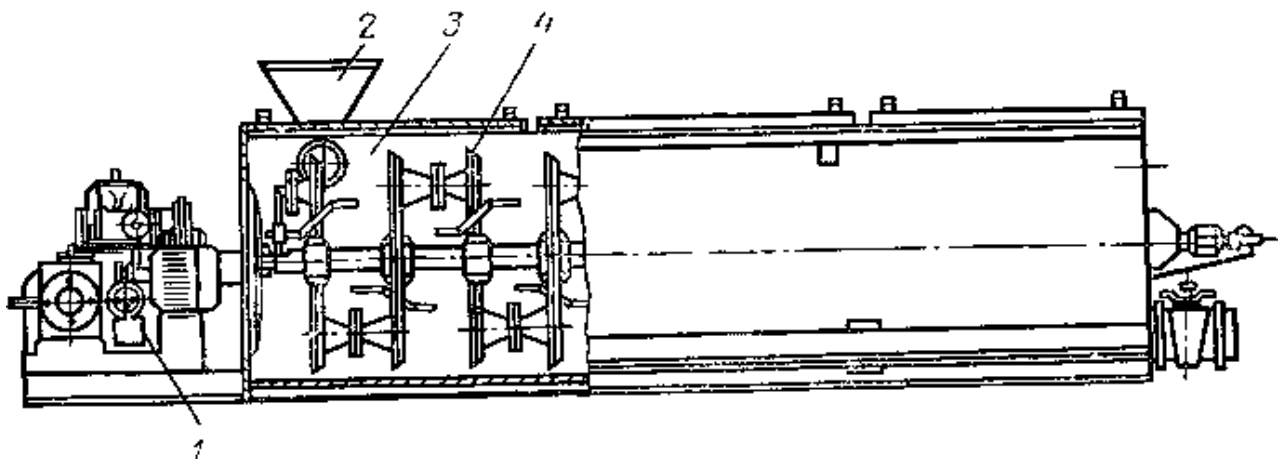
## 1.2 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО АПАРАТИ ДЛЯ КРИСТАЛІЗАЦІЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

У харчовій промисловості процес кристалізації здійснюється в основному двома способами: випарюванням частини розчинника та охолодженням насиченого розчину. Обидва ці способи здійснюються в періодичному та безперервному режимах.

Апарати для кристалізації в харчовій промисловості можна класифікувати за такими критеріями:

- просторове розміщення – вертикальні, горизонтальні, похилі;
- конструкція корпусу – циліндричні, коритні;
- кількість секції – односекційні, багатосекційні;
- характер руху суспензії що кристалізується – циркуляційні, прямотечійні, прямотечійно-циркуляційні, з природною та штучною циркуляцією;
- конструкція поверхні теплообміну – з трубчастими, кільцевими, дисковими, змієвиковими, пластинчастими поверхнями теплообміну, з рухомими і нерухомими поверхнями теплообміну.

Різноманітність конструкції апаратів для кристалізації зумовлена прагненням задовольнити критерій відповідності конструкції вимогам технології, а також критеріям: загально конструкційним та експлуатаційним переваг; оптимальних техніко-економічних показників; естетики, ергономіки; екологічних вимог тощо.



Мал 1.1 Кристалізатор-охолоджувач молочного цукру горизонтального типу.

1 - привід; 2 - завантажувальна воронка, 3 - ванна; 4 - шнек-мішалка

Кристалізація лактози здійснюється в кристалізаторах – охолоджувачах (мал. 1.1). Процес кристалізації проводять таким чином, щоб отримати кристали лактози якомога більшими за величиною і однорідними за розміром і формою. Досягається це підбором наступних режимів кристалізації: тривалий, при якому згущена сироватка охолоджується до 10 - 15 ° С поступово протягом 20-25 год при періодичному перемішуванні, і прискорений, коли сироватка охолоджується до 10-15 ° С протягом 10-12 год при безперервному помішуванні.

У процесі кристалізації поряд з кристалами лактози утворюється рідка фаза - меляса. Кристали цукру відділяються від меляси центрифугуванням на центрифугах періодичної і безперервної дії.

нагрівають до 93 ° С з наступним центрифугуванням, знижують кислотність до 20 -25 ° Т 10% розчином гідроксиду натрію з подальшими нагріванням до 93 ° С і центрифугуванням.

Кристалізатор-охолоджувач марки РЗ-ОКО для молочного цукру (мал. 1.2) призначений для вироблення молочного цукру з сиропу, отриманого після випарки під сирної сироватки, застосовується на підприємствах молочної промисловості.

Технічні характеристики:

Ємкість ванни: геометрична – 2230дм<sup>3</sup>; робоча - 2000 дм<sup>3</sup>

Температура охолоджуючої води: 6<sup>0</sup>С

Частота обертання шнека: 0,2 с<sup>-1</sup> 12об/хв.

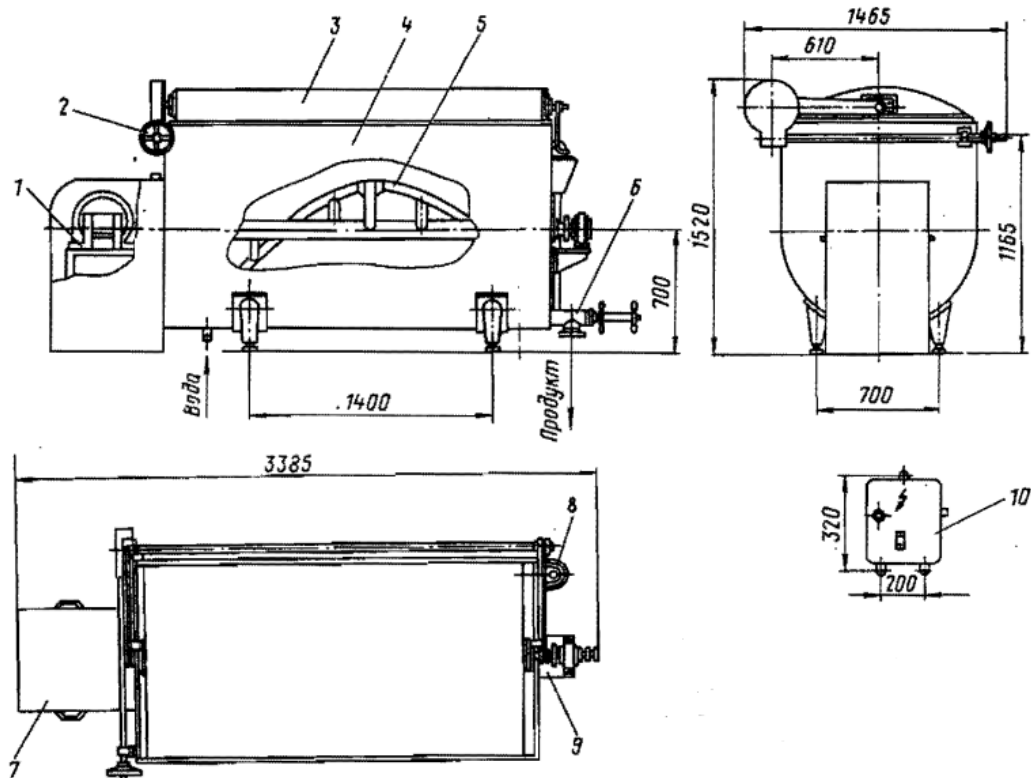
**Опис конструкції та принцип роботи.**

Кристалізатор - охолоджувач марки РЗ - ОКО (мал. 1.2) являє собою ванну з двійними стінками, усередині яких проходить охолоджувальна рідина. Уздовж осі ванни розташований шнек – мішалка, яка приводиться в обертання

двигуна через клинопасову передачу і черв'ячний редуктор. Привід змонтований на окремій станині і закритий кожухом.

Ванна має чотири гвинтові ніжки, дозволяючи встановлювати її з ухилом в бік вивантаження. При допомозі механізму підйому кришка відкривається і закривається.

Після санітарної обробки внутрішніх поверхонь ванни і кришки в ванну заливають 2000 л сиропу - кристалізатору. Закривають кришку. Відкривають вентиль на холодоагенті. Охолодження здійснюється до моменту випадання кристалів цукру при роботі мішалки. Промитий продукт вивантажується з кристалізатора.



Мал 1.2 Загальний вид кристалізатора-охолоджувача марки РЗ-ОКО для молочного цукру: 1 - привід; 2 - механізм підйому кришки; 3 - кришка; 4 - ванна; 5 - шнек, 6 - кран; 7 - огорожа; 8 - воронка; 9 - кронштейн; 10 - шаф електроапаратури

Щоб забезпечити найкращу якість та продуктивність при виробництві сухої молочної сироватки на етапі кристалізації, використовують станцію охолодження ВОУ -3 та кристалізаторів згущеної сироватки СК 12-5.

Станція призначена для кристалізації лактози, що міститься в згущеній сироватці з утворенням кристалів розміром не більше 20 мікрон. Попередня кристалізація лактози полегшує процес розпилювального сушіння і забезпечує отримання якісної сухої сироватки без присмаку мучнистості і придатної для тривалого зберігання. Основа процесу – попереднє миттєве пониження температури продукту з 50° С до 30° С в вакуумному охолоджувачі та поступове охолодження в кристалізаторах з 30° С до 15° С на протязі 10 годин з безперервним перемішуванням.

#### **Основні складові та системи дослідження:**

##### ***Вакуумний охолоджувач***

1. Корпус випаровувача – сепаратора..
2. Трубчатий поверхневий конденсатор.
3. Система подачі та відкачки продукту
4. Система циркуляції охолоджуючої води через конденсатор.
5. Вакуумний насос для одночасного видалення конденсату і несконденсованих газів.
6. Система мийки
7. Регулятора рівня продукту та контрольно вимірювальні прилади

##### ***Блок кристалізаторів***

1. Кристалізатор з мішалкою та охолоджуючою сорочкою – 5 шт.
2. Трубна система з арматурою та калачами для заповнення кристалізаторів та вивантаження продукту, витіснення продукту водою, мийки.
3. Система охолодження продукту лід водою з циркуляцією її в сорочці кристалізатора, підмішуванням та зливом холодоагенту.
4. Система мийки
5. Контрольно вимірювальні прилади,

## Технічні характеристики.

### Вакуумний охолоджувач

Продуктивність по охолоджуваному продукту 5000 кг/годину,  
температура продукту на вході – 45-55° С,  
температура продукту на виході -30-33° С,  
тиск продукту на вході 0,5-1,5 бар  
розрідження в випарювачі -0,965 бар,  
витрата охолоджуючої води через конденсатор 4500 кг/годину,  
температура лід на вході - 2° С  
температура лід на виході - 18° С,  
випарувана волога 85-130 кг/год  
витрата води на вакуумний насос - 1080 л/годину

### Блок кристалізаторів

Кількість танків - кристалізаторів - 5 штук  
Об'єм продукту в кристалізаторі – 12 м<sup>3</sup>  
Маса продукту в кристалізаторі при  $C_{\text{сух}}=55\%$  -15 т.  
Час заповнення кристалізатора продуктом – 3 години  
Час охолодження продукту з 30 до 15° С – 10годин  
Час вивантаження продукту – 3 години  
Тип мішалки – рамна  
Швидкість обертання мішалки – 20 об/хв.,  
Потужність двигуна редуктора -5,5 кВт  
Сумарна витрата холодоагента на цикл охолодження на 1 кристалізатор - 25 м<sup>3</sup>  
Витрата годинна холодоагента в першу годину охолодження - 1м<sup>3</sup>/год  
Витрата годинна холодоагента в останню годину охолодження - 5,4 м<sup>3</sup>/год

### Режими роботи установки.

Вакуумний охолоджувач працює безперервно до кінця роботи ВВУ.  
Апарати станції кристалізації працюють циклічно і послідовно один за одним.

150589.MP.01.001 ПЗ

Інд.  
змін.

Дата  
видання

Мов  
а  
UA

Аркуш  
/11

Цикл заповнення, охолодження , кристалізації і зберігання продукту в кожному кристалізаторі становить до 16 годин . Станція кристалізації в 5-х апаратах кристалізує та накопичує всю партію продукту для сушильної установки і з точки зору транспортно складських технологічних операцій є фактично накопичувачем добового запасу кристалізованої і охолодженої сироватки. Один апарат зберігається вільним для прийомки продукту наступного добового циклу .

Процеси кристалізації досить чутливі до змін технологічних процесів, це час охолодження, теплообмін між охолоджувальною рубашкою та самим продуктом в танку. Важливу роль відіграє мішалка, вона повинна перемішувати шар охолодженого продукту, що утворюється біля стінок, з основною масою та запобігати утворення великих кристалів лактози, що призводить до утворення осаду на дні кристалізатора під видом молочного піску. Тому важливо розробити конструкцію мішалки таким чином щоб забезпечити максимальний перехід лактози з аморфного стану в кристалічний, з потрібною величиною кристалів.

## 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Напрямок дослідження за основу взятий перемішувальний пристрій, а для його удосконалення потрібно провести ряд додаткових досліджень:

- ❖ Визначення фізико-хімічних властивостей (густина, в'язкість, масова частина сухих речовин, молекулярна дифузія) продукту.
  - Густина;
  - В'язкість ;
  - Масова частина сухих речовин;
  - Молекулярна дифузія
- ❖ Кінетика росту і розчинення кристалів лактози при різних режимах перемішування.

Об'єктом дослідження є вакуумний охолоджувач та кристалізатори періодичної дії продуктивністю 12 м<sup>2</sup>

#### Актуальність теми.

Обсяги одержуваної молочної сироватки досягають 90 % і більше від переробляється на білково- жирові концентрати молока. За даними Міжнародної молочної федерації з 120 млн. т сироватки , одержуваної в світі, до 50% зливається зі стічними водами в каналізацію , що призводить до безповоротної втрати 2000 тис. т лактози , а також сталого забруднення біосфери .

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Методика проведення досліджень	150589.MP.01.002 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/15

Молочний сироватка відноситься до високорентабельних продуктам , але її виробництво відрізняється енергоємністю . Тому вдосконаленням технології і техніки процесу масової кристалізації лактози , зниженням її втрат можна підвищити економічну ефективність виробництва.

Так само необхідність у комплексній і безвідходній переробки молочної сировини виникає у зв'язку з скороченням сировинної бази молочної промисловості .

Завдяки своїм унікальним властивостям лактоза знаходить застосування в найрізноманітніших галузях промисловості , починаючи традиційними і кінчаючи досить екзотичними . Левова частка всього молочного цукру застосовується в молочноконсервної промисловості як затравки для кристалізації лактози при виробництві молочних консервів з цукром. Вважається , що особливо гідролізований лактоза добре засвоюється дитячим організмом, тому молочний цукор - незамінний компонент молочних сумішей для дитячого харчування. Здатність лактози утворювати великі просторові пористі структури використовується у виробництві швидкорозчинного сухого молока , де молочний цукор виступає в ролі агломеруючого компонента. Низька , порівняно зі буряковим цукром , солодкість ( 5 - 6 разів) зумовлює застосування молочного цукру при отриманні багатьох харчових продуктів , при цьому поліпшується їхній смак, аромат і консистенція. У кондитерських виробках лактоза так само покращує консистенцію , а так само продовжує термін зберігання продуктів , завдяки своїм антиоксидантним властивостям . Високоочищена ( фармакопейна ) лактоза застосовується у фармацевтичній промисловості , знову ж завдяки унікальній реакційної інертності і гідрофобним властивостям . Нарешті , молочний цукор застосовують в кінопромисловості для імітації снігу в декораціях.

Процес кристалізації лактози використовується не тільки при виробництві молочного цукру , а й у ряді інших технологічних схем виробництва молочних продуктів. При виробництві молочного цукру ,

сироваткові сиропи упарюють, а потім кристалізують охолодженням для виділення твердої фази . У разі необхідності ( виробництво рафінованої лактози) проводять перекристалізацію сиропів . У тому чи іншому вигляді процес кристалізації присутній і при виробництві молочного цукру нетрадиційними способами. Одним з визначальних факторів якості молочних консервів є розмір кристалів лактози , які, природно з'являються в процесі кристалізації. Те ж саме можна сказати про якість морозива. При виробництві сухого молока та сухої молочної сироватки так само використовується процес кристалізації.

Неправильно розраховані параметри кристалізації при виробництві перерахованих продуктів призводять до характерних порокам якості і збільшенню собівартості продукту . Так , наприклад , при нераціональних режимах охолодження в кристалізаторах - охолоджувачах (одержання молочного цукру- сирцю , харчового молочного цукру , рафінованої лактози ) розмір кристалів лактози стає неоптимальним ( або занадто великі , або занадто дрібні кристали) , що призводить , в кінцевому рахунку, до втрат сировини через низький виходу продукту в першому випадку або через втрату при промиванні кристалів - в тором . При отриманні молочного цукру розпилювальної сушінням неповна попередня кристалізація призводить до такого пороку якості продукту як злежуваність при зберіганні. Те ж можна сказати і про всіх сухих молочних продуктах де застосовується попередня кристалізація молочного цукру. Молочні консерви з цукром , морозиво можуть набувати Піскуваті консистенцію через занадто великих кристалів лактози. Великі кристали утворюються або через внесення занадто великої затравки в продукт , або через занадто повільних темпів охолодження.

Лактоза ( молочний цукор) становить майже 50 % сухих речовин молока. Тому очевидна необхідність в удосконаленні та раціоналізації технологічних процесів її виробництва. Через неоднорідність кристалів і їх

невеликого розміру втрати молочного цукру при промиванні і центрифугування складають до 20-30%.

До теперішнього часу кількісні закономірності процесу кристалізації з розчинів вивчені недостатньо повно.

Молочний цукор отримують в охолоджувальних кристалізаторах періодичної дії . Режими охолодження  $\alpha$ - лактози часто підбираються дослідним шляхом і не враховують коливань концентрацій вступників на кристалізацію упаренню розчинів . У зв'язку з цим коригування режиму кристалізації  $\alpha$ - лактози має істотний практичний інтерес.

У літературі є обмежене число робіт з кінетики росту і розчинення кристалів  $\alpha$ - лактози , а саме фундаментальні праці Ван Кревелда і Міхаелса [ 15,16,17,18 ] , Хадсона [ 19,20 ] , Розанова [ 21 ] , Зайковського [ 22 ] , Коваленко [ 23 ] . У зазначених роботах зростання кристалів вивчався в недостатньо певних гідродинамічних умовах або в обмеженому інтервалі температур. Питанням нуклеації лактози присвячено лише два дослідження [ 24,25 ] . Результати експериментальних досліджень з кінетики росту і розчинення кристалів  $\alpha$ - лактози суперечливі і не охоплюють повністю інтервали температур і концентрацій , що зустрічаються в промислових кристалізаторах .

Із сучасних дослідників описуваної проблеми необхідно виділити А.Г Храмцова [ 14 ] , А.Г Шестова і К.К. Полянського [ 24 ] , які внесли значний внесок у розвиток уявлень про зростання і нуклеації кристалів лактози.

Метою роботи є визначення раціональних режимів промислової періодичної кристалізації  $\alpha$ - лактози. У зв'язку з цим задачі дослідження були сформульовані наступним чином:

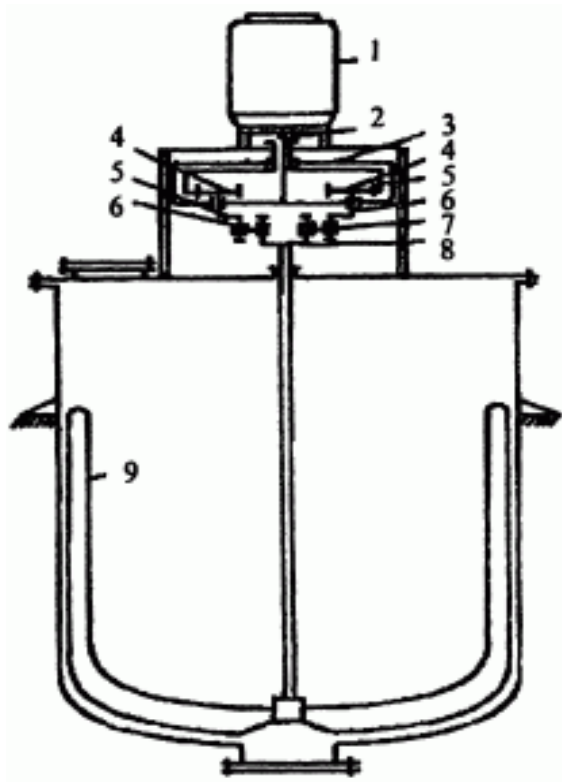
- 1 ) Збільшення ефективності якірної мішалки
- 2 ) експериментально визначити параметри, що характеризують швидкість росту кристалів  $\alpha$ - лактози

## Збільшення ефективності якірної мішалки

### Науковий підхід

Одним із шляхів підвищення ефективності змішувачів і реакторів з мішалками є внутрішньоциклічна зміна кутової швидкості обертання робочих органів, тобто кутова швидкість робочих органів змінюється періодично за часом, наприклад, за синусоїдальним законом. При цьому в апараті ліквідуються застійні та малоефективні зони.

Досліджуємо вплив нерівномірності обертання на процес змішування в апараті з якірної мішалкою.



Мал. 2.1 Апарат з нестационарним рухом мішалки і кінематичної схемою приводу

На мал.2.1 наведена схема апарату з якірної мішалкою і приводом, що перетворює рівномірне обертання вала двигуна в нерівномірне обертання вала мішалки. Рівномірний обертання від вала 2 двигуна 1 передається вхідному

повідця 3 і сателітам 4, які обертаються одночасно з ним навколо власної осі в результаті взаємодії з нерухомим колесом 5. При цьому кривошипи 6, жорстко закріплені на сателітах, описують гіпоціклоїдальну траєкторію і рухаються по ній нерівномірно щодо нерухомого зубчастого колеса 5. Шатуни 7 передають нерівномірний рух в одному напрямку веденого валу 8, на якому закріплена мішалка 9. Таким чином, кутова швидкість і прискорення мішалки безперервно змінюються в межах одного циклу, що призводить до значного збільшення швидкості масообмінних процесів і зменшення глибини воронки. Результати експериментальних досліджень та розрахункові дані для оцінки впливу коефіцієнта нерівномірності  $\delta$  на зміну глибини воронки в апараті з постійної і змінної кутової швидкістю обертання якірної мішалки при фіксованому значенні безрозмірною частоти нерівномірності кутової швидкості  $\lambda = 1357$  наведені в таблиці.  $\lambda = \alpha_2 / \omega$  де  $\alpha_2$  - частота нерівномірності;  $\omega$  - середня кутова швидкість обертання мішалки.

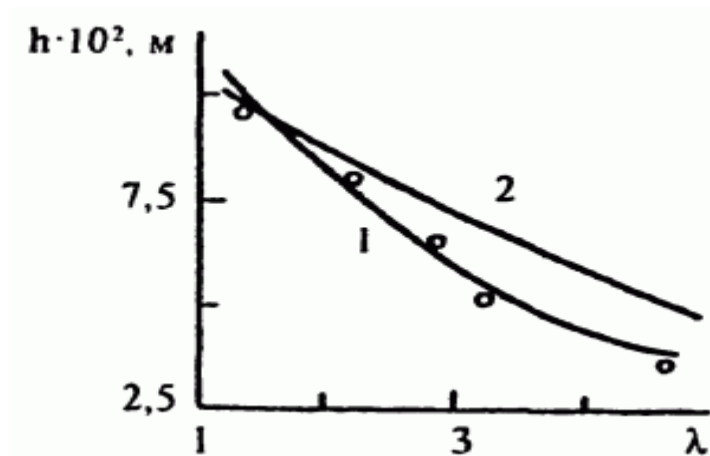
*Вплив нерівномірності обертання мішалки ( $\omega_{\text{тах}} = 8,37$ )*

$\omega_{\text{min}}, \text{c}^{-1}$	$\delta$	Коефіцієнт неоднорідності суміші	Глибина воронки, м	
			Експеримент	Розрахунок
$\omega_{\text{min}} = 8,37$	-	14,82	0,14	0,1429
$\omega_{\text{min}} = 7,22$	0,148	14,31	0,135	0,129
$\omega_{\text{min}} = 6,65$	0,229	12,04	0,124	0,119
$\omega_{\text{min}} = 6,08$	0,317	10,18	0,106	0,106
$\omega_{\text{min}} = 5,56$	0,404	8,43	0,085	0,093
$\omega_{\text{min}} = 5,14$	0,478	7,21	0,063	0,084

$\omega_{\min} = 4,91$	0,521	6,54	0,056	0,079
------------------------	-------	------	-------	-------

Для експериментальних досліджень використовували апарат об'ємом 0,1 м<sup>3</sup>, заповнений водною суспензією Al (OH) 3 з ваговою концентрацією 0,515 г / л. Дисперсність частинок становила 10 - 60 мкм, насипна щільність 0626 г/см<sup>3</sup>, діаметр апарату 0,5 м, висота 0,58 м, діаметр якірної мішалки 0,42 м, висота установки мішалки від дна апарату 0,08 м. Висота перемішуваної суспензії 0,42 м. Час перемішування у всіх дослідах - 12 хв.

З таблиці видно: із зростанням коефіцієнта нерівномірності  $\delta$  глибина воронки зменшується



Глибина воронки на вільній поверхні в залежності від  $\lambda$  ( крива 1 - експеримент , 2 - розрахунок)

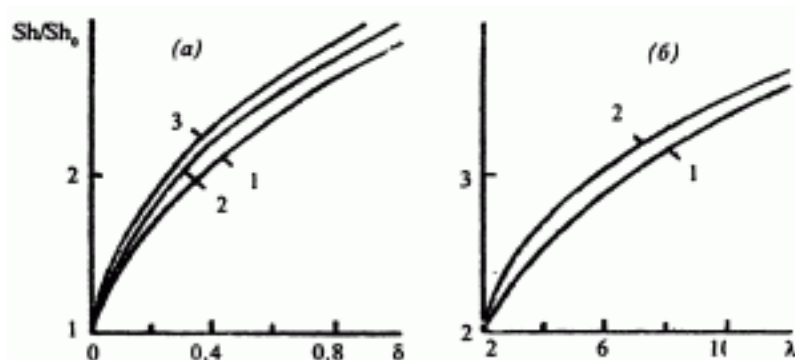
Експериментальні дані знаходяться в хорошому відповідно до величинами , розрахованими за формулою .

Залежність глибини воронки від  $\lambda$  при  $\delta = 0317$  ,  $\omega_{\text{ср}} = 7,225$  з представлена на малюнку . Невелика розбіжність експериментальних даних з розрахунковими на малюнку і в таблиці викликано взаємодією вихрових утворень , яке призводить до додаткової дисипації енергії та зменшення швидкості.

Збільшення коефіцієнта нерівномірності обертання прискорює процес вирівнювання концентрації в апараті , що пов'язано з виникненням в потоці

150589.MP.01.002 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /15
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

великих вихрових утворень внаслідок різких змін кутової швидкості обертання мішалки. Вихори спостерігалися візуально в апараті з якірної мішалкою , а також в реакторах з різко змінюється формою каналу. Згідно з дослідженнями такі вихрові пульсації по амплітуді значно перевершують великомасштабні пульсації в турбулентних потоках. Накладення на обертові потоки низькочастотних коливань , здійснюване за допомогою спеціального приводу в апаратах з мішалкою , також значно інтенсифікує масообмінні процеси внаслідок підвищення енергії турбулентних пульсацій і збільшення відносної швидкості руху фаз.



Залежність величини  $Sh / Sh_0$  від  $\delta$  при  $\lambda = 3,71$  (а) і від  $\lambda$  при  $\delta = 0,6$  (б).  
Діаметри частинок , мкм: 1 - 10 , 2 - 50 , 3 - 100

На малюнку наведено залежності відносини дифузійного потоку з частинки в апаратах з нерівномірним ( $Sh$ ) і рівномірним ( $Sh_0$ ) обертанням мішалки від коефіцієнтів  $\delta$  і  $\lambda$  при  $\omega = 8,37 \text{ с}^{-1}$  ( $Sh$ ,  $Sh_0$  - число Шервуда в нерівномірно і рівномірно обертових потоках). Збільшення обох коефіцієнтів призводить до монотонного зростання відносини  $Sh/Sh_0$ , і інтенсивність дифузійного потоку збільшується більш ніж в два рази. Збільшення діаметра частинки також призводить до зростання відносини  $Sh/Sh_0$ , але це зростання не настільки різкий.

Слід зазначити , що отримані залежності справедливі лише при помірних кутових швидкостях обертання якірної мішалки (як правило , якірні мішалки обертаються з невеликими кутовими швидкостями) і в діапазоні низьких частот нерівномірності. Крім того , розмір часток обмежений зверху

умовою , що він повинен бути менше мінімального розміру турбулентних вихорів.

Також слід зазначити , що збільшення частоти нерівномірності  $\lambda$  має технічні обмеження. Тому коефіцієнти  $\delta$  і  $\lambda$  слід вибирати в результаті оптимізації технологічних параметрів виходячи з технічних можливостей реалізації параметрів механізмів приводу .

Слід зазначити , що збільшення швидкості масообмінних процесів буде спостерігатися тільки до певної частоти нерівномірності , і далі цієї частоти вплив нерівномірності буде зменшуватися , і при великих частотах нерівномірність практично не впливатиме на масообмінні процеси .

## 2.2 КРИСТАЛІЗАЦІЯ ЛАКТОЗИ

Для кристалізації лактози згущену сироватку охолоджують на вакуумному охолоджувачі потужністю 5 т/год до температури  $30 \pm 2$  °С та направляють в резервуари для кристалізації куди вносять при необхідності затравку (якщо сухі речовини згущеної сироватки менше 50%) з мілких кристалів молочного цукру (розміри кристалів 5-20 ммк)[12]

### Схема і режим кристалізації

Послідовність операцій	Назва операцій та режими обробки	Показники операцій і режим обробки для сироватки підсирної
1.	Первинне охолодження, °С	28 - 30
2.	Внесення затравки, % від маси згущеної сироватки	0,03
3.	Витримка при температурі первинного охолодження, год.	2
4.	Поступове охолодження згущеної	

сироватки:	8 -10
А) тривалість охолодження, год	15 -18
Б) кінцева температура охолодження, °С	

Кристалізацію лактози проводять в спеціальних резервуарах при наступній циклічності перемішування.

### Режими перемішування

Назва операції	Швидкість обертання мішалки, 10 обертів/хв.
	Тривалість операцій, сек
Обертання мішалки за годинниковою стрілкою	25
Зупинка мішалки	40
Обертання мішалки проти годинникової стрілки	25

Кристалізація лактози в згущеній сироватці проходить при постійному перемішуванні, швидкості обертання мішалки на більше 10 об/хв.

### 2.3 СУШКА ЗГУЩЕНОЇ СИРОВАТКИ МОЛОЧНОЇ

Сушку згущеної кристалізованої молочної сироватки проводять на розпилювальних сушильних установках.

При сушці на сушильних розпилювальних установках необхідно дотримуватися слідуєчи температурних режимів:

150589.MP.01.002 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /15
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

- температура повітря на вході в сушильну башту  $190\pm 5^{\circ}\text{C}$ ;
- температура повітря при виході із сушильної башти -  $80\pm 4^{\circ}\text{C}$ .
- температура сухої де мінералізованої сироватки не повинна бути більше  $25^{\circ}\text{C}$ .

Під час роботи сушильної установки контролюють температуру і масову частку сухих речовин в згущеній кристалізованій сироватці, яка подається на сушку, а також масову частку вологи в готовому продукті.

## **2.4 ПАКУВАННЯ, МАРКУВАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Сушу молочну демінералізовану сироватку пакують згідно з ГОСТ 23651 у транспортну тару – багатошарові паперові мішки згідно ГОСТ 2226 із мішками – вкладишами, виготовленими з поліетиленової плівки згідно з ГОСТ 19360, ГОСТ 10354, ГОСТ 16337 або інші аналогічні пакувальні матеріали вітчизняного виробництва згідно з чинними нормативними документами або закордонного виробництва, що мають дозвіл для контакту з сухими харчовими продуктами Центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я України.

Мішки-вкладиші закривають методом термозварювання або туго перев'язують подвійним вузлом з перегином. На кожний мішок кріплять етикетку де вказують всі показники.

Транспортне маркування здійснюють згідно з ГОСТ 23651 з нанесенням маніпуляційного знаку «Оберігати від вологи» згідно з ГОСТ 14192.

Маса нетто продукту – не більше ніж 25 кг. Відхил маси нетто для пакувальної одиниці в транспортній тарі  $\pm 1\%$ .

Зберігають сироватку молочну суху за температури  $(18\pm 2)^{\circ}\text{C}$  та відносної вологості повітря не більше ніж 80% у критих сухих приміщеннях.

150589.MP.01.002 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /15
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

Строк придатності сироватки – не більший ніж 8 місяців від дати виготовлення.

Сироватку дозволено транспортувати всіма видами транспорту в критих транспортних засобах згідно з правилами перевезення вантажів, чинними на цих видах транспорту.

## 2.5 МЕТОДИ КОНТРОЛЮВАННЯ

Відбирання і готування проб згідно ГОСТ 26809, готування зразків і розведення для мікробіологічних досліджень згідно ГОСТ 9225.

Визначення органолептичних показників, маси нетто, якості пакування та маркування згідно з ГОСТ 29245.

Масову частку вологи у сироватці визначають згідно з ГОСТ 29246; масову частку жиру – згідно з ГОСТ 29247; титровану кислотність – згідно з ГОСТ 30305.3; індекс розчинності – згідно з ГОСТ 30305.4.

Мікробіологічні показники визначають згідно з ГОСТ 9225; кількість дріжджів, пліснявих грибів – згідно з ГОСТ 10444.12.

## 2.6 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОГО ПРОДУКТУ

За органолептичними показниками безпеки сироватка повинна відповідати вимогам. Наведеним в таблиці 1.

**Таблиця 1 - органолептичні показники сироватки**

### Органолептичні показники

Назва показників	Характеристика сироватки молочної демінералізованої сухої підсирної розпилювального сушіння
Зовнішній вигляд і консистенція	Тонкодисперсний порошок. Дозволено наявність грудочок, легко розсипчастих під впливом механічної дії.

Смак і запах	Солодкувато-солонуватий, без сторонніх присмаків та запахів
Колір	Від білого до світло-жовтого

За фізико-хімічними показниками сироватка повинна відповідати вимогам:

### Фізико-хімічні показники

Назва показників	Характеристика та норма для сироватки молочної демінералізованої сухої підсирної розпилювального сушіння	
	Рівень демінералізації 30%	Рівень демінералізації 40%
Масова частка вологи, % не більше	4,0	4,0
Масова частка золи, % не більше	8,0	7,0
Масова частка лактози, % не менше	60	70
Масова частка жиру, % не більше	2,0	1,5
Пригорілі частинки, диск, не більше	С	В
Індекс розчинності, см <sup>3</sup> сирого осаду, не більше	0,9	0,7

Кислотність титрована сироватки, відновленої до масової частини сухих речовин 6,5%, °Т не більше	20	20
--	----	----

Примітка. Масова частка білка для сироватки молочної демінералізованої сухої повинна бути не меншою, ніж 10%.

### Мікробіологічні показники

Назва показників	Норма
Кількість мезофільних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г продукту, не більше	5*10 <sup>4</sup>
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 0,1г.	не дозволено
Кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту, не більше	50
Кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту, не більше	50
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. Salmonella, в 25 г продукту	Не дозволено
Staphylococcus aureus, в 1 г продукту	Не дозволено
L.monocytogenus, в 25 г продукту	Не дозволено

### Гранично допустимі рівні токсичних елементів у сироватці.

Назва токсичного елемента	Допустимий рівень, мг/кг, не більше
---------------------------	-------------------------------------

150589.MP.01.002 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /15
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

Свинець	0,1
Миш'як	0,05
Кадмій	0,03
Ртуть	0,005

Вміст микотоксинів, антибіотиків, гормональних препаратів, пестицидів та радіонуклідів у сироватці не повинен перевищувати норми передбачені МБТ и СН 5061, ДСанПін 8.8.1.2.3.4-000, ГН 6.6.1.1.-130.

### 3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

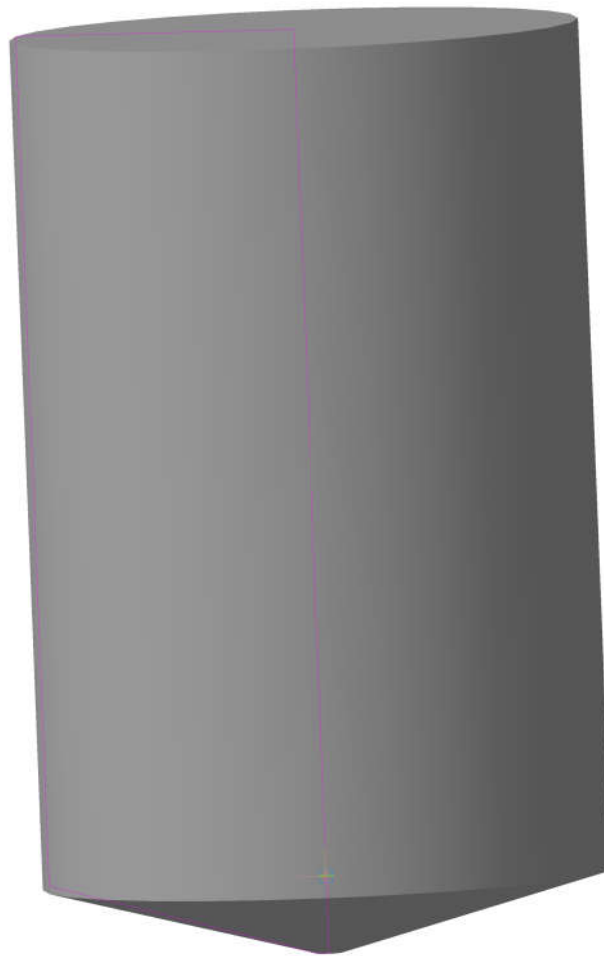
#### 3.1 ПІДГОТОВКА ДО ДОСЛІДЖЕННЯ

Для дослідження станції кристалізації використовуємо програмний комплекс FlowVision призначений для моделювання трьохвимірних течій рідини і газу в технічних та природних об'єктах, а також візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки.

##### 3.1.1 СТВОРЕННЯ ОБЛАСТІ РОЗРАХУНКУ І МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ.

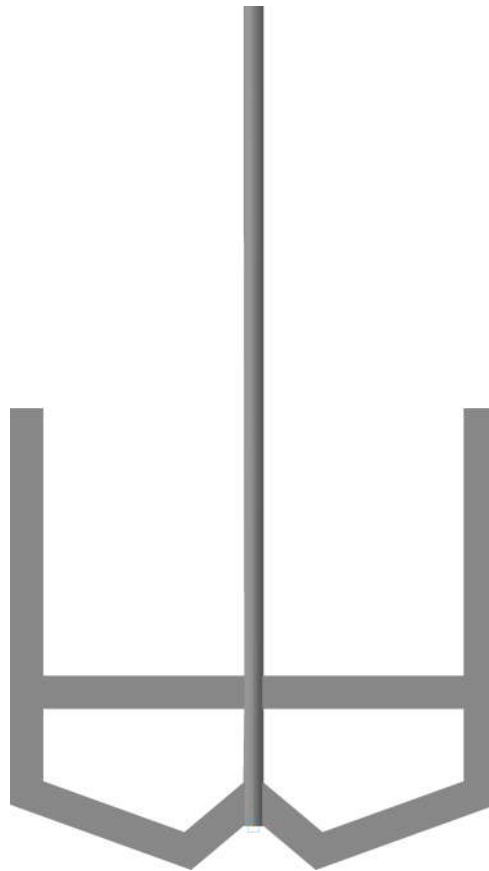
Станція кристалізації конструктивно досить проста, для нашого модельного розрахунку необхідно створити, окремо 3D моделі двох об'єктів використовуючи САПР «Компас»:

- ємкості яка буде заповнена продуктом (кристалізована сироватка);



Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Дослідна частина та узагальнення результатів	150589.MP.01.003 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/15

- мішалка (для перемішування продукту).



Для імпортованих моделей в FlowVision створюємо завдання математичної моделі. Для правильного розрахунку встановлюємо математичну модель «Нестискуюча рідина» та встановлюємо розрахункові фізичні величини: швидкість, турбуленція, енергія та пульсація температур.

Імпорт мішалки здійснюється шляхом завантаження фільтра, та встановлюємо його параметри, а саме: швидкість обертання навколо своєї осі 2.1 рад/с

### **3.1.2 ГРАНИЧНІ УМОВИ І ФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ**

Кристалізатори згущеної сироватки мають періодичний режим роботи, тобто в процесі роботи рідина постійно знаходиться в ємкості.

Для розрахунку задаємо граничні умови, їх всього дві: стінка ємкості та стінка мішалки. Для кожної умови необхідно встановити параметри.

- Для граничної умови стінки ємкості

У полі «Тип границі» вибираєм «Стінка»

У полі «Температура» вибираєм «значення на стінці» і як параметр поля уводим 0,5

У полі «Швидкість» вибираєм «Стінка, логарифмічна залежність» і як параметр поля «Шорсткість» уводим 9

У полі «Турбенергія» вибираєм «Значення поруч з стінкою»

У полі «Турдиссипація» вибираєм «Значення поруч з стінкою»

У полі «Пульсація температур» вибираєм «значення на стінці» і як параметр поля уводим 1

- Для граничної умови стінки мішалки

У полі «Тип границі» вибираєм «Стінка»

У полі «Швидкість» вибираєм «Стінка, логарифмічна залежність» і як параметр поля «Шорсткість» уводим 9

У полі «Турбенергія» вибираєм «Значення поруч з стінкою»

У полі «Турдиссипація» вибираєм «Значення поруч з стінкою»

Створені граничні умови присвоюємо поверхням розрахункової області.

Задаєм фізичні параметри які будуть використані для розрахунку.

В початкових значеннях для розрахунку задаєм тільки температуру продукту яка складає 30<sup>0</sup>С.

Далі вводим параметри речовини (сироватки):

- Густина 1200 кг/м<sup>3</sup>;

- Молекулярна в'язкість 10\*10<sup>-3</sup> Па\*с

- Теплопровідність 0,5 Вт/м К

- Теплоємність 3900 Дж/(кг К)

- Температура кипіння 82 <sup>0</sup>С

- Поверхневий натяг 44 \* 10<sup>-3</sup> Н/м

### **3.1.3 ЗАВДАННЯ ПОЧАТКОВОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ СІТКИ ТА КРОКУ ЗА ЧАСОМ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ**

FlowVision використовує локально-адаптивну розрахункову сітку. Це означає що за різними критеріями окремі області можуть автоматично подібноватися на один і більше порядків. Для створення необхідної сітки для розрахунків, виклакаєм редактор розрахункової сітки та встановлюємо у вікні редактора значення для X=25, Y=20, та Z=25 направлення.

Вибір кроку за часом обчислювального алгоритму здійснюється в редакторі загальних параметрів. Задавши параметри явного числа КФЛ 0,5 та

вибираємо неявний алгоритм розрахунку і встановлюємо задачу фіксованого кроку – 0.05

Для моделі нестискаюча рідина крок за часом потрібно задавати менше або рівним 1/10 пролітаючого часу. Пролітаючим часом називають той час, який знадобиться частинці, випущеного з входу в розрахункову область, щоб досягнути виходу з розрахункової області.

### **3.2 ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ПЕРЕМІШУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ**

#### **3.2.1 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ДІАМЕТРУ МІШАЛКИ**

Перемішувальний пристрій служить для загального змішування охолодженого шару продукту з основною масою. При цьому відбуваються масообмінні процеси при яких утворюються центри кристалізації та самі кристали.

Кристалізація лактози відбувається по мірі її охолодження, а ріст кристалів залежить від насичення лактози в розчині. Для подальшого висушування сироватки необхідно забезпечити максимальний перехід лактози з аморфного стану в кристалічний з мінімальними затратами та використанням робочого часу. Для цього потрібно забезпечити перемішування суміші по всьому кристалізаторі.

Підбір геометричних розмірів, та профілю мішалки досить важливий для процесу кристалізації. Адже перемішування напряму впливає на процеси дифузії а апараті та загальної теплопередачі.

Основною задачею являється підбір розмірів мішалки для створення максимальної теплопередачі через пограничний шар рідини в кристалізаторі, та перемішування цього шару з основною масою продукту.

З розрахунків для даного кристалізатора з літератури рекомендують використання мішалки діаметром  $d_m = 2128 \div 1887$  мм

Проведемо три етапа визначення оптимального діаметра мішалки, провівши три досліди з використанням мішалок різних діаметрів: 1дослід=1700мм, 2дослід=1900мм та 3 дослід=2100мм.

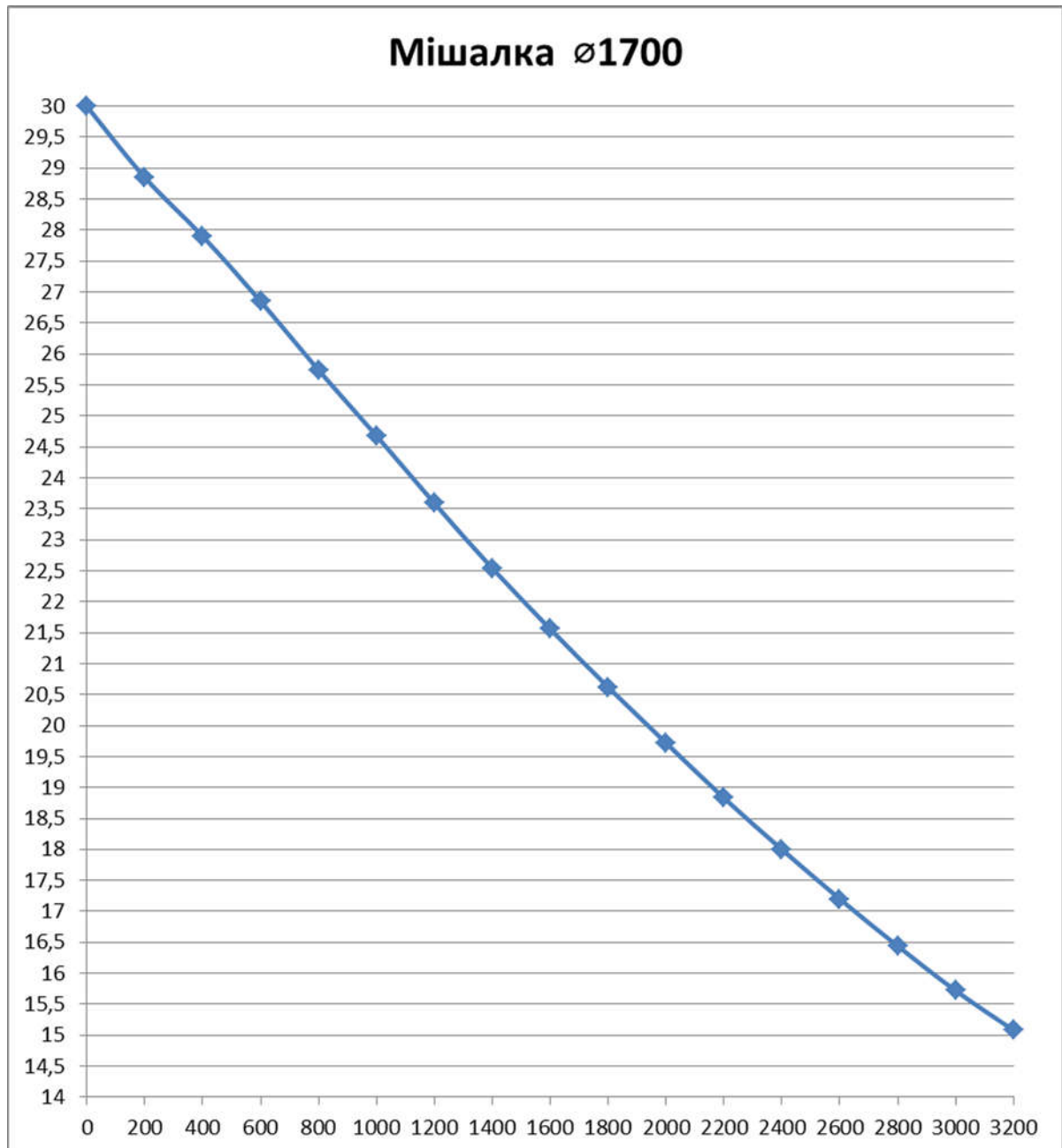
Основним показником для визначення ефективності являється час за який продукт охолоне від 30<sup>0</sup>С до 15<sup>0</sup>С. Час при досліді та час на виробництві буде відрізнятися. На практиці для кристалізації лактози встановлюється алгоритм

часу роботи та часу простою мішалки, а охолодження продукту постійно коректується відповідно до технологічної карти.

Для дослідження задаємо час при якому показники температури досягнуть кінця технологічного режиму ( $15^{\circ}\text{C}$ .) становить 3200 секунд.

### Дослід №1

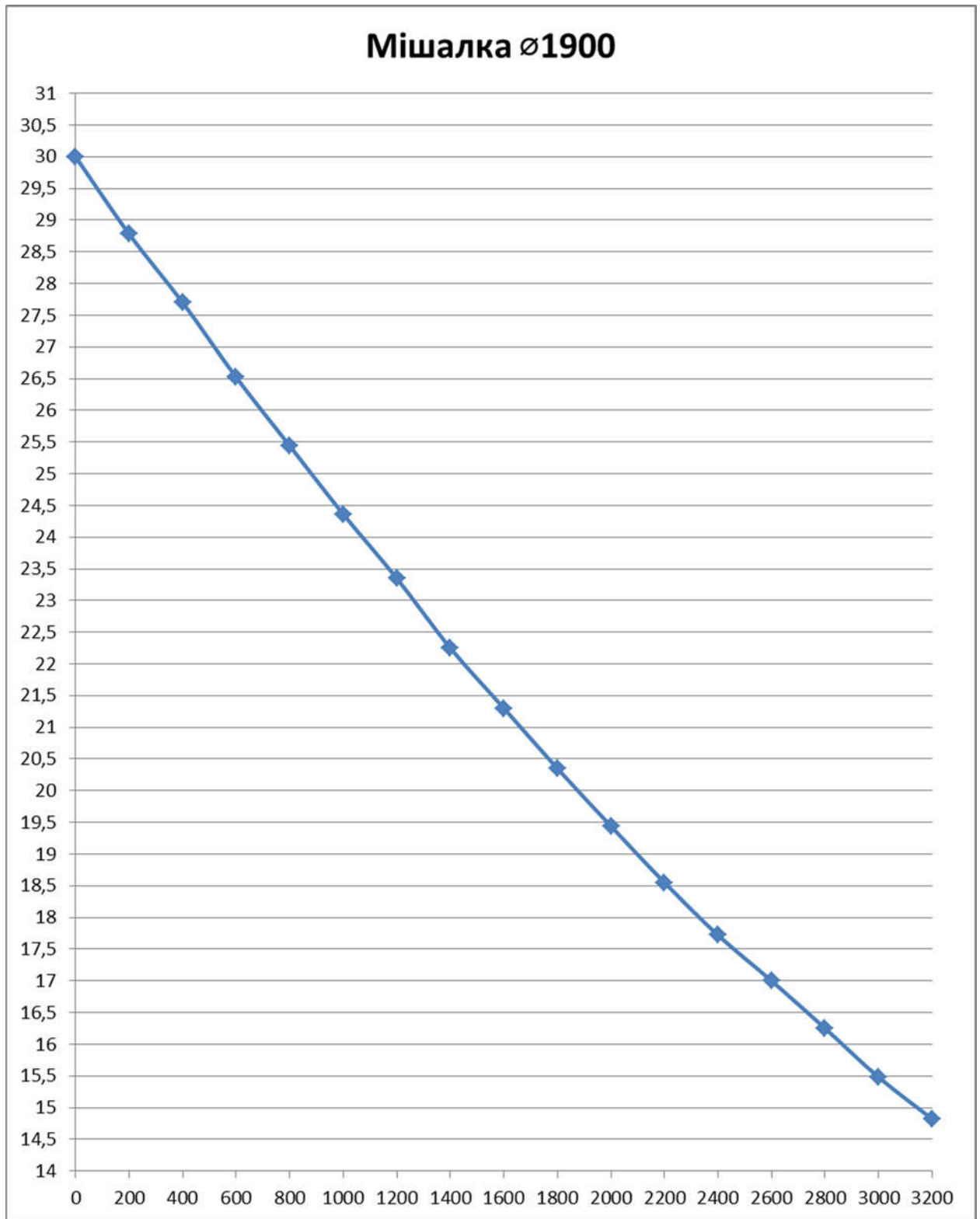
Встановлений перемішу вальний пристрій  $\varnothing 1700$  мм, та кутовою швидкістю  $2 \text{ c}^{-1}$



Кінцевим результатом охолодження за 3200 секунд є  $15,08^{\circ}\text{C}$

## Дослід 2

Змінюєм перемішу вальний пристрій  $\varnothing 1900\text{мм}$  додаючи його як фільтр з однаковими параметрами для рідини та кутовою швидкістю.

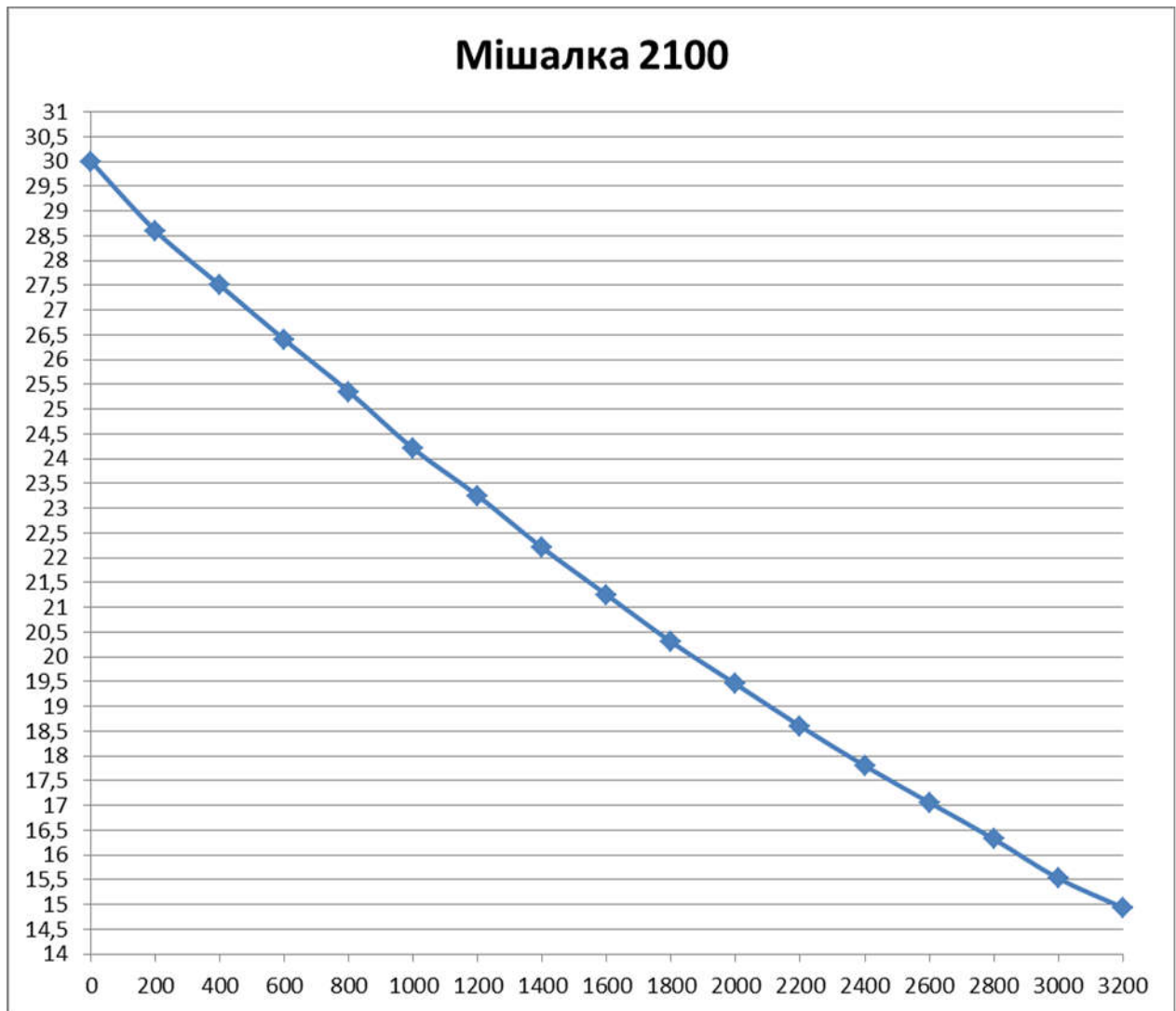


Кінцевим результатом охолодження за 3200 секунд є 14,82 °С

### Дослід 3

Змінюєм перемішу вальний пристрій  $\varnothing 2100$ мм додаючи його як фільтр з

однаковими параметрами для рідини та кутовою швидкістю.



Кінцевим результатом охолодження за 3200 секунд є 14,94 °С

Виконавши всі дослід найкращий кінцевий результатом являється дослід 2 з діаметром мішалки  $\varnothing 1900\text{мм}$ , але поступається початковим результатам з мішалкою  $\varnothing 2100\text{мм}$ , тому проведемо ще одне дослідження з встановленим пере мішувальним пристроєм  $\varnothing 2000\text{мм}$

#### Дослід 4

Змінюємо перемішу вальний пристрій  $\varnothing 2000\text{мм}$  додаючи його як фільтр з

150589.MP.01.003 ПЗ

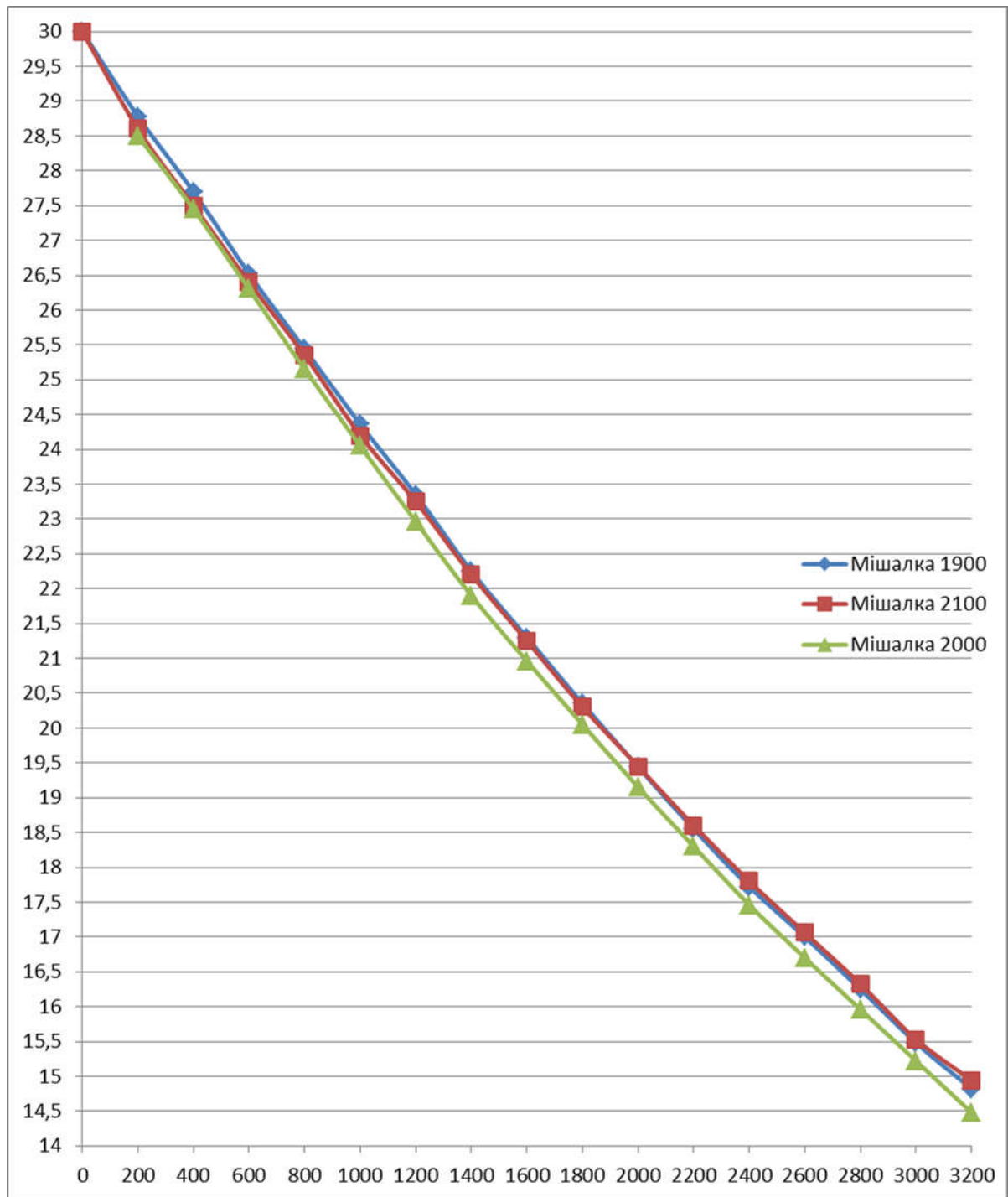
Інд.  
змін.

Дата  
видання

Мов  
а  
UA

Аркуш  
/15

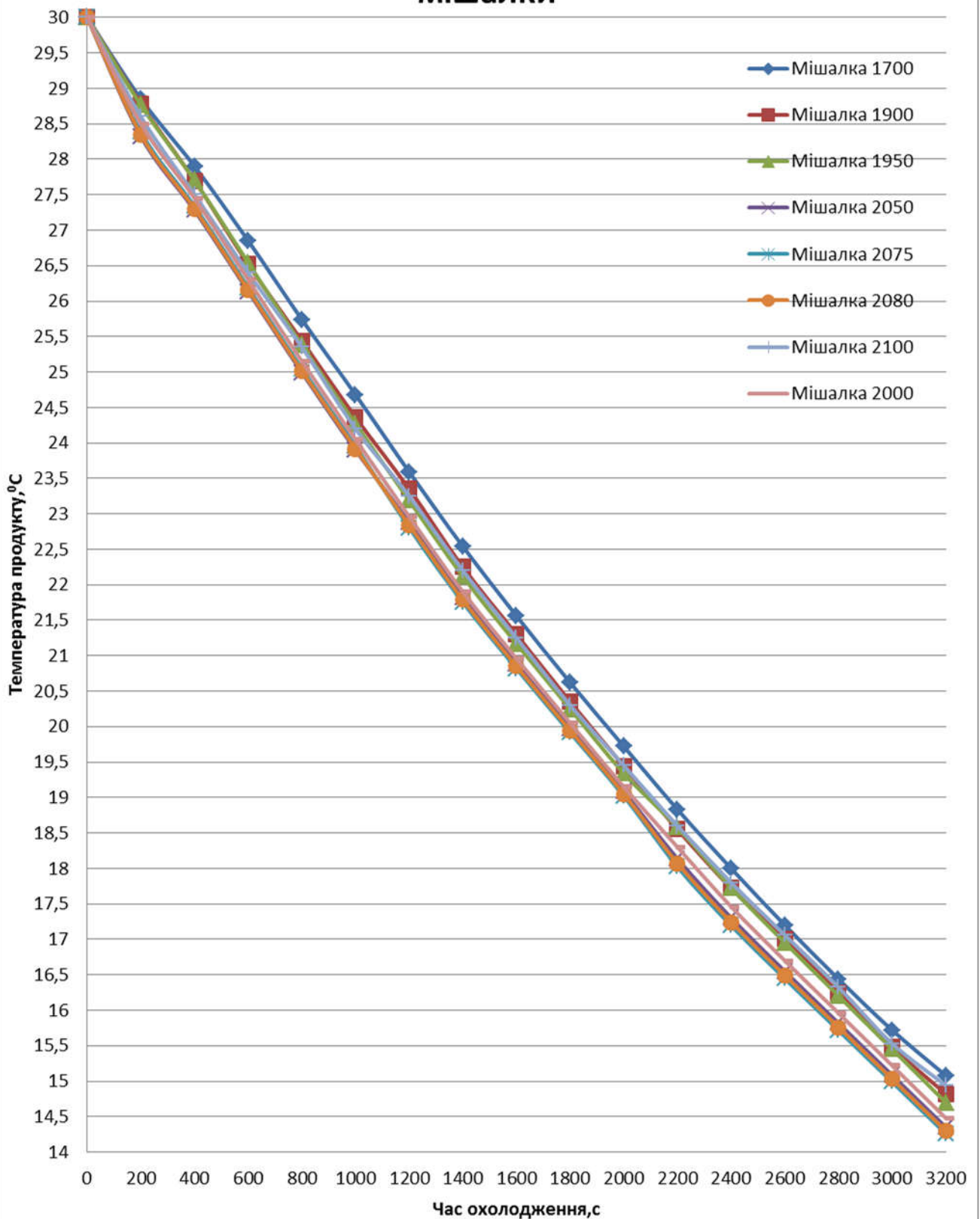
однаковими параметрами для рідини та кутовою швидкістю.



Кінцевим результатом охолодження для мішалки  $\varnothing 2000\text{мм}$  за 3200 секунд становить  $14,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

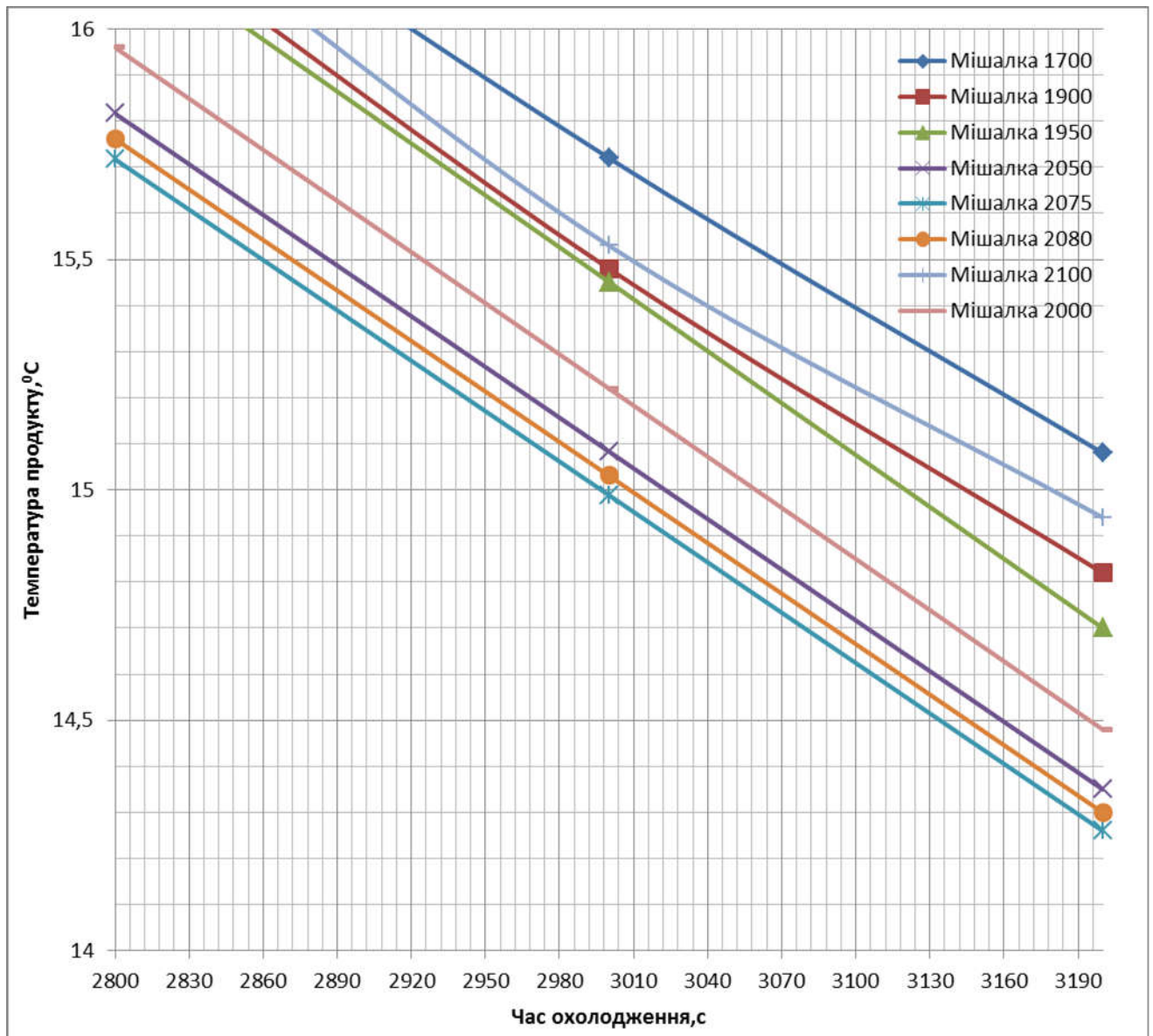
Далі проводимо ще декілька дослідів та будуємо графік по результатам

## Залежність охолодження сироватки від діаметра мішалки



Для більш ретельного огляду виберемо діапазон графика який найбільш

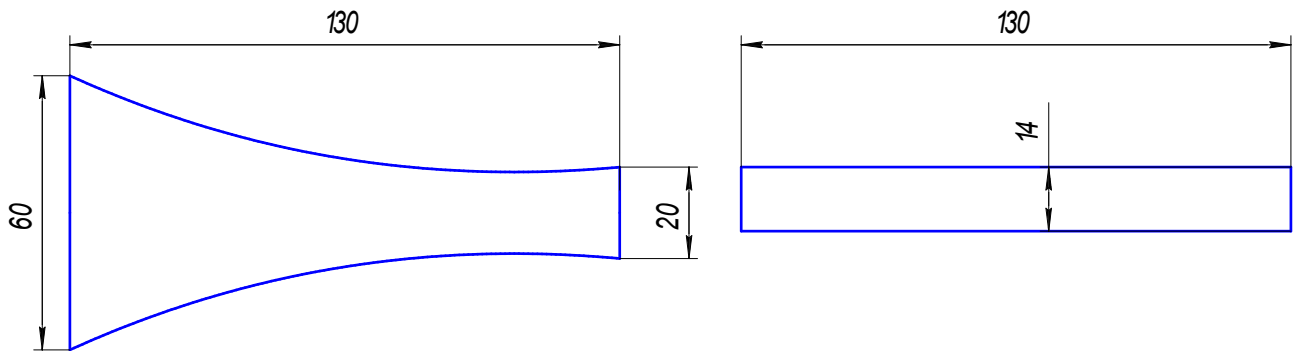
інформативний



Найкращих результатів охолодження за 3200 секунд досягла мішалка  $\varnothing 2075$  мм становить  $14,26^{\circ}\text{C}$ . А позначки в  $15^{\circ}\text{C}$  досягла за 2995 секунд, що перевершило базову мішалку на 150 секунд.

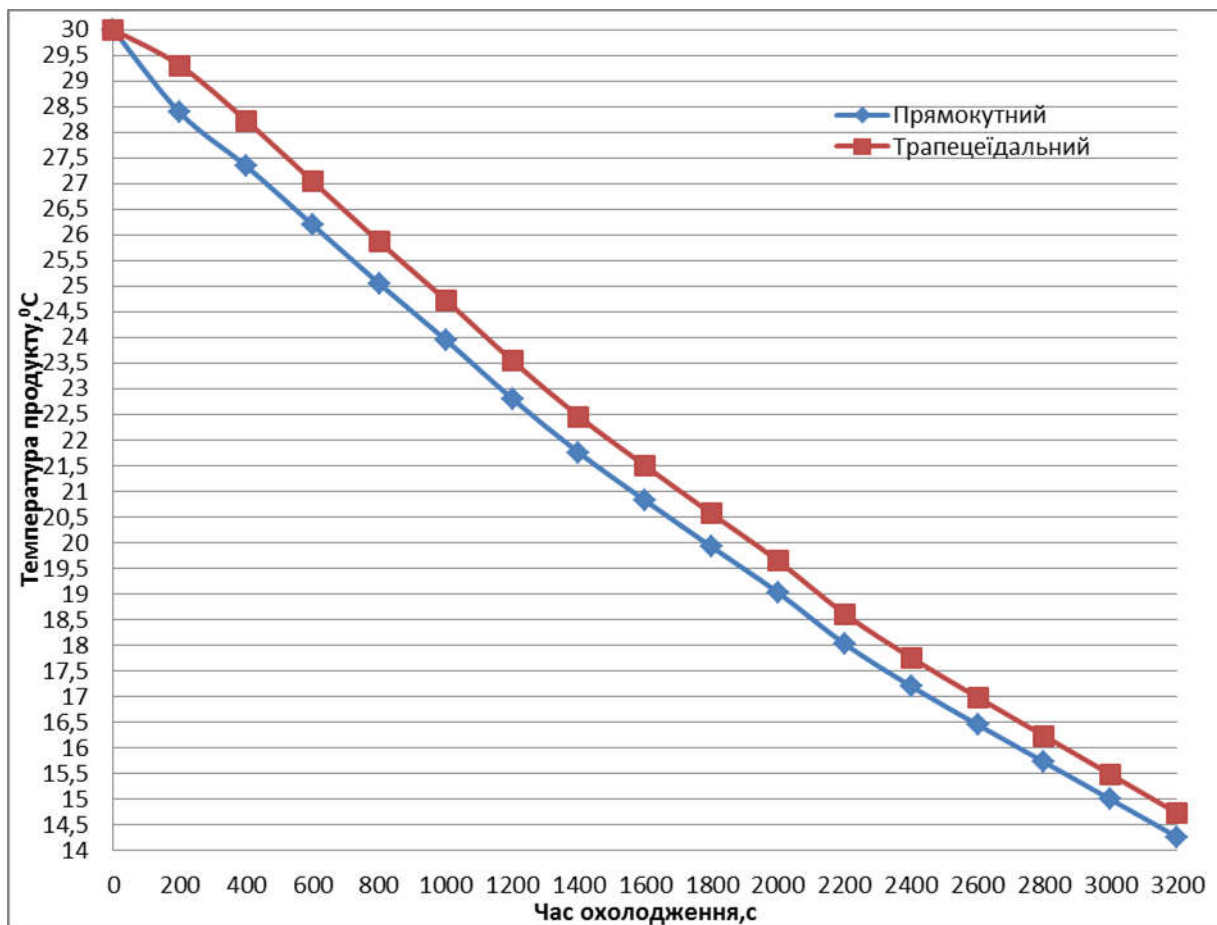
### 3.2.2 ВИБІР ПРОФІЛЯ ЛОПАТІ

На даному етапі дослідження розглянемо вплив профілю лопаті мішалки на результат розрахунку. При дослідженні було використано два вида профілю, стандартний прямокутний та трапецеїдальний з закругленими площинами.



Прямокутний профіль застосовувався при всіх вище приведених розрахунках.

Дослідження з використанням трапецеїдального профілю проводилися лише для мішалки з  $\varnothing 2075\text{мм}$

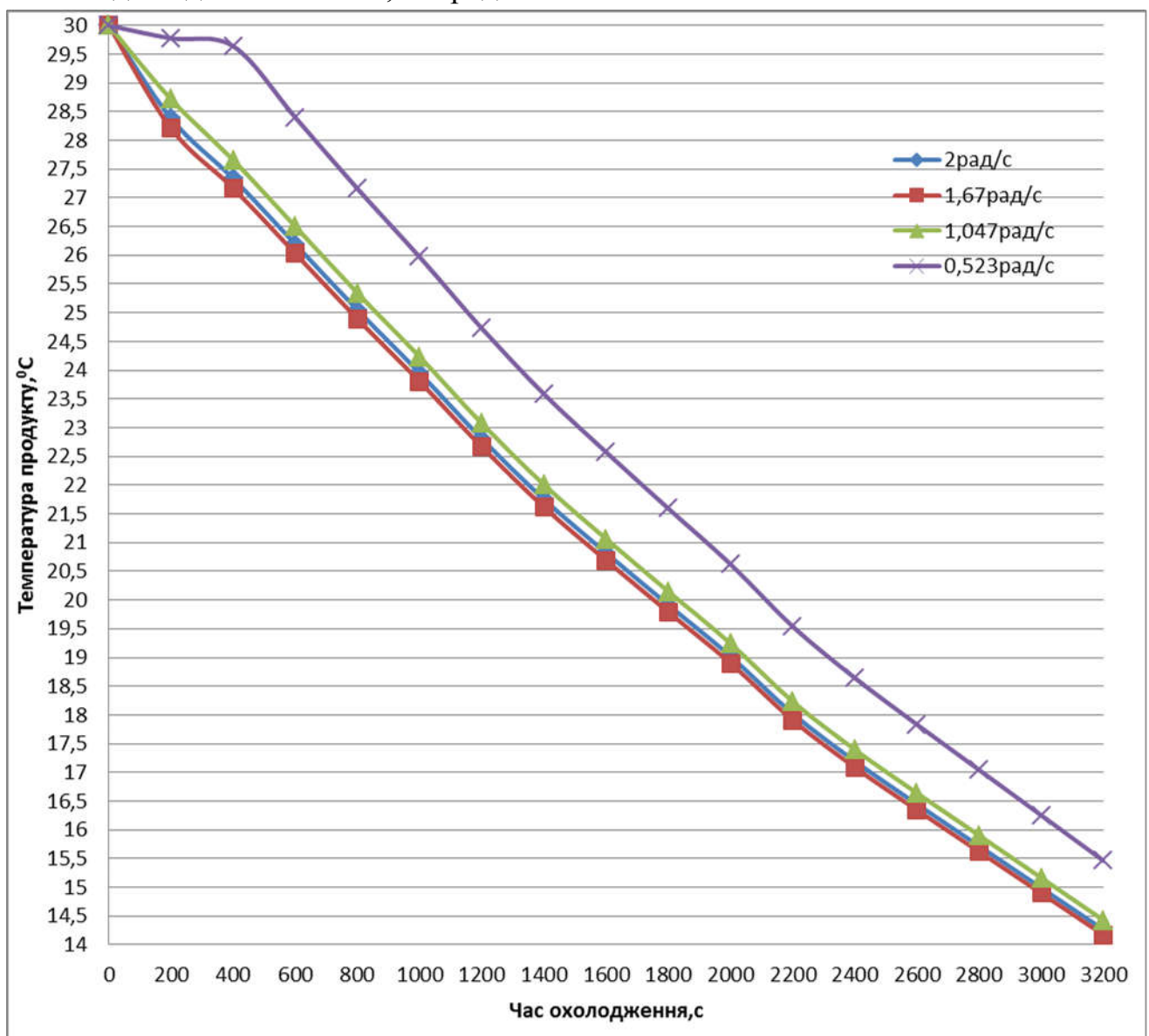


Дослід довів, що стандартний профіль мішалки більш ефективний.

### 3.2.3 ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ

Після підбору діаметра мішалки потрібно встановити для неї найбільш продуктивну кутову швидкість. Досліди проводимо з мішалкою  $\varnothing 2075\text{мм}$  послідовно змінюючи кутову швидкість в такій послідовності:

- 1 дослід= 5 об/хв.=0,523 рад/с
- 2 дослід= 10 об/хв.=1,047 рад/с
- 3 дослід= 16 об/хв.=1,67 рад/с
- 4 дослід= 20 об/хв.=2,094 рад/с

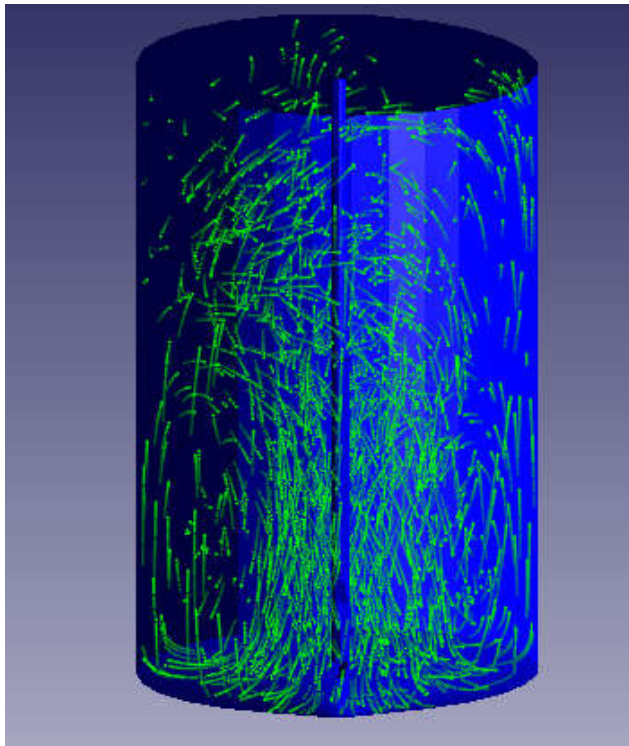


Найкращих результатів досягла мішалка при швидкості обертання 16об/хв.=1,67 рад/с. Температура охолодження за час дослідження досягла

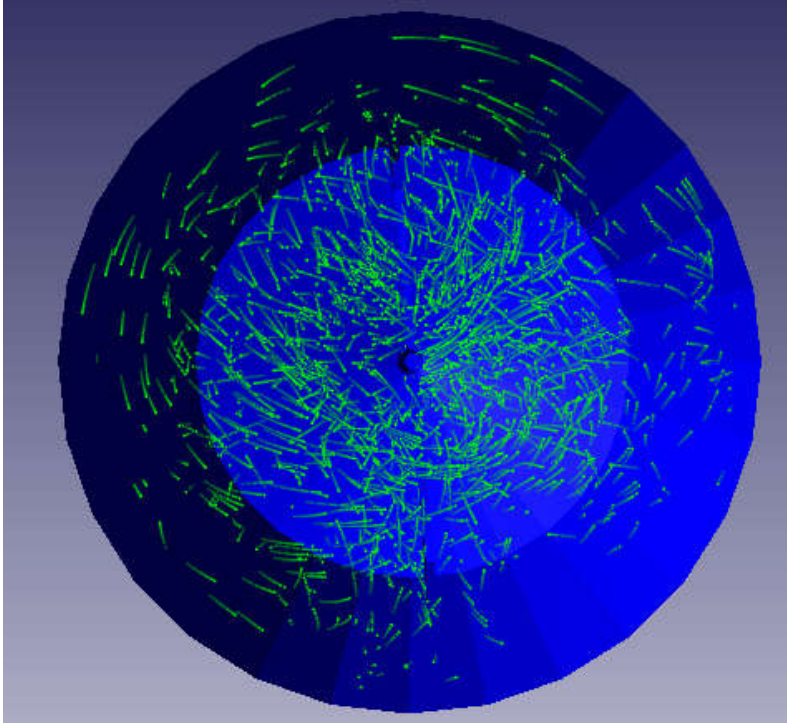
14,17 °C , а температури в 15<sup>0</sup>C досягла за 2970 секунд.

Для перевірки перемішування верхніх шарів продукту та візуалізації процесу перемішування створимо в постпроцесорі слой «Спалахи з швидкістю» та «Вектора швидкості»

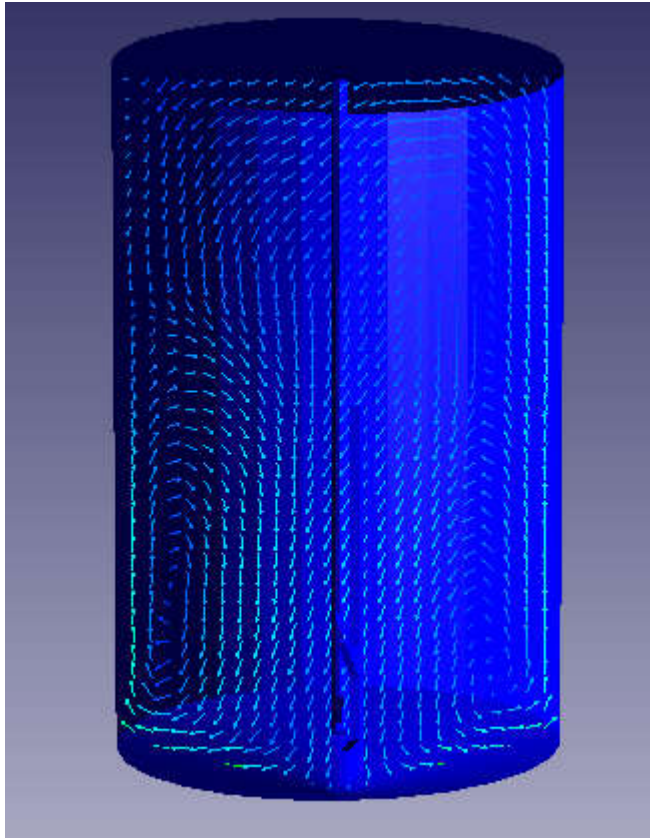
Дослідна частина та узагальнення результатів



Мал. 3.1 Спалахи з швидкості (вид спереду)



Мал. 3.2 Спалахи з швидкості (вид зверху)



Мал. 3.3 Вектора швидкості

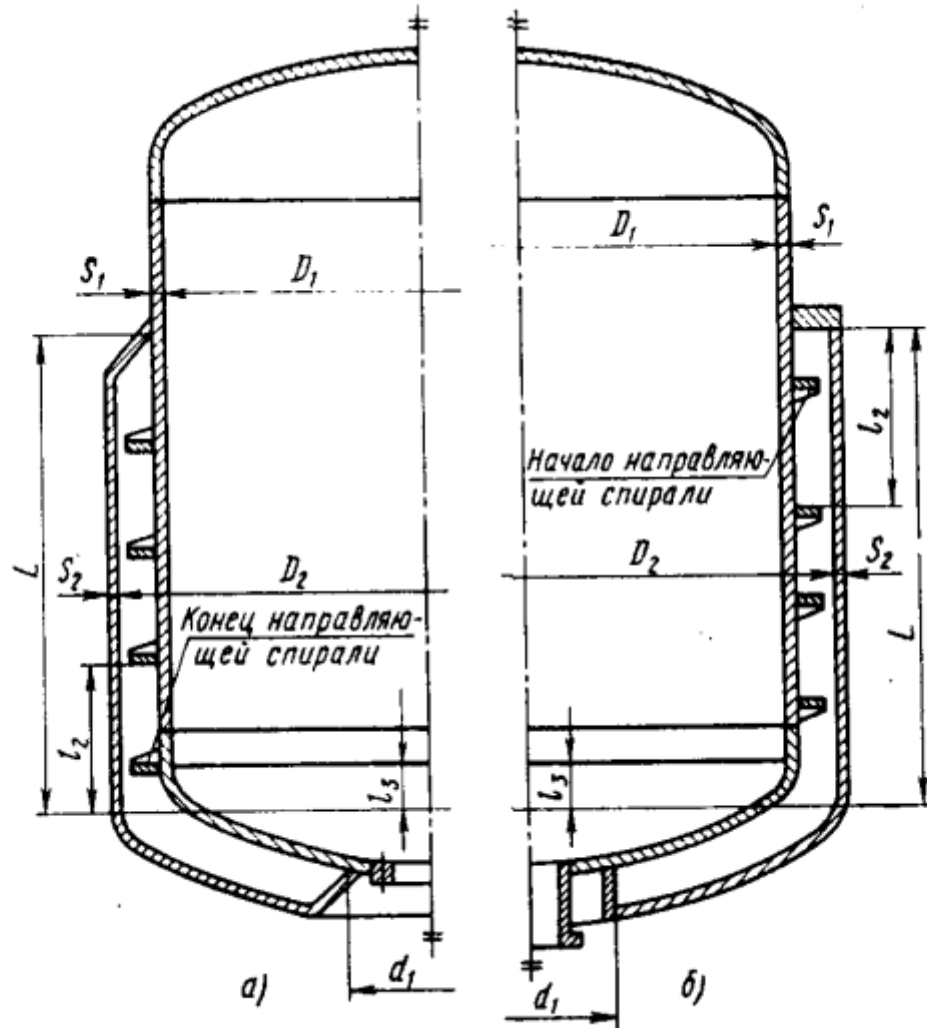
Візуально видно, що перемішування при обраних режимах та конструкції мішалки задовольняють потреби виробництва.

Після проведення дослідів в програмному комплексі FlowVision дійшли такі висновки для оптимальної роботи кристалізатора потрібно використовувати мішалку з  $\varnothing 2075\text{мм}$  та швидкості обертання  $16\text{об/хв.}=1,67\text{ рад/с}$  при цьому профіль лапаті мішалки повинен бути стандартним (прямокутним)

## 4. ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ.

### 4.1 ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ

Апарати з подвійними стінками (сорочки) використовують в харчовій промисловості як гріючі ( охолоджуючі ) посудини для проведення хімічних реакцій.



Мал 4.1 Апарат з подвійною стінкою.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва Обґрунтування модернізації	150589.MP.01.004 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.	Інд. змін.	Дата видання	Мова а уа	Аркуш 1/6	

Для забезпечення більш інтенсивної тепловіддачі від стінки до вмісту апарату всередині нього розташовують механічну мішалку . Поверхня теплообміну сорочок обмежена площею стінок і днища апарату і зазвичай не перевищує 10 м<sup>2</sup>. Тиск охолоджуючої рідини в сорочці може становити 0,6 - 1,0 МПа.

Зручність здійснення охолодження за допомогою охолоджувальної сорочки полягає в основному в тому , що є можливість повного очищення внутрішніх поверхонь апарату , на яких часто утворюються наліт , кристалізуються продукт або домішки.

Кріплення сорочки до апарату може бути рознімним і не рознімним . Роз'ємне кріплення застосовують при необхідності в періодичних оглядах зовнішньої поверхні апарату і при неможливості застосування зварювання корпусу апарату з сорочкою , наприклад в чавунних апаратах або з кольорових металів і сплавів.

Мішалки застосовують в основному для наступних цілей:

1 ) отримання однорідних розчинів при змішуванні добре розчинних одна в іншій рідин;

2 ) отримання емульсій при змішуванні нерозчинних одна в іншій рідин;

3 ) прискорення хімічної реакції ( при перемішуванні рідин або рідини і твердих частинок , поверхня контакту збільшується ) ;

4 ) інтенсифікації теплопередачі ( при перемішуванні рідини створюються конвективні струми і вихори ) ;

5 ) прискорення процесу розчинення при перемішуванні рідини і твердих частинок;

6 ) отримання суспензій при перемішуванні рідини і порошкоподібного твердого матеріалу.

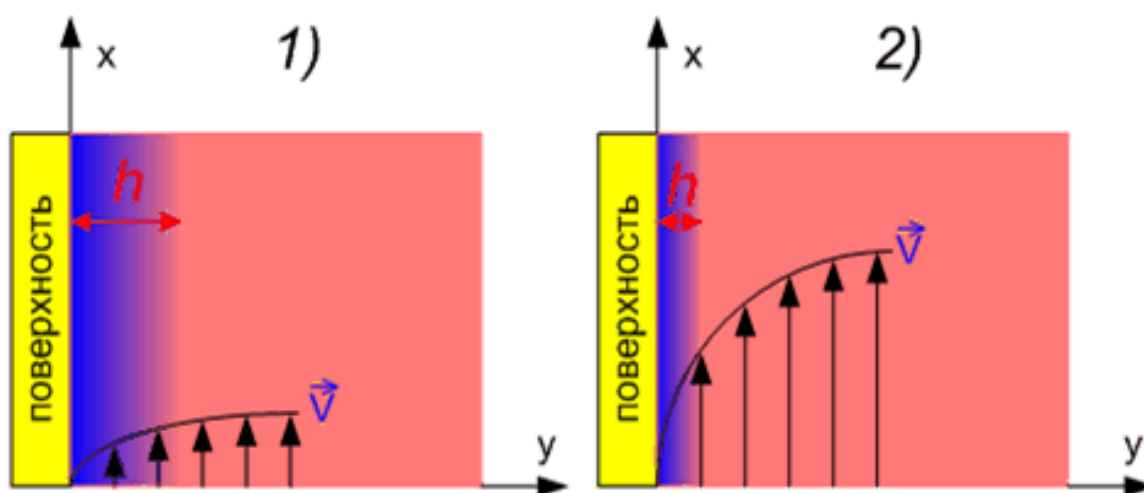
Мішалки є одним з основних елементів апарату для перемішування рідких середовищ. Вони призначені для передачі механічної енергії від динамічних елементів апарату до перемішувального середовища .

## **4.2 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В ПОГРАНИЧНОМУ ШАРІ**

Пограничний шар ( ПШ) , область течії в'язкої рідини є малою в порівнянні з поздовжніми розмірами поперечної товщиною , що утворюється у поверхні обтіканню твердого тіла або на межі розділу двох потоків рідини з різними швидкостями , температурами або хімічним складом. ПШ характеризується різкою зміною в поперечному напрямку швидкості (динамічний ПШ) , або температури (тепловий , або температурний , ПШ) , або ж концентрацій окремих хімічних компонентів ( дифузійний , або концентраційний , ПШ) . На формування течії в ПШ основний вплив роблять в'язкість , теплопровідність і дифузійна здатність рідини . Усередині динамічного ПШ відбувається плавне зміна швидкості від її значення в зовнішньому потоці до нуля на стінці (внаслідок прилипання в'язкої рідини до твердої поверхні). Аналогічно всередині ПШ плавно змінюються температура і концентрація .

У тепловому ПШ температура рідини безпосередньо біля стінки дорівнює температурі поверхні тіла. Якщо тіло обтікається рідиною з малою швидкістю , то всередині теплового ПШ відбувається монотонне зміна температури рідини від температури поверхні до температури зовнішнього потоку . Якщо ж тіло обтікається надзвуковим потоком газу , то всередині теплового ПШ внаслідок гальмування газу та переходу кінетичної енергії у внутрішню енергію молекул може виникати максимум температури.

Теплопередача в прикордонному шарі зазвичай передбачає перенесення енергії між поверхнею твердого тіла і прилеглого до неї рухомої рідини. Теплообмін передбачає комбінацію дифузії або руху молекул в рідині і макроскопічне рух рідини.

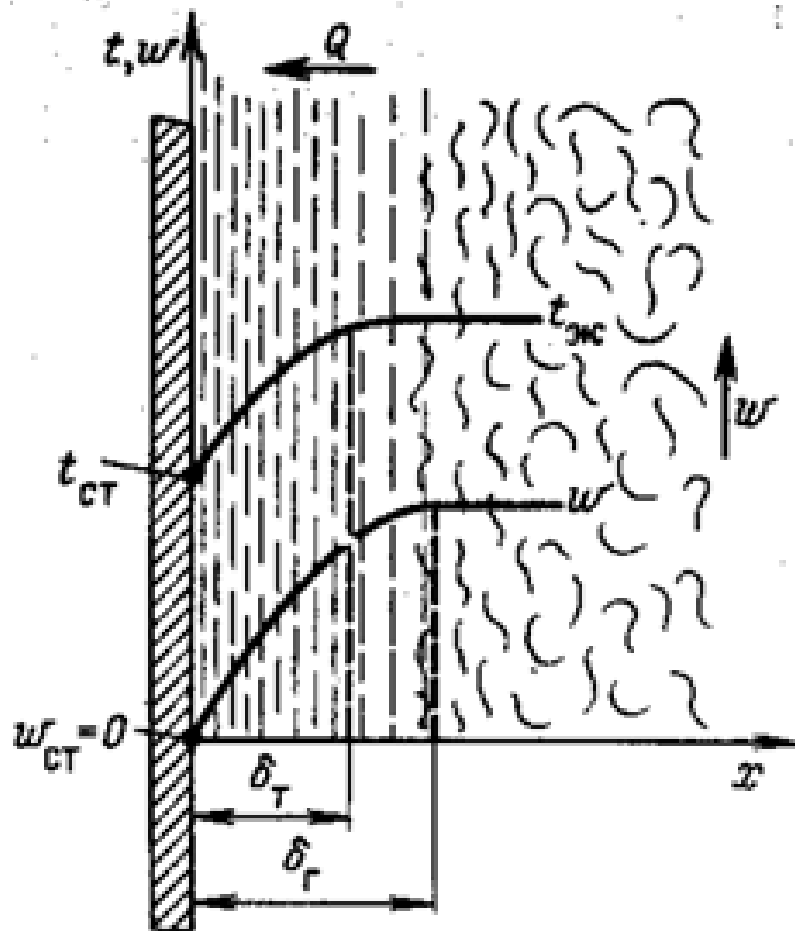


Мал. 4.2 Передача тепла в пограничному шарі

Малюнок 1 відображає теплопередачу в прикордонному шарі. Більший опір потоку тепла надає прикордонний шар з більш повільною швидкістю руху рідини. Зростання швидкості рідини, що проходить уздовж поверхні, зменшує ефективну товщину теплового ПШ в результаті опір тепловому потоку зменшується.[11]

При турбулентному режимі частки рідини, швидко рухаючись в поперечному перерізі потоку, що не вдаряються безпосередньо об стінку, а діють на прикордонний шар і віддають йому свою теплоту. Подальша передача теплоти стінці відбувається в основному шляхом теплопровідності. При цьому прикордонний шар являє собою основне опір процесу. Такий вид перенесення теплоти називають тепловіддачею. При ламінарному режимі прикордонний шар як би розростається до заповнення всього перерізу каналу шаруватої струменем, і конвекція зводиться до одного напрямку - паралельного стінці. При цьому перенесення теплоти до стінки визначається в основному теплопровідністю.

Теплопровідність і конвекція - два зовсім різних фізичних процесу. Теплопровідність - явище молекулярне, конвекція - явище макроскопическое при якому в перенесенні теплоти беруть участь цілі верстви теплоносія з різними температурами. Цілком очевидно, що конвекцією теплота переноситься набагато швидше, ніж теплопровідність, тому розвиток турбулентності сприяє прискоренню конвективного переносу теплоти.



Мал. 4.3 Гідродинамічний та теплової граничні шари в- турбулентному потоці.

наявність гідродинамічного прикордонного шару поблизу поверхні стінки призводить до виникнення в ньому великого перепаду температур при теплопереносі (мал. 4.3 ), тобто утворенню теплового прикордонного шару завтовшки  $\delta_t$ , значення, якої зазвичай не збігається з товщиною гідродинамічного прикордонного шару  $\delta_{\Gamma}$ . Очевидно, що високі швидкості теплоносія, інтенсивне перемішування викликають як би « здирання » прикордонних шарів, покращуючи цим умови тепловіддачі.

Теоретично товщину прикордонного теплового шару можна розрахувати тільки для найпростіших випадків теплопереносу. Тому використання рівняння теплопровідності Фур'є для опису процесу важко, так як невідомий закон розподілу температур -  $\partial t / \partial L$  - в прикордонному шарі.

Тепловіддачу, так само як і конвекцію, підрозділяють на вільну, або природну ( рух рідини відбувається внаслідок різниці щільності в різних точках рідини), і вимушену, або примусову ( рух рідини відбувається внаслідок витрати на цей процес енергії ззовні за допомогою насоса, мішалки і т. п.).

Зазвичай розрахунок швидкості процесу , тепловіддачі здійснюють за допомогою емпіричного закону охолодження Ньютона або рівняння тепловіддачі:

$$d^2Q = \alpha(t_{ж} - t_{см})dFdt. \quad (4.1)$$

У цьому рівнянні  $\alpha$  - коефіцієнт пропорційності , або коефіцієнт тепловіддачі. При сталому процесі для всієї поверхні тепловіддачі  $F$  рівняння приймає вигляд:

$$Q = \alpha(t_{ж} - t_{см})F\tau. \quad (4.2)$$

Знайдемо розмірність коефіцієнта тепловіддачі :

$$[\alpha] = \left[ \frac{Q}{F(t_{ж} - t_{см})\tau} \right] = \left[ \frac{Дж}{м^2 Кс} \right] = \left[ \frac{Вт}{м^2 К} \right]. \quad (4.3)$$

Таким чином , коефіцієнт тепловіддачі показує , яка кількість теплоти передається від теплоносія до 1 м2 поверхні стінки (або від стінки поверхнею 1 м2 до теплоносія ) в одиницю часу при різниці температур між теплоносієм і стінкою 1 град.

На відміну від коефіцієнта теплопередачі  $K$  коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$  характеризує швидкість перенесення теплоти в теплоносії . Коефіцієнт тепловіддачі залежить від багатьох факторів: режиму руху і фізичних властивостей теплоносія ( в'язкості , щільності , теплопровідності і т.д.) , геометричних параметрів каналів ( діаметра , довжини) , стану поверхні омиваних теплоносіями стінок ( шорстка , полірована і т.п.) . Таким чином , коефіцієнт тепловіддачі є функцією багатьох змінних , і простота рівняння тільки здається, оскільки отримати аналітичну залежність для визначення  $\alpha$  дуже складно.

Для кристалізатора сироватки з чіткими розмірами в дослідницькій частині було визначено оптимальні геометричні розміри та кутову швидкість перемішувального пристрою, що забезпечує максимальну тепловіддачу при оптимальних критерія Рейнольса та коефіцієнт Нуссельта в пограничному шарі.

## 5. УСТРІЙ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ.

Станція кристалізації призначена для кристалізації лактози (молочного цукру), що міститься в згущеній сироватці з утворенням кристалів розміром не більше 20 мікрон . Попередня кристалізація лактози полегшує процес розпилювального сушіння і забезпечує отримання якісної сухої сироватки без присмаку мучнистості і придатної для тривалого зберігання. Основа процесу – попереднє миттєве пониження температури продукту з 50° С до 30° С в вакуумному охолоджувачі та поступове охолодження в кристалізаторах з 30° С до 15° С на протязі 10 годин з безперервним перемішуванням.

Механічне перемішування здійснюється в апаратах із загальною назвою «апарати з мішалками». Якірні мішалки створюють головним чином окружний потік рідини (рідина обертається навколо осі апарата) та створюють потоки рідини від дна до стінок апарату це забезпечує циркуляцію рідини в апараті.

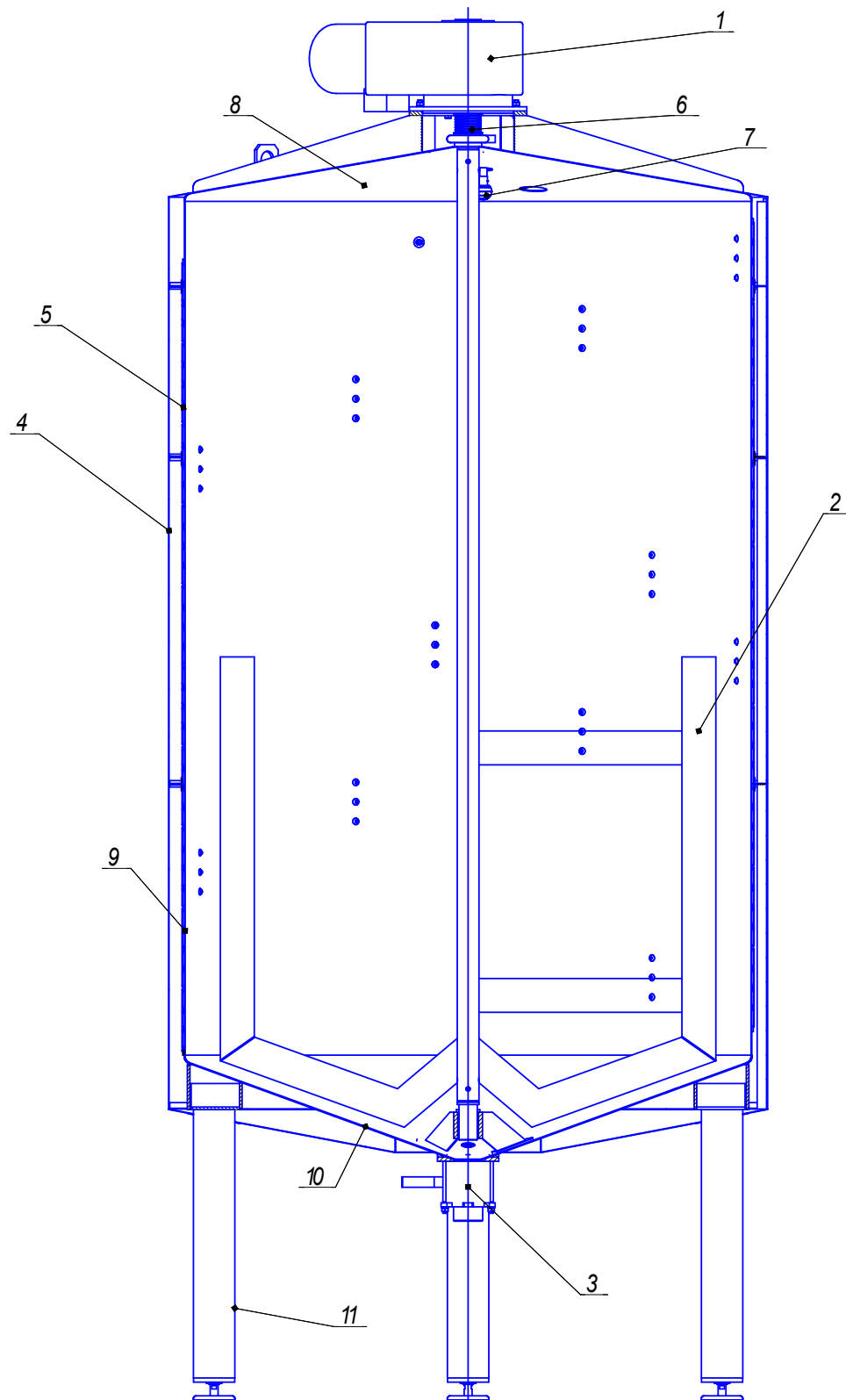
Мішалки застосовують в основному для наступних цілей:

- 1 ) отримання однорідних розчинів при змішуванні добре розчинних одна в іншій рідин;
- 2 ) отримання емульсій при змішуванні нерозчинних одна в іншій рідин;
- 3 ) прискорення хімічної реакції ( при перемішуванні рідин або рідини і твердих частинок , поверхня контакту збільшується) ;
- 4 ) інтенсифікації теплопередачі ( при перемішуванні рідини створюються конвективні струми і вихори ) ;
- 5 ) прискорення процесу розчинення при перемішуванні рідини і твердих частинок;
- 6 ) отримання суспензій при перемішуванні рідини і порошкоподібного твердого матеріалу.

Кристалізатор сироватки періодичного типу роботи оснащений перемішувальним пристроєм (якірною мішалкою), яка забезпечує перемішування

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування	150589.MP.01.005 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/4

продукту в ємкості. Перемішувальний комплекс складається з привода та самої мішалки.



Мал 5.1 Кристалізатор сироватки.

1- Привід ; 2- мішалка; 3- запірна арматура; 4- обшивка; 5- охолоджувальна сорочка; 6- сальникове ущільнення; 7- миюча головка; 8- кришка; 9- внутрішня стінка ; 10- днище; 11- ніжки.

Приводом для мішалки служить двигун-редуктор який встановлений на кришці апарата та кріпиться опорним фланцем на редукторі до стандартного на корпусі апарата. Вихідний вал редуктора полий з діаметром отвору 80мм та шпоночкою канавкою шириною 22мм. Кріплення вала мішалки здійснюється шпонкою в нижній частині полого вала та з підвіскою на болту, закріпленому в різьбовому отворі вала з опертям на верхній торець вала редуктора через шайбу.

Профіль мішалки вибраний з довідника. Вал мішалки – труба 83×7 мм з звареними цапфами під опору та ущільнення на виході вала з корпусу. Вал після зварювальних робіт проходить випробування на щільність. Отвори після заборнення водою та видалення повітря заварюються. Для розрахунку міцності мішалки розглядаються умови «заклинювання» і приймається максимальний крутячий момент на виході редуктора 2626 Нм. Труба вала практично входить в номінальне дотичне напруження скручування (448 кг/см<sup>2</sup> проти 440), на цапфі вала запас 12 %. При застосуванні сталі AISI 201 запас по міцності збільшиться до 1,35. З'єднання елементів рамної та лопастної частин мішалки з валом проводиться зварюванням.

Нижньою опорою для вала служить фторопластова втулка встановлена в корпус стаціонарного кронштейна.

На виході вала з корпусу встановлюється торцеве ущільнення. Торцеве ущільнення складається з нижньої нерухомої частини (диск з конічним зажимом ), верхньої – рухомої з валом (притискна втулка) , та ковзкої прокладки з фторопласту. Поверхні прилягання до фторопласту повинні бути шліфовані . Притискна втулка ущільнена на валу гумовим кільцем в проточці. Зусилля стискування пружини –6,25 кг.

Робота мішалки постійно контролюється системою автоматизації. Можливе налаштування різної частоти обертання завдяки частотному перетворювачі енергії яка подається на електродвигун. Ця ж система забезпечує плавний пуск мішалки вихід її в режим роботи та зупинки в разі аварійного стану. Обертання мішалки здійснюється по заданому алгоритмі: час роботи (обертання) в одну сторону, час простою та час роботи (обертання) в протилежну сторону. Цей режим роботи забезпечує перемішування продукту та досягнення максимального масообмінного процесу (дифузії) та загального кристалоутворення з потрібною величиною кристалів.

З початком надходження продукту в кристалізатор включається в роботу мішалка. Швидкість обертання 16 об/хв.. Час обертання в одному напрямі – 20 сек, час зупинки – 50сек. Час обертання в зворотному напрямі 20 сек.

При наборі 25% об'єму мішалка ( з умови безпеки) зупиняється і через люк вноситься затравка в кількості 0,03% від маси продукту в кристалізаторі (2,5кг). Продовжується перемішування та заповнення кристалізатора продуктом.

Через 2 години з початку заповнення продуктом включається система охолодження продукту. Пускається циркуляційний насос , подається в контур циркуляції лід води до досягнення заданої різниці температур – продукт - середня температура в сорочці охолодження.

По сигналу верхнього рівня здійснюється переключення подачі продукту з вакуумного охолоджувача на кристалізатор 2.

В апараті кристалізатора 1 продовжується охолодження. Режим охолодження визначається початковою 30° С та кінцевою 15 ° С температурами та часом охолодження 10 годин. Після досягнення нижнього рівня температури подача льоду води в контур охолодження припиняється, виключається циркуляційний насос.

Апарат знаходиться в стані зберігання охолодженої кристалізованої сироватки. Для запобігання випадінню кристалів продовжується перемішування продукту.

## 6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 6.1 РОЗРАХУНОК МІШАЛКИ

Метою розрахунку мішалки є підбір необхідної конструкції мішалки для заданих речовин, а також розрахунок конструктивних розмірів мішалки, визначення її показників; розрахунок мішалки на вигин і опір; розрахунок апарата на міцність у місці перемішування.

Вихідними даними для розрахунку є: діаметр  $D$  і робочі параметри апарата (робочий тиск, температура), його вага ( $G_1$ ); вид, фізико-хімічні властивості ( $\rho$ ,  $\mu$ ) і вага ( $G_2$ ) середовища, що перемішується, а також секундна витрата ( $Q$ ) і лінійна швидкість ( $w$ ) середовища, що протікає через апарат.

Послідовність виконання розрахунку:

1. Залежно від в'язкості середовища  $\mu$  і її виду вибираємо тип мішалки якірної за табл. 31.1 [2], її колову швидкість обертання  $\omega$  і частоту обертання  $n$  за табл. 31.2 і 31.3 [2];

2. Знаючи діаметр апарата  $D$ , визначаємо діаметр мішалки  $d_M$  за формулами, наведеними в довідковій літературі [2, табл. 31.1] для кожного типу перемішувального пристрою;

$$d_M = \frac{D_B}{(1,02 \div 1,15)}; \quad (1.0)$$

$$d_M = \frac{2170}{(1,02 \div 1,15)} = 2128 \div 1887 \text{ мм}$$

де,  $D_B$  – діаметр апарата, мм

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	150589.MP.01.006 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/17

Діаметр якірної мішалки приймаємо 1900мм=1,9м

3. Визначаємо число Рейнольдса за формулою

$$Re = \frac{\rho_c \cdot \omega \cdot d_M^2}{\mu_c}; \quad (1.1)$$

$$Re = \frac{1200 \cdot 0,33 \cdot 1,9^2}{10 \cdot 10^{-3}} = 1,43 \cdot 10^5$$

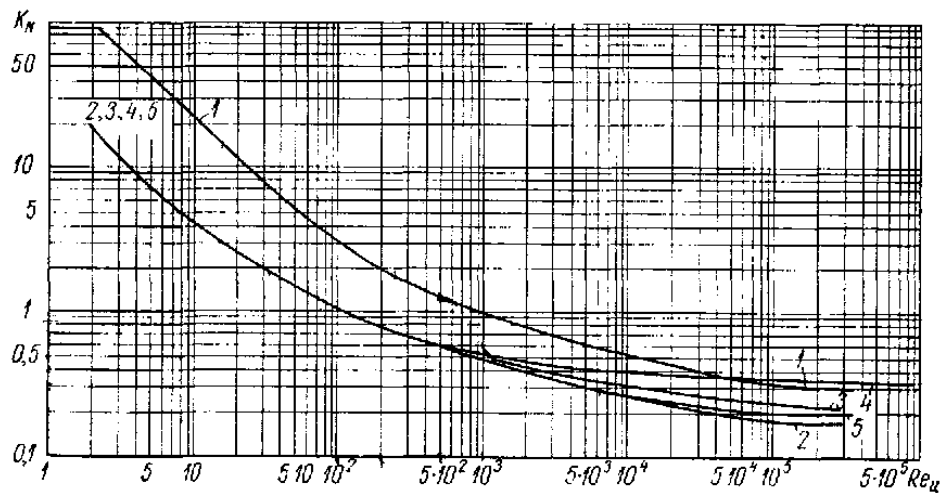
де,  $\mu_c$ - динамічний коефіцієнт в'язкості продукту; Н\*сек/м<sup>2</sup>

$\rho_c$  – густина перемішу вального продукту, для згущеної сироватки;

$\omega$  – частота обертання мішалки, для обраного нами мотор – редуктора з частотним керуванням максимальне число;

$n = 20$  об/сек

4. Визначаємо критерій потужності залежно від критерію Рейнольдса і типу мішалки;  $K_H = 3,5$



Мал. 6.1 Визначення критерія потужності якірних мішалок (1) залежно від критерію Рейнольдса

Визначаємо потужність, Вт, необхідну для перемішування, за формулою:

$$N_M = K_H \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot d_M^5; \quad (1.2)$$

$$N_M = 0,35 \cdot 1200 \cdot 0,33^3 \cdot 1,9^5 = 373,7 \text{ Вт}$$

6. Розраховуємо номінальну потужність, Вт на валу електродвигуна за формулою:

$$N_e = \frac{N_M + N_T}{\eta}, \quad (1.3)$$

$$N_e = \frac{373,7 + 67,3}{0,9} = 490 \text{ Вт}$$

де,  $N_T$  — потужність, Вт, що витрачається на тертя:

$$N_T = 0,18 \cdot N_M; \quad (1.3.1)$$

$$N_T = 0,18 \cdot 373,7 = 67,3 \text{ Вт}$$

$\eta$  — К.К.Д привода, обумовлений залежно від його конструкції (для нормалізованих приводів  $\eta=0,9 \div 0,96$ ), прийняти  $\eta=0,9$ ;

7. За значенням потужності і кутової швидкості, з урахуванням апарата, вибираємо за табл.32.1 [2] тип привода, а за табл.32.5-32.7[2] — розміри привода і типорозмір мотор-редуктора. Характеристика привода з кінцевою опорою, мотор редуктор типу NORD SK9052,1 AXF

8. Визначаємо діаметр вала, м перемішуючого пристрою за формулою

$$d = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{\tau_{доп}}}, \quad (1.4)$$

$$d = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{177,95}{64 \cdot 10^6}} = 0,024 \text{ м}$$

Приймаємо встановлення трубовала  $d = 83 \times 7 \text{ мм}$

де,  $M_{кр}$  - розрахунковий крутний момент, Н·м;

$\tau_{доп}$  — допустиме напруження на крутіння для обраного матеріалу вала, Па

$$M_{кр} = \frac{N_{кр}}{\omega}, \quad (1.5)$$

$$M_{кр} = \frac{373,7}{2.1} = 177,95 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\tau_{доп} = 0,4 \cdot \sigma_{доп};$$

$$\tau_{доп} = 0,4 \cdot 160 = 64 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де,  $\sigma_{доп}$  – нормативне допустиме навантаження на крутіння, МПа, знаходиться по [4] залежно від температури.

9. Перевіряємо робочий орган на міцність у небезпечному перерізі, з умови роботи його на вигін, за формулами

$$\sigma_u = \frac{M_e}{W} \leq \sigma_{i,доп}; \quad (1.6)$$

$$\sigma_u = \frac{120,7}{4,24} = 28,4 \text{ МПа} \leq \sigma_{i,доп}$$

де,  $\sigma_{i,доп}$  – нормативне напруження на вигін, МПа, що допускається, знаходиться по [4] залежно від температури.

$W$  – розрахунковий момент опору відповідного перетину лопаті, при вигині її в напрямку обертання,  $\text{м}^3$ , визначається за формулою

$$W = \frac{b \cdot s^2}{6}; \quad (1.7)$$

$$W = \frac{0,130 \cdot 0,014^2}{6} = 4,24 \text{ м}^2$$

де  $S$  – обрана товщина лопаті, м. Для якірних  $s = 12 \div 18 = 14$  мм

$$M_e = \sqrt{M^2 + 4(M_{кр})^2}; \quad (1.8)$$

$$M_{\epsilon} = \sqrt{120,7^2 + 4(0,33)^2} = 120,71 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

де  $M_{\epsilon}$  – розрахунковий момент у місці приєднання лопаті до маточини, Н·м;

$M_{кр}$  – розрахунковий крутний момент, що виникає у місці приєднання лопаті до ступиці Н·м;

$M$  – згинальний момент, Н·м, що діє на лопать в місці приєднання її до маточини, обчислені за формулами

$$M = 0,0813 \cdot \frac{N_{\epsilon}}{n}; \quad (1.9)$$

$$M = 0,0813 \cdot \frac{490}{0,33} = 120,71 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{кр} = 0,0542 \cdot \left[ \frac{(0,5 \cdot d_M)^3 - (0,5 \cdot d_M - b)^3}{(0,5 \cdot d_M)^4 - (0,5 \cdot d_M - b)^4} \right] \cdot \frac{(h-b) \cdot N_{\epsilon}}{(1+a) \cdot n}; \quad (1.10)$$

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 0,0542 \cdot \left[ \frac{(0,5 \cdot 1,9)^3 - (0,5 \cdot 1,9 - 0,130)^3}{(0,5 \cdot 1,9)^4 - (0,5 \cdot 1,9 - 0,130)^4} \right] \cdot \frac{(0,38 - 0,130) \cdot 490}{(1 + 49,8) \cdot 0,33} \\ &= 0,3342 \text{ Н}\cdot\text{м} \end{aligned}$$

де,  $b$  – ширина мішалки, м, дорівнює  $b = 0,1 \cdot d_M$ ,  $b = 0,130$  м;

$h_M$  – висота лопаті, м, дорівнює  $h_M = 0,2 \cdot d_M$ ,  $h_M = 0,2 \cdot 1,9 = 0,38$  м

$\alpha$  – виправний коефіцієнт, визначається за формулою

$$\alpha = \frac{b}{h \cdot \left[ \left( \frac{0,5 \cdot d_M}{0,5 \cdot d_M - b} \right)^4 - 1 \right]}; \quad (1.11)$$

$$\alpha = \frac{0,13}{0,38 \cdot \left[ \left( \frac{0,5 \cdot 1,9}{0,5 \cdot 1,9 - 0,13} \right)^4 - 1 \right]} = 49,83$$

## 6.2 РОЗРАХУНОК АПАРАТА

Метою розрахунку апарата є визначення товщини обичайок корпуса і товщини стінки еліптичного днища, а також підбір опор для апарата, визначення діаметра патрубку штуцера і перевірка корпуса апарата на місцеву стійкість у стиснутій зоні.

Розрахунок апарата виконуємо в наступній послідовності:

1. За заданою температурою і концентрацією середовища за [2] вибираємо марку сталі. Перевіряємо можливість використання обраної марки сталі на роботу під робочим тиском в апараті за [2, с.28]; Вибрана марка сталі Х18Н10Т, стійка до агресивного середовища на середніх температурах.

2. Визначаємо допустиме напруження, МПа при температурі робочого середовища  $t$  за [4, табл.2];

3. Знаходимо виконавчу товщину обичайки корпуса апарата, м, за формулою:

$$S = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \sigma_{доп} \cdot \varphi - P_p} + C + C_1, \quad (2.1)$$

$$S = \frac{0,0381 \cdot 2,17}{2 \cdot 152 \cdot 1 - 0,038} + 0,001 + 0,0037 = 0,0012 \text{ м}$$

де  $P_p$  – розрахунковий тиск, МПа;

$$P_p = \rho g H,$$

$$P_p = 1200 \cdot 9,8 \cdot 3,24 = 0,0381 \text{ МПа},$$

$\rho$  – густина продукту,  $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g=9,8 \text{ м/с}^2$

$H$  - висота стовпа рідини,  $H=3,24$  м

$D$  – діаметр апарата, м;

$\sigma_{\text{доп}}$  – допустиме напруження, МПа;

$\varphi$  – коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва ( $\varphi=1$ );

$C$  – збільшення до розрахункової товщини обичайки на компенсацію корозії;

$C_1$  – додаткове збільшення.

Коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва приймаємо  $\varphi=1$  для стикових і таврових з'єднань, виконуваних автоматичним електрозварюванням. Збільшення на компенсацію корозії визначаємо за формулою:

$$C = \Pi \cdot \tau_a, \quad (2.2)$$

де,  $\Pi$  – проникливість матеріалу;  $\Pi=0,0001$  м/р

$\tau_a$  – прийнятий термін експлуатації апарата;

Додаткове збільшення  $C_1$  приймаємо для округлення до стандартної, отриманої при розрахунку товщини листа, з якого виготовляють обичайки. Стандартні товщини листків вибирають за нормативною літературою. Прийнято, що шви виконують автоматичним зварюванням, коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва  $\varphi=1$ . Проникливість даної марки приймають рівною 0,0001 м/рік, а термін служби 10 років. Виходячи з цих даних, визначаємо збільшення на компенсацію корозії.

Уточнюємо за [1, с.33] або за табл.8 наявність стандартного листа товщиною  $S_1$  і за різницею між  $S_1$  і  $S$  визначаємо додаткове збільшення  $C_1$ .

$$C_1 = S_1 - S;$$

$$C_1 = 0.005 - 0.0012 = 0.0037 \text{ м};$$

Таблиця – Виконавча товщина циліндричних обичайок

S1,мм	2	3	4	5
Д, мм	400	Понад 400 до 1000	Понад 1000 до 2000	Понад 2000 до 4000

4. За відомою вагою апарата ( $G_1=25000$  Н) і вагою його вмісту ( $G_2$ ) визначаємо навантаження на одну опору, Н, за формулою

$$N = \frac{G_1 + G_2}{2}; \quad (2.3)$$

$$N = \frac{25000 + 149338}{2} = 87169 \text{ Н}$$

$$G_2 = (V_k + V_c) \cdot \rho;$$

$$G_2 = (0,46 + 11,97) \cdot 1200 = 149338 \text{ Н}$$

де,  $V_c = \pi r^2 h = 3.14 \cdot 1.085^2 \cdot 3.24 = 11,97 \text{ м}^3$  – об'єм циліндричної частини апарата.

$V_k = \frac{1}{3} \cdot (\pi r^2 h) = \frac{1}{3} \cdot (3.14 \cdot 1.085^2 \cdot 0.38) = 0.46 \text{ м}^3$  – об'єм конусної частини апарата.

за величиною навантаження на одну опору в табл.29.11 [2] підбираємо опору під апарат;

5. Перевіряємо корпус на місцеву стійкість у стиснутій зоні за формулою

$$M \leq M_{\text{max}}; \quad (2.4)$$

де  $M$  – згинальний момент,  $MН \cdot м$ , визначаємо за формулою

$$M = \frac{G \cdot L}{8} - \frac{G \cdot l_0}{4}, \quad (2.5)$$

$$M = \frac{0.17 \cdot 2.1}{8} - \frac{0.17 \cdot 1}{4} = 0.0021 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

де  $L$  – загальна довжина апарата;

$G$  – сила ваги апарата із середовищем при його гідравлічних випробуваннях;

$$G = G_1 + G_2;$$

$$G = 25000 + 149338 = 174338 \text{ Н} = 0.17 \text{ МН}$$

$l_0$  – відстань між опорами.

$L$  і  $l_0$  – визначаємо за таблицею 1 [5].

$M_{\text{доп}}$  – згинаючий момент, що допускається, МН · м, знаходимо за формулами

$$\text{При } \frac{D}{2(S-C)} \geq 0.23 \frac{E}{\sigma_m}; \quad (2.6)$$

$$\frac{2.17}{2(0.005 - 0.001)} \geq 0.23 \frac{200000}{220} = 271 \geq 209.09$$

$$M_{\text{доп}} = 0,785 \cdot k_{\text{к}} \cdot E \cdot D \cdot (S - C)^2; \quad (2.7)$$

$$M_{\text{доп}} = 0,785 \cdot 0.17 \cdot 200000 \cdot 2.17 \cdot (0.005 - 0.001)^2 = 0.9266 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

де  $D$  – діаметр апарата, м;

$S$  – товщина стінки кожуха, м;

$C$  – виправлення на корозію, м;

$E$  – модуль поздовжньої пружності, МПа, знаходять залежно від марки сталі й температури за табл. 3 [1];

Сталі	Модуль повздовжньої пружності $10^{-5} E(\text{МПа})$ при температурі, °С.						
	20	100	150	200	250	300	350
Вуглецеві	1,99	1,91	1,86	1,81	1,76	1,71	1,64
Леговані	2,00	2,00	1,99	1,97	1,94	1,91	1,86

$\sigma_T$  – мінімальне значення межі текучості за [2]  $\sigma_m = 220$ .

Коефіцієнт  $k_u$  вибирають

Залежно від відношення  $\frac{D}{2(S-C)}$

$\frac{D}{2(S-C)}$	Від	0	25	50	75	100	150	200
		$E/\sigma_T$	0,23*					
$k_u$	До	0,170	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Знаходимо товщину стінки еліптичного днища за формулою,

$$S_1 = \frac{F_p \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{доп}} - 0,5 \cdot F_p} + C + C_1; \quad (2.11)$$

$$S_1 = \frac{0,038 \cdot 3,09}{2 \cdot 1 \cdot 152 - 0,5 \cdot 0,038} + 0,001 + C_1 = 0,0014 + C_1$$

$$S_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}, C_1 = 0,0036 \text{ м}$$

де  $R$  – радіус кривизни еліптичного днища, м, знайдений за формулою

$$R = \frac{D^2}{4H^2};$$

$$R = \frac{2,17^2}{4 \cdot 0,38} = 3,09 \text{ м}$$

6. Визначаємо діаметр патрубку штуцера за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot w}} ; \quad (2.12)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,005}{3,14 \cdot 1}} = 0,079 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний патрубок  $D = 100$  мм

де  $Q$  – секундна витрата рідини,  $\text{м}^3/\text{с}$ , визначаємо з завдання;  
Для запобігання наповнення апарату миючим розчином під час мийки,  
потрібно встановити патрубок з запасом 20%. Мийка апарату здійснюється 3  
форсунками витратна кількість рідини кожної  $5 \text{ м}^3/\text{год}$ .

$$Q_{\text{фор}} = \frac{5 \cdot 3}{3600} \cdot 1,2 = 0,005 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$w$  – лінійна швидкість,  $\text{м}/\text{с}$ .  $w = 1 \text{ м}/\text{с}$

### 6.3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК АПАРАТУ

Рівняння теплового балансу для кристалізатора

$$Q_{\text{зг.сир.}} = Q_{\text{ох.реч.}} + Q_{\text{втр}}$$

де  $Q_{\text{зг.сир.}}$  – кількість теплоти, що входить в апарат з згущеною сироваткою. Вт

$Q_{\text{ох.реч.}}$  – кількість теплоти що виходить з апарату з охолоджувальною речовиною. Вт

$Q_{\text{втр}}$  – кількість теплоти яке втрачається в навколишнє середовище ( Вт)  
тобто тепло віддане гарячим теплоносієм частково передається холодному теплоносію, а частково втрачається на компенсацію втрат в навколишнє середовище.

В теплообмінних апаратах втрати тепла, як правило, невеликі (не більше

2-3%) і ними можна знехтувати. Тоді рівняння теплового балансу прийме вигляд:

$$Q = Q_{зг.сир.} = Q_{ох.реч}$$

$$\text{або } Q = G(I_1 - I_2) = g(i_2 - i_1) \quad (3.1)$$

де  $G$  – кількість гарячого теплоносія (продукту що знаходиться в апараті), кг

$g$  – кількість холодного теплоносія (охолоджувальна вода), кг

$I_1$   $I_2$  та  $i_1$   $i_2$  – початкові та кінцеві ентальпії гарячого та холодного теплоносіїв.

Якщо в апараті відбувається охолодження гарячого теплоносія, то

$$I_1 = CT_1 \text{ і } I_2 = CT_2 \quad (3.2) \text{ і } (3.3)$$

$$I_1 = 3900 \cdot 30 = 117000 \text{ кДж/кг};$$

$$I_2 = 3900 \cdot 15 = 58500 \text{ кДж/кг}$$

де  $C$  – питома теплоємність гарячого теплоносія (згущеної сироватки)  
 $C=3900$  Дж/кг град;

$T_1=30$  °C і  $T_2=15$ °C – температура теплоносія на вході в апарат і на виході з нього.

$$\text{Тоді } Q_{\text{прод.}} = GC(T_1 - T_2) \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{прод}} = 149338 \cdot 3900(30 - 15) = 8736,276 \text{ МВт}$$

1. З рівняння визначимо скільки потрібно холодного теплоносія для охолодження продукту.

$$g = \frac{Q}{c \cdot (t_2 - t_1)}; \quad (3.5)$$
$$g = \frac{8736,276 \cdot 10^6}{4190 \cdot (10 - 0)} = 208503 \text{ кг}$$

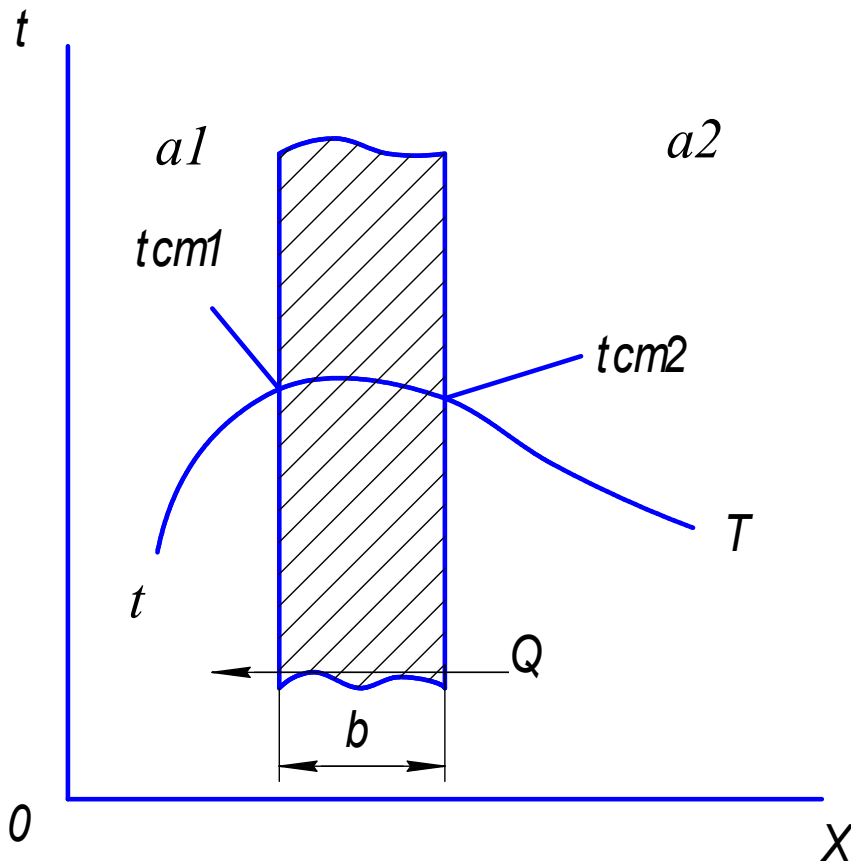
Процес кристалізації триває 10 год, тобто витрати води за 1 год складає 20,8 м<sup>3</sup>

де  $C$  – питома теплоємність холодного теплоносія (води)  $C=4190$  Дж/кг град;

$t_2 - t_1$  – кінцева та початкова температура холодного теплоносія. °C

Передача тепла через плоску стінку від холодного теплоносія до гарячого. Характер зміни температур представлений на мал 1

В шарі холодного теплоносія температура змінюється від  $T$  до  $t_{\text{ст}1}$ , по товщині стінки від  $t_{\text{ст}1}$  до  $t_{\text{ст}2}$  і в шарі гарячого теплоносія від  $t_{\text{ст}2}$  до  $t$ .



Мал. 6.2. Передача тепла через плоску стінку.

2. Передача від холодного теплоносія до стінки:

$$Q_1 = \alpha_1 F(t_{\text{ст}1} - T); \quad (3.6)$$

$$Q_1 = 1721 \cdot 20,4(9,375 - 5) = 153966,7;$$

3. Передача холоду по стінці:

$$Q_{\text{см}} = \frac{\lambda}{\delta} F(t_{\text{ст}2} - t_{\text{ст}1}) \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{см}} = \frac{16}{0,005} 20,4(18,12 - 9,3) = 572359$$

4. Передача холоду від стінки до продукту.

$$Q_2 = \alpha_2 F(T - t_{\text{ст}2}); \quad (3.8)$$

$$Q_2 = 595,5 \cdot 20,4(22,5 - 18,125) = 53258$$

де  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  – коефіцієнти тепловіддачі від холодного теплоносія до стінки і від стінки до холодного теплоносія(продукту). в Вт/(м<sup>2</sup>·К)

5. Визначимо площу теплообміну:

150589.MP.01.006 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /17
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

$$F = 2\pi Rh; \quad (3.9)$$

$$F = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,085 \cdot 3 = 20,44 \text{ м}^2$$

де, R – радіус апарату, м

H – висота поверхні теплообміну, м

6. Визначаємо коефіцієнт теплопередачі за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.10)$$

$\frac{\delta}{\lambda}$  - термічний опір

7. Середню температуру стінки (в °C), що розділяє два теплообмінних теплоносія, приблизно можна визначити по формулі:

$$t_{\text{ст}}^{\text{сер}} = 0,5 \left( \frac{t_2 + t_1}{2} + \frac{T_1 + T_2}{2} \right); \quad (3.11)$$

$$t_{\text{ст}}^{\text{сер}} = 0,5 \left( \frac{5 + 0}{2} + \frac{30 + 15}{2} \right) = 13,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

8. Середня температура (в °C) поверхні стінки холодо та теплоносія може бути приблизно визначена по формулі :

$$t_{\text{ст1}} = 0,5 \cdot (t_{\text{сп1}} + t_{\text{см}}^{\text{сп}}); \quad (3.12)$$

$$t_{\text{ст2}} = 0,5 \cdot (t_{\text{сп2}} + t_{\text{см}}^{\text{сп}}); \quad (3.13)$$

$$t_{\text{ст1}} = 0,5 \cdot (2,5 + 13,75) = 9,37 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{ст2}} = 0,5 \cdot (22 + 13,75) = 18,12 \text{ } ^\circ\text{C};$$

де  $t_{\text{сп1}} = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$  - середня температура холодоносія;

$t_{\text{сп2}} = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C}$  - середня температура продукту;

$t_{\text{см}}^{\text{сп}} = 13,75 \text{ } ^\circ\text{C}$  - середня температура стінки;

9. Знаходимо коефіцієнт теплопередачі від води до стінки за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}; \quad (3.14)$$

При критерії Рейнольдса

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu}; \quad (3.15)$$

$$Re = \frac{1 \cdot 2,17 \cdot 996}{804 \cdot 10^{-6}} = 2688209;$$

де,  $\mu = 804 \cdot 10^{-6}$  Па·с; динамічна в'язкість води;

$\rho = 996$  кг/м<sup>3</sup>; густина води.

$Pr = 5,42$  – коефіцієнт Прандтля для води;

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності води;

$\lambda = 0,618$  Вт/(м·К)

$w$  - швидкість руху води, приймаємо 1 м/с.

$d$  – еквівалентний діаметр 2,17 м

Критерій  $Nu$  знайдемо з формули:

$$Nu = 0,21 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}}\right)^{0,25}; \quad (3.16)$$

$$Nu = 0,21 \cdot 2688209^{0,8} \cdot 5,42^{0,43} \cdot 1^{0,25} = 6045$$

$$\alpha_1 = \frac{6045 \cdot 0,618}{2,17} = 1721,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

10. Знаходимо коефіцієнт теплопередачі від стінки до продукту за формулою:

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d};$$

$$\alpha_2 = \frac{2263 \cdot 0,5}{1,9} = 595,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

де  $d$  – діаметр мішалки

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності продукту

11. Знаходимо коефіцієнт Нуссельта ( $Nu$ ) за формулою

$$Nu = 0,36 \cdot Re^{0,67} \cdot Pr^{0,33} \cdot \mu^{0,14}; \quad (3.17)$$

$$Nu = 0,36 \cdot 142956^{0,67} \cdot 78^{0,33} \cdot 0,01^{0,14} = 2263;$$

$\mu$  - динамічний коефіцієнт в'язкості продукту; Па·с  
12. Визначаємо критерій Прандтля за формулою:

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda}; \quad (3.18)$$

$$Pr = \frac{3900 \cdot 0,01}{0,5} = 78$$

де  $c = 3,9$  (кДж/кг·К) – теплоємність згущеної сироватки

$\lambda = 0,5$  (Вт/м·К) – коефіцієнт теплопровідності продукту

$\mu = 1 \cdot 10^{-3}$  (Па·с) – динамічний коефіцієнт в'язкості згущеної сироватки

Знайдені числові значення та результати обчислень підставляємо в формулу і знаходимо потрібний результат

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1721} + \frac{0,005}{16} + \frac{1}{595,5}} = 388,7$$

де  $\lambda = 16,0$  Вт/(м·К) - коефіцієнт теплопровідності нержавіючої сталі

$\delta = 0,005$  м – товщина стінки апарата

Визначаємо площу поверхні теплообміну (в м<sup>2</sup>) заторного апарата за формулою

$$F_{роз} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t \cdot \tau} = \frac{8736 \cdot 10^3}{388,7 \cdot 20 \cdot 600} = 18,7 \text{ м}^2 \quad (3.19)$$

де  $Q = 8736 \cdot 10^3$  кВт - теплове навантаження на поверхню на поверхню кристалізатора сироватки.

Запас поверхні теплообміну (в %) визначають за формулою

$$\eta = \frac{(F - F_{роз}) \cdot 100}{F_{роз}} = \frac{(20,4 - 18,7) \cdot 100}{18,7} = 9\% \quad (3.20)$$

де  $F_p$ ,  $F$  – розрахункова та виконавча (фактична) поверхня теплообміну теплообмінного апарата відповідно, м<sup>2</sup>

Запас поверхні теплообміну склав 9% на максимальних параметрах теплообміну.

## 7. ПІДБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.

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

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

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

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

По мірі зношування деталей в парах тертя збільшуються зазори, порушуються нормативна робота машини, виникає вібрація, ударні впливи на поверхні деталей.

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

Вихід деталей з ладу внаслідок зношування також може призвести до простою машини, що порушує режим роботи на виробництві. Зносостійкість

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Підбір конструкційних матеріалів	150589.MP.01.007 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/3

сталі можна підвищити гартуванням з високим відпуском, а при більш високих навантаженнях – гартуванням з низьким відпуском.

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

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

Термін роботи апарату визначатиметься головним чином властивостями вибраних матеріалів, їх зносостійкістю. Саме тому одним із основних напрямів збільшення терміну служби та надійності роботи апарату є правильний вибір конструкційних матеріалів.

Всі деталі, дотичні з продуктом, виготовлені з нержавіючої сталі марки 12X18H10T, дозволеною Міністерством охорони здоров'я для контакту з харчовими продуктами. Для виготовлення мішалки використовується сталь AISI 201 (12X15Г9НД) вона в порівнянні з 12X18H10T має запас міцності більший на 1,35.

В якості підшипника ковзання використовують фторопластову втулку марки « Фторопласт - 4 ». Фторопласт - 4 (Ф- 4 ) має виняткову хімічної інертністю по відношенню практично до всіх агресивних середовищ (за винятком розплавів лужних металів і трифториду хлору ).

Найнижчий серед конструкційних матеріалів коефіцієнт тертя , а також рівність статичного і динамічного коефіцієнтів тертя фторопласту - 4 і композицій на його основі обумовлюють широке застосування їх в машинобудуванні - у вузлах тертя механізмів машин і приладів в якості підшипників і опор ковзання , рухливих ущільнювачів - поршневих кілець , манжет. Використання фторопластів у вузлах тертя підвищує надійність і довговічність механізмів , забезпечує стабільну експлуатацію в умовах агресивних середовищ , глибокого вакууму і при наднизьких температурах.

У харчовій промисловості та побутової техніки фторопласт використовується для виготовлення антиадгезійних і антипригарних покриттів ,

для виготовлення ущільнень молочних насосів і насосів для харчових рідин та ін.

Бокові циліндричні стінки корпусу тепло ізольовані шаром скловатної ізоляції з покриттям із алюмінієвої фольги марки Isover KT 40-AL.

Isover KT 40-AL - термостійкий, стійкий до впливу грибків і плісняви, вологонепроникний. Маса 1000г/м<sup>2</sup> + 100, товщина матеріалу 50 мм, теплопровідність не більше 0,034 Вт / мК, діапазон робочих температур від - 60 до + 800 С<sub>о</sub>, вологість по масі не більше 0,22%.

## 8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

### 8.1. Розроблення технологічного процесу складання кристалізатора

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) являє собою сукупність взаємопов'язаних процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємства до випуску виробів заданого рівня якості при встановлених термінах, обсягах випуску та витратах.

Головна мета ТПВ полягає в проектуванні комплексу технологічних процесів, спрямованих на забезпечення мінімальних інвестицій та поточних витрат на виробництво певного обсягу виробів з високими параметрами якості.

Технологічна підготовка виробництва на підприємстві здійснюється службою головного технолога. Склад і організаційна структура технологічного відділу (відділу головного технолога) залежать від масштабу і характеру його роботи.

Єдиною системою технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), що встановлена державними стандартами, регламентуються організаційний процес та процедури управління комплексу робіт.

ЄСТПВ призначена забезпечити: єдиний для кожного підприємства системний підхід до вибору, застосування методів і засобів ТВП, що відповідають передовим досягненням науки, техніки і виробництва; гнучкість пристосування виробництва до безперервного його вдосконалення, швидкого переналагодження на випуск досконалішої техніки; раціональну організацію механізованого й автоматизованого виконання комплексу інженерно-технічних робіт, у тому числі автоматизацію конструювання об'єктів і засобів виробництва; розроблення технологічних процесів та управління ТВП; взаємозв'язок з іншими АСУ і підсистемами; високу ефективність ТВП.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Технологія машинобудування	150589.MP.01.008 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/11

Порядок формування та застосування документації на методи та засоби ТПВ визначається державними стандартами, стандартами підприємств та документацією різноманітного призначення що регламентується відповідними стандартами які становлять нормативно-технічну базу ЄСТПВ. Стандарти ЄСТПВ взаємопов'язані зі стандартами інших систем, що забезпечує проведення єдиної технічної політики.

Документи на технологічні процеси варто оформляти відповідно до вимог стандартів «Єдиної системи технологічної документації» (ЄСТД). Спроекований технологічний процес записують у технологічних картах, на основі яких складають матеріальні специфікації і відомості необхідного інструменту та іншого оснащення. Технологічні карти залежно від рівня деталізації і типу виробництва розподіляються на: маршрутні, операційні та операційно-інструкційні.

Нові технологічні процеси звичайно не відразу впроваджуються у виробництво, а спочатку перевіряються в експериментальних цехах, після чого в основних цехах провадиться налагодження. Перевірка і налагодження здійснюються під час випуску пробних серій під керівництвом технологів. При цьому перевіряються і коригуються не тільки запроектовані технологічні процеси, а й конструкції інструментів та пристроїв, а також зазначені режими обробки, норми часу і розцінки.

Експериментування у сфері технології має на меті пошук, а надалі вже освоєння нових, досконаліших технологічних процесів одержання заготовок, механічної і термічної обробки деталей, складання вузлів і машин, а також продуктивніших режимів різання, зварювання та ін.

Документація з технологічного процесу затверджується головним інженером заводу і поряд з конструкторською документацією є найважливішим технічним документом, відступ від якого (без відповідного дозволу) є порушенням технологічної дисципліни.

Розроблення технологічних процесів супроводжується вибором методів організації виробництва. За вимогами виконання технологічних операцій проектується спеціальні інструменти, оснащення, обладнання з наступним їх виготовленням в інструментальному цеху підприємства. При цьому передбачається максимальне використання наявного устаткування (з модернізацією його в разі необхідності), а також оснащення та інструменту.

Технологічний процес вважається впровадженим, якщо виготовлення деталей, збирання вузлів і виробу в цілому здійснюються відповідно до викладених у технологічних картах вимог і за проєктованих норм часу. Це оформляється актом упровадження технологічного процесу, після чого цех цілком відповідає за дотримання технологічної дисципліни.

Проектно–конструкторська та технологічна підготовка виробництва – складний науко – та матеріаломісткий організаційний процес, який дозволяє втілити у реальність наукову ідею поставити її на служіння суспільству шляхом впровадження у виробництво у найбільш привабливій економічній формі.

Об’єктом модернізації в магістерській роботі являється кристалізатор молочної сироватки, тому як складальну одиницю обираємо саме його.

Станція призначена для кристалізації лактози , що міститься в згущеній сироватці з утворенням кристалів розміром не більше 20 мікрон . Попередня кристалізація лактози полегшує процес розпилювального сушіння і забезпечує отримання якісної сухої сироватки без присмаку мучнистості і придатної для тривалого зберігання. Основа процесу – попереднє миттєве пониження температури продукту з 50° С до 30° С в вакуумному охолоджувачі та поступове охолодження в кристалізаторах з 30° С до 15° С на протязі 10 годин з безперервним перемішуванням. Мішалка яка забезпечує якісне перемішування якірного типу, швидкість обертання регулюється частотним перетворювачем.

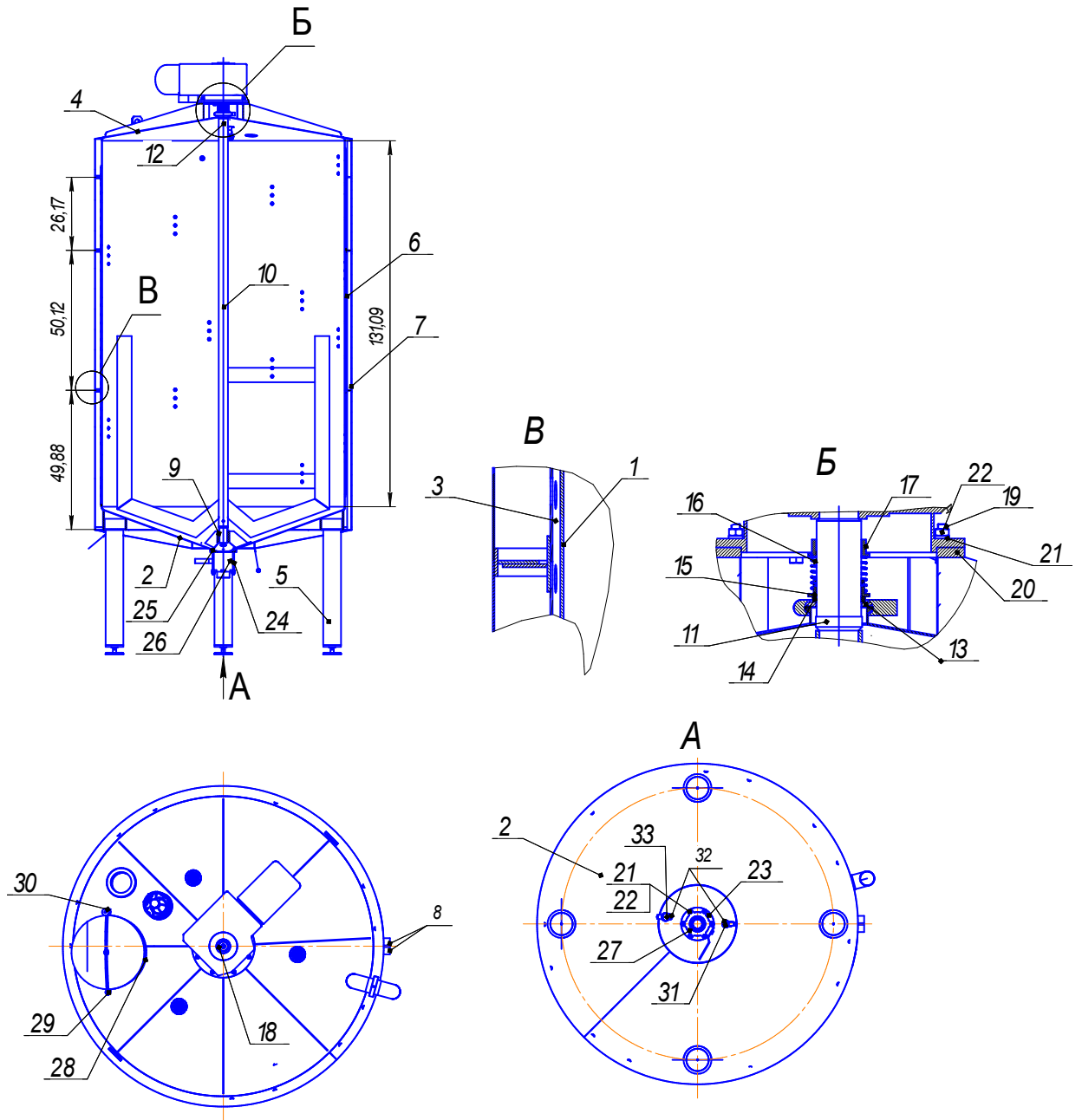


Рис.8.1. Ескіз вузла

Табл.8 .1. Подетальний склад вузлу

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Внутрішній корпус (колба)	1
2	Днище кристалізатора	1
3	Охолоджувальна сорочка	1
4	Верхня кришка	1
5	Стійка кристалізатора	4
6	Теплоізоляція	1
7	Декоративно гігієнічний кожух (обшивка)	1
8	Патрубок охолоджуючої сорочки	2

150589.MP.01.008 ПЗ

Інд.  
змін.

Дата  
видання

Мов  
а  
UA

Аркуш  
/11

9	Нижня опора з втулкою	1
10	Мішалка	1
11	Вал	1
12	Штифт	1
13	Нижня нерухома частина	1
14	Прокладка ковзання	1
15	Притискна втулка	1
16	Притискна пружина	1
17	Фіксуєча втулка	1
18	Шпонка	1
19	Шпилька	1
20	Фланець кришки	1
21	Шайба	14
22	Гайка	14
23	Фланець дна кристалізатора	1
24	Шпильки кулькового клапана	6
25	Ущільнювач торця	2
26	Корпус клапана	1
27	Нижній фланець клапана	1
28	Царга	1
29	Кріплення люку	1
30	Зажим	1
31	Манометр (датчик рівня)	1
32	Патрубок з різьбою	1
33	Датчик температури	1

Табл.8.2. Технологічний маршрут складання вузлу

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10.Складання кристалізатора (Корпуса) (Ск. 1)	10.1. Зварити внутрішній корпус (колбу) на складальному стенді 10.2. Приварити днище до корпусу кристалізатора 10.3. Приварити охолоджуючу сорочку до корпусу кристалізатора 10.4. Приварить патрубок до охолоджуючої сорочки 10.5. Приварить верхню кришку до корпусу (після встановлення мішалки) 10.6. Приварить стійки до нижньої кришки 10.7. Встановити теплоізоляцію та декоративно гігієнічний кожух поверх охолоджуючої сорочки до корпусу кристалізатора (після гідравлічних випробувань)
20.Встановлення мішалки (Ск. 2)	20.1. Приварити нижню опору вала з втулкою 20.2. Встановить вал мішалки в втулку нижньої опори 20.3 Встановити з'єднувальний вал в мішалку та встановити штифт
30.Встановлення торцевого ущільнення (Ск. 3)	30.1. Встановлення нижньої нерухомої частини ущільнення (диск з конічним зажимом) 30.2. Встановлення прокладки ковзання з фторопласту 30.3. Встановлення верхньої рухомої частини (притискна втулка) 30.4. Встановлення притискної пружини 30.5. Встановлення фіксуєчої втулки
40.Встановлення	40.1. Очистити посадкове місце на валові та зубчастому колесі

привода мішалки (двигун-редуктор) (Ск. 4)	редуктора 40.2. Змастити посадкові місця монтажним мастилом 40.3. Встановити шпонку в вал мішалки 40.4. Встановити редуктор на вал мішалки та шпильки на фланці кришки кристалізатора 40.5 Встановити 8 шайб 40.6. Закрутити 8 гайок фланцевого кріплення
50.Збирання кульового клапану (Ск. 5)	50.1. Очистити різьбові отвори від стружки у фланці дна кристалізатора 50.2. Вкрутити шпильки в фланець 50.3. Встановити ущільнювач на торець фланця днища 50.4 Встановити корпус кульового клапана 50.5 Встановити ущільнювач в корпус клапану та притиснуть нижнім фланцем 50.6 Встановити 6 шайб 50.7. Закрутити 6 гайок
60. Встановлення оглядового люка (Ск. 6)	60.1. Приварити царгу до кришки кристалізатора 60.2. Приварити кріплення люка до царги 60.3 Встановити люк прикріпивши з одного боку до кріплення шплінтом а з іншого зажимом
70. Встановлення датчика рівня (манометру) (Ск. 7)	70.1 Приварити патрубок з різьбою до днища кристалізатора 70.2. Очистити різьбовий отвір від стружки та бруду 70.3. Встановити датчик
80. Встановлення датчика температури (Ск. 8)	80.1 Приварити патрубок з різьбою до днища кристалізатора 80.2. Очистити різьбовий отвір від стружки та бруду 80.3. Встановити датчик
90. Шліфовка	90.1 Шліфувати зварні шви кристалізатора до потрібної шорсткості
100. Контрольна	100.1. Випробувати корпусу на герметичність
110. Концервування	110.1. Нанести захисне покриття

## 8.2.Розроблення структурної схеми сертифікації елементу обладнання

Об'єктом сертифікації може бути як вузол, так і окрема деталь.

Враховуючи серійний характер виробництва спроектованого обладнання, а, значить, і обраного вузла, обираємо модель сертифікації для продукції, що випускається серійно із видачею сертифікату відповідності з терміном дії до одного року.

150589.MP.01.008 ПЗ

Інд.  
змін.

Дата  
видання

Мов  
а  
UA

Аркуш  
/11

За цією моделлю визначаємо обов'язковість проведення робіт щодо виробів, які сертифікуються:

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

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

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

Заява на проведення сертифікації є типовою і подається за наступною формою.

150589.MP.01.008 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /11
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

ДОДАТОК Б  
(рекомендований)Форма заявки на проведення сертифікації продукції  
Назва органу з сертифікації продукції, адреса\*ЗАЯВКА  
на проведення сертифікації продукції в Системі УкрСЕПРО1 \_\_\_\_\_  
(назва підприємства-виробника, постачальника (далі — заявник), адреса, код ЄДРПОУ)в особі \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові керівника та його посада)заявляє, що \_\_\_\_\_  
(назва продукції, код ОКП)виготовлена у вигляді виробу одноразового виготовлення, виготовлена у вигляді партії в  
кількості \_\_\_\_\_, випускається серійно\*\* за  
(шт., т, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup> та ін.),

\_\_\_\_\_ (назва та позначення нормативного документа виробника)

відповідає вимогам \_\_\_\_\_  
(позначення та назви нормативних документів)і просить провести сертифікацію цієї продукції на відповідність вимогам зазначених норма-  
тивних документів за правилами Системи УкрСЕПРО.2 Випробування з метою сертифікації прошу провести в \_\_\_\_\_  
(назва акредитованої в Системі

УкрСЕПРО випробувальної лабораторії та її адреса. У разі відсутності відомостей, цей пункт не наводиться)

3 Заявник зобов'язується:

- виконувати усі умови сертифікації;
- забезпечувати стабільність показників (характеристик) продукції, що підтверджені сер-  
тифікатом відповідності;
- сплатити всі витрати за проведення сертифікації.

4 Додаткові відомості \_\_\_\_\_

Керівник підприємства \_\_\_\_\_  
(підпис, ініціали та прізвище)Головний бухгалтер \_\_\_\_\_  
(підпис, ініціали та прізвище)

М.П. \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

\* У разі відсутності органу з сертифікації продукції заявка подається до Держстандарту України.

\*\* Вноситься потрібне.

(Змінена редакція, Зміна № 2)

ДОДАТОК В  
(обов'язковий)

Форма рішення за заявкою на проведення сертифікації продукції  
(в разі відсутності акредитованого органу з сертифікації)

**ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ**

**РІШЕННЯ**

№ \_\_\_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ р.

за заявкою(ами) на проведення сертифікації продукції в Системі УкрСЕПРО

\_\_\_\_\_ (назва управління Держстандарту України)  
розглянувши заявку(и) \_\_\_\_\_ (назва підприємства-виробника/постачальника продукції)  
\_\_\_\_\_ на сертифікацію у Системі УкрСЕПРО \_\_\_\_\_  
(далі — Заявник), адреса, код ЄДРПОУ)  
\_\_\_\_\_ (назва продукції)

**ВИРІШИЛО:**

1 Дозволити \_\_\_\_\_ (назва організації, якій доручається проведення)  
\_\_\_\_\_ робіт — далі призначеної організації)

провести сертифікацію \_\_\_\_\_  
яка випускається серійно (одноразово та ін.) \_\_\_\_\_ (назва виробника та постачальника)

2 Відбір зразків та ідентифікацію продукції покласти на \_\_\_\_\_ (назва призначеної організації)

3 Сертифікацію провести на відповідність вимогам \_\_\_\_\_ (позначення та  
назви нормативних документів)

4 Схема (модель) сертифікації міститиме (непотрібне викреслити):

- обстеження виробництва;
- атестацію виробництва продукції, що сертифікується;
- сертифікацію системи якості продукції, що сертифікується;
- випробування продукції з метою сертифікації;
- технічний нагляд.

5 Випробування продукції з метою сертифікації провести в \_\_\_\_\_ (назва випробувальної  
лабораторії (центру), акредитованої в системі, та її адреса), акредитованої(му) на  
технічну компетентність або на технічну компетентність і незалежність атестат акредитації

6 Як виняток, надати право підпису сертифіката відповідності на продукцію

\_\_\_\_\_ (прізвище керівника призначеної організації)

7\* Технічний нагляд за сертифікованою \_\_\_\_\_  
(назва продукції)

покласти на \_\_\_\_\_  
(назва призначеної організації або центру стандартизації, метрології та сертифікації)

Періодичність та форми проведення технічного нагляду встановлюються в програмі, яка розробляється \_\_\_\_\_  
(назва призначеної організації)

8 Роботи з сертифікації проводяться на підставі господарського договору.

Начальник функціонального управління  
Держстандарту України \_\_\_\_\_  
(підпис, ініціали та прізвище)

\_\_\_\_\_

\* Пункт включається за необхідності.

Спираючись на аналіз конструкції виробу та умови його роботи, визначаємо шифр виробу як 2211, що означає, що виріб відноситься до відновлювальних виробів, які експлуатуються до відмови або до досягнення граничного стану у безперервному режимі роботи та з наявністю відмови в якості домінуючого чинника наслідків відмови. Це дозволяє виявити нормовані показники надійності для виробу:  $T_0$  ( $T_{cp}$ ) та  $T_{\gamma}$ .

Основними показниками, які необхідно перевірити при іспитах виробу є механічні та геометричні показники (відповідність розмірам, допускам та посадкам, безвідмовність при роботі тощо).

Для контролю обраних характеристик виробу застосовуємо наступні прилади: твердоміри HRA-1; мікрометр гладкий цифровий МКЦ 50 з діапазоном вимірювання 25...50 мм і ціною поділки шкали 0,001мм; приладом для контролю шорсткості поверхні слугує індикаторний глибиномір И402 або И405 тощо.

## 9. ПРАВИЛА МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ

### ТА РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ

#### 9.1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Надійна і довговічна робота лінії по виробництву кристалізованої сироватки забезпечується тільки за умови суворого дотримання правил експлуатації, своєчасного, якісного і повного проведення технічного обслуговування і ремонтно-профілактичних робіт, передбачених посібником з експлуатації.

2. До робіт по монтажу, наладці, експлуатації й обслуговуванню обладнання допускаються особи, що вивчили дане обладнання і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

3. Для забезпечення більш якісної підготовки обладнання до роботи рекомендується проводити пусконаладжувальні роботи наладчиками організації-виробника. При підготовці пусконаладжувальних робіт сторонніми організаціями, виробник не несе відповідальність за якість наладки і роботу обладнання не гарантує.

4. Для виклику наладчиків необхідно замовнику укласти з виробником договір на проведення пусконаладжувальних робіт.

5. До моменту прибуття наладчиків обладнання повинно бути цілком змонтоване відповідно до вимог з експлуатації і підключене до всіх джерел комунікацій.

6. Запчастини, що поставляються з обладнанням, призначені для забезпечення пусконаладжувальних робіт до експлуатації протягом

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	150589.MP.01.009 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/6

гарантійного терміну. Забезпечення запчастинами для середніх і капітальних ремонтів здійснюється по фондах, що виділяється у встановленому порядку.

## **9.2. РОЗМІЩЕННЯ І МОНТАЖ**

Місце монтажу повинно відповідати санітарно-технічним вимогам.

Для нормального обслуговування передбачити вільний простір навколо автоматів.

Висота будівлі повинна забезпечувати установку під'ємно-транспортуючого устаткування для демонтажних робіт при ремонті машин.

Встановити обладнання в проектне положення на підготовлене місце.

Переконавшись у цілісності обладнання і легкості обертання, включити його в налагодженому режимі. Обладнання повинно працювати плавно без ривків і заїдань.

Контрольно-вимірювальні і автоматичні прилади розміщують так, щоб ними зручно було користуватися, легко обслуговувати, щоб забезпечити надійність і безвідмовність їх роботи.

Перед монтажем прилади просушують в сухому, опалюваному приміщенні не менше доби, перевіряють і заклеплюють. Прилади і щити встановлюють у вертикальному положенні. Кріплять прилади на стінах, щитах, металоконструкціях стандартними з'єднувальними деталями, застосувавши необхідні заходи проти самовідгвинчування у випадку вібрації, з затягуванням різьбових з'єднань до відмови. Після звершення монтажу металеві корпуси приладів заземлюють. Для зручності обслуговування встановлюють драбини чи майданчики і обладнують місцевим освітленням.

## **9.3. НАЛАГОДЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ І ПІДГОТОВКА ЙОГО ДО РОБОТИ.**

150589.MP.01.009 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /6
---------------------	---------------	-----------------	----------------	-------------

1. Приймаючи обладнання в наладку, наладчик зобов'язаний зовнішнім оглядом визначити комплектність і стан обладнання, правильність складання вузлів і монтажу трубопроводів. Включити обладнання і прокрутити в налагоджувальному режимі, перевірити плавність роботи вузлів. Після усунення виявлених зауважень приступити до проведення пусканалагоджувальних робіт.

2. Перевірити затягування всіх кріплень.

3. Продути трубопроводи підведення, перевірити їхню герметичність і при необхідності, усунути витік.

4. Провести змащення обладнання відповідно до схеми змащення.

5. Випробувати обладнання під навантаженням.

6. Переконавшись у правильній наладці, зробити обкатування даного обладнання на холостому ході протягом 4-х годин. Обладнання повинно працювати плавно, без ривків і заїдань.

При задовільній роботі установки переходити до роботи під навантаженням.

#### **9.4. ПРИЧИНИ І НАСЛІДКИ НЕСПРАВНОСТЕЙ.**

Причини несправностей машини можна поділити на наступні категорії:

1. Зношення вузлів і деталей.
2. Низька якість змащення поверхонь тертя.
3. Недопустиме навантаження на окремі елементи конструкції.
4. Лінійне переміщення елементів в ході експлуатації.
5. Похибки та неточності монтажу і з'єднання елементів вузлів.
6. Некваліфіковане обслуговування.

Типи та види несправностей:

1. Заклинювання елементів.
2. Механічна пошкодження елементів.
3. Зниження загального ККД машини.

#### 4. Неправильне підключення елементів.

Найпоширеніші несправності виникають із-за неякісного змащення деталей. Збільшення поверхонь тертя неминуче призводить до підвищення температури робочих елементів і подальшого – заклинювання, надмірне зношення або збільшення зусиль, які розвиває електродвигун.

При виході обладнання з ладу можливі випадки різних несправностей елементів схеми.

Пошук оперативних несправностей зменшує простой. З метою зменшення часу пошуку необхідно раціонально налагодити процес діагностики систем керування.

Діагностика несправностей починається з визначення групи, до якої належать дані несправності. Всі несправності елементів поділяються на два типи:

1. Зовнішні – ті, що можна побачити візуально або почути (порушення зв'язку між елементами або вихід з ладу елементів системи).
2. Внутрішні – ті, що проявляються в збої системи керування в процесі роботи.

### 9.5. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ

Планування заходів з ремонту й огляду здійснюються шляхом складання річного і місячного планів ремонтів устаткування. Річний план ремонтів устаткування встановлюють на підставі дефектних відомостей і «Паспорта машини (апарата)». Складений на підставах зазначених документів відділом механіка підприємства річний план ремонту устаткування затверджується головним інженером.

На підставах річного плану обсяги робіт з ремонту всього устаткування підприємства розподіляється між ремонтно-механичним цехом і визначеними ремонтними бригадами.

По затверженому річному плану ремонту устаткування на кожному машині (апарат) визначають уточнені місячні плани ремонтів устаткування. Місячними планами ремонтів устаткування встановлюється рівномірне завантаження ремонтників, а потім призначаються відповідальні особи за проведення ремонтних робіт у встановлений термін. Затверджений головним механіком місячний план видається щомісяця, не пізніше чим за 4 дні до початку місяця, бригадам ремонтників .

Щоб скоротити час простою обладнання через ремонт, необхідно спланувати роботу ремонтників так, щоб вони максимально не збігалися з обідньою робочою годиною та вихідними днями з робочими. Ремонт обладнання, яке не працює безперервним циклом, здійснюється в час зупинки цього обладнання.

Плануючи ремонтні роботи використовують систему показників та стандартів, за якими визначають: тривалість ремонту кожної одиниці обладнання; витрати на оплату праці; потребу в матеріалах.

Щоб визначити термін ремонту, потрібно знати цикл ремонту, міжремонтний та періодичний огляд обладнання.

Період міжремонту - це час експлуатації обладнання між двома регулярними плановими ремонтами.

*Міжооглядовий період* - година роботи встаткування між двома черговими плановими оглядами або між черговим плановим ремонтом і оглядом.

Перед початком ремонту обладнання ретельно миють і очищують від залишків продукту, змазки та інших забруднень. Поверхні, що зтикаються з продуктом, потім вичищають щітками, миють гарячими мийними розчинами кальційованої або каустичної соди, гарячою водою і оброблюють паром.

Перед розбіркою агрегата необхідно намітити порядок його розбірки, вивчивши конструктивні особливості машини. В першу чергу знімають ті деталі та складальні одиниці, які затруднюють подальше розбирання.

Агрегат розбирають в наступному порядку: спочатку на групи складальних одиниць, групи – на окремі складальні одиниці, складальні одиниці – на деталі. Деталі слід укласти в тій послідовності, в якій їх знімали з машини.

Очищення деталей від бруду та іржі виконують за допомогою дерев'яних лез, стрижнів та скребоків. Крім того, деталі вимочують в гасі, для чого використовують дві ємності: перша - для попереднього замочування, друга - для остаточного вимиття. Час замочування попередньо очищених деталей становить 1-8 годин, після чого їх протирають насухо. Частини знежирюють у розчині соди їдкої, потім промивають гарячою водою та сушать.

Залежно від виду ремонту виконується демонтаж усієї машини або лише окремих груп блоків.

Розбирання обладнання слід проводити, попередньо ознайомившись з інструкціями виробника. Спочатку знімаються деталі та складальні одиниці, які перешкоджають наступному розбиранню. Деталі вставляються в тому порядку, в якому вони були вилучені з машини.

За необхідності ремонту деталей редуктора, його розбирають, зливають мастило, а потім знімають електродвигун.

Під час процесу ремонту необхідно дотримуватися правил безпеки під час демонтажу, монтажу, ремонту деталей та складання машини. Основні вимоги до виконання цих видів робіт викладені у відповідних інструкціях та правилах.

## 10. АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

### 10.1. ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Розвиток автоматизації харчової промисловості пов'язане із зростаючою інтенсифікацією технологічних процесів і зростанням виробництв, використанням агрегатів великої одиничної потужності, ускладненням технологічних схем, пред'явленням підвищених вимог до одержуваних продукції.

Особливе значення надається питанням автоматизації процесів які забезпечують досягнення вироблення якісної продукції. Зазначені особливості, висока чутливість до порушень заданого режиму, наявність великого числа точок контролю та управління процесом, а також необхідність сучасного та відповідного склалася в даний момент обстановці впливу на процес у разі відхилення від заданих параметрів не дозволяють навіть досвідченому оператору забезпечити якісне ведення процесу вручну.

Основна задача є розробка систем автоматичного контролю та дистанційного керування, за допомогою якої оператор управляє технологічним процесом. Вся інформація про стан об'єкта визначається показаннями автоматичних контрольно-вимірювальних приладів, обґрунтування і вибір яких є основним завданням.

Автоматизація повинна забезпечувати централізований автоматичний контроль технологічних параметрів, сигналізацію граничних значень

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування	150589.MP.01.010 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова українська	Аркуш 1/5

контрольованих величин і в деяких випадках блокування і автоматичну зупинку технологічного обладнання або припинення процесу в цілому.

Так як основна частина робіт на лінії по виробництву кристалізованої сироватки виконується автоматично, то автоматизація в даному випадку є лише вдосконаленням існуючої. Вона дасть змогу швидше реагувати на зупинки в роботі, досягнення певного етапу технологічного процесу, запобігання аварійних ситуації, досягнення правильних технологічних параметрів та режимів завдяки встановленим приладам та сигналізації. Завдяки цьому підвищиться практична продуктивність праці, підвищиться час корисної дії більшості механізмів.

Всі прилади та засоби автоматизації є простими та доступними, що робить розроблену схему реальною для впровадження.

Після технічного переоснащення ділянки цеху по виробництву кристалізованої сироватки маємо змогу автоматично контролювати температуру охолодження, рівень продукту в кристалізаторі, досягнення різних величин кристалів, контроль за мийкою обладнання та виробничим процесом, контроль за правильністю налаштування технологічних трубопроводів, запобігання попадання сторонніх предметів у продукцію.

## **10.2. АНАЛІЗ ДІЛЯНКИ ЦЕХУ, ЩО АВТОМАТИЗУЄТЬСЯ**

Ділянка цеху по для виробництва кристалізованої сироватки, що автоматизується складається з наступного обладнання:

- Вакуумний охолоджувач;
- Кристалізатор періодичної дії – 5шт

Після виходу з вакуум випарної установки по технологічним трубопроводам згущена сироватка з температурою 50 °С потрапляє в охолоджувач де потік продукту охолоджується безперервно до 30°С. Охолоджена сироватка наповнюється в кристалізатор, оператор постійно спостерігає за наповненням та при повному заповненні пререналаштовує продуктову лінію на інший кристалізатор. В повністю наповненому кристалізаторі відкривається подача охолоджуючої рідини в рубашку кристалізатора та вмикається рамна мішалка,

розпочалась фаза охолодження. При досягненні температури продукту 15<sup>0</sup>С припиняють подачу холодоагенту та вимикають мішалку, готову кристалізовану сироватку відкачують з кристалізатора та подають на сушарку.

### 10.3. ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

№	Вузол автомата	Параметр, місце відбору сигналу	Допустимі значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю	Додаткові вимоги	Примітки	
1.	Вакуумний охолоджувач	Рівень	0 - 0,5 м	Контроль, керування	Сигналізація, Підтримання у заданому діапазоні	Світлова та звукова Вплив на роботу продуктового насосу (керування частотою обертання електродвигуна)		
		Температура	0-100 <sup>0</sup> С	Контроль	Реєстрація	-		
2.	Бак відведення лід води	Рівень		Керування	Підтримання у заданому діапазоні	Вплив на роботу відкачуючого насосу (керування частотою обертання електродвигуна)		
3.	Кристалізатор	Рівень	0-100%	Контроль	Сигналізація	Світлова та звукова		
		Температура	0-100 <sup>0</sup> С	Контроль Керування	Реєстрація Підтримання у заданому діапазоні	-		
		Зближення	«->» -«+»	Контроль Керування	Сигналізація	Світлова та звукова, (керування вмикання та вимкнення електро-		
150589.MP.01.010 ПЗ					Інд. змін.	Дата видання	Мова а UA	Аркуш /5

						двигуна мішалки)	
--	--	--	--	--	--	---------------------	--

150589.MP.01.010 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /5
---------------------	---------------	-----------------	----------------	-------------

## 10.4. ОПИС СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Робота переоснащеної ділянки цеху починається з подачі згущеної сироватки в вакуумний охолоджувач безперервної дії. У випарювачі відкачали повітря створивши вакуум який контролюється манометром Р7. Температура продукту на вході та виході з випарювача фіксується температурними датчиками (TE7.1-TE7.2) та візуалізується на екрані операторської станції SB1 щита управління. Рівень продукту постійно контролюється датчиком рівня LIC 7.1 та керується автоматично, змінюючи частоту обертання електродвигуна частотним перетворювачем ЧП . Пуск та зупинка продуктового насоса можливо здійснювати в ручному режимі пускачем КМ4 за допомогою операторської станції SB1.

Охолоджений продукт поступово заповнює кожен з кристалізаторів, при цьому мішалка постійно переміщує продукт. Коли кристалізатор заповнився на 98% вмикається сигналізація в щиті управління SB1 операторської станції, для повідомлення оператора заповнення танка. Рівень в кристалізаторі вимірюється датчиком тиску LIC. Після заповнення кристалізатора включається фаза охолодження та відкривається пневмоклапан V який дозує лід воду відповідно до температури сомої води датчиками TE і.3. Дозування води та її температуру в рубашці регулюється дистанційно та задається алгоритмом відповідно до температури продукту що фіксується датчиком температури TE і.1. Відпрацьована лід вода зливається до баку лід води, та відкачується насосом МЗ, приводяться в дію автоматично частотним перетворювачем за допомогою операторської станції SB2 на щиті управління. Частотний перетворювач керується двома поплавковими датчиками рівня верхній LAN та нижній LAL.

Відкачування готової кристалізованої сироватки з кристалізатора відбувається через клапанну доску на якій встановлені датчики зближення GA, вони в свою чергу передають інформацію на монітор щита управління для візуалізації процесу. Датчики зближення на люкові кристалізатора встановленні для запобігання травмування робітників (вимикає мішалку).

## 10.5. ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ПРИЛАДИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Номер позиції	Параметр	Граничне значення	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виготовник
7.1	Рівень	0,6м	За місцем	Манометричний обчислювач, працює на різниці тисків верхнього та нижнього.		2	
1a	Температура	100°C	За місцем	Манометричний термометр з пневматичною дистанційною передачею. Межі вимірювання 0...100°C. Клас точності 1,0	ТПГ4-У	1	Завод Теплоконтроль, м. Казань
2б	Температура	100°C	На щиті	Автоматичний міст без додаткових пристроїв. Клас точності 1,0. Шкала 0...100°C. Градування П50	ТСП-5071	1	Львів-прилад, м. Львів
1б	Рівень		За місцем	Поплавковий датчик		2	
1.1,2.1	Температура	100°C	За місцем		Vegebar-17		
КМ1-КМ5			На місці	Магнітний пускач	e.ms.25	5	E.next, м.Київ
SB1			На щиті	Операторська станція	XAL	3	Schneider Elektrik

## 11. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

### Закон України про охорону праці

Державна політика ґрунтується на принципі створення здорових та нешкідливих умов праці через ліквідацію важкої фізичної праці, впровадження нового обладнання. Охорона праці в нашій країні регулюється на підставі Закону "Про охорону праці" КЗпП України", "Правил охорони праці у виробництві цукру", «Закону про пожежну безпеку», а також інших нормативних актів та інструкцій.

#### Інструктажі

Відповідно до чинного законодавства України, адміністрація підприємств та організацій покладається на інструктаж працівників та службовців з охорони праці. Інструктаж працівників проводиться незалежно від їх кваліфікації та статусу роботи за такими основними видами:

- вступний інструктаж;
- інструктаж на робочому місці;
- цільовий інструктаж;
- повторний інструктаж;
- позачерговий інструктаж.

Вступне навчання з охорони праці з усіма працівниками, які працюють на підприємстві, проводить інженер з охорони праці.

Перед прийомом на самостійну роботу з кожним новачком проводять первинний інструктаж. Він проводиться майстром з кожним працівником окремо для кожного виду робіт.

Повторний інструктаж проводить майстер на робочому місці з частотою, встановленою для цього виду робіт.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Заходи з охорони праці	150589.MP.01.011 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/12

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально. Здійснюється при зміні правил охорони праці, технологічного процесу, порушеннях безпеки персоналу.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками перед виконанням роботи, для якої затверджено спорядження, в якому записується інструктаж.

### **Аналіз виробничого травматизму на підприємстві**

Події, які можуть призвести до травми:

- транспортні пригоди;
- падіння потерпілого, у тому числі – з висоти;
- удари деталями, що рухаються, обертаються;
- ураження електричним струмом;
- стихійне лихо;
- пожежа.

Мета аналізу виробничого травматизму - розробка заходів щодо запобігання нещасним випадкам на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати та узагальнювати їх причини.

Для вивчення виробничого травматизму використовуються різні методи. Найбільш поширені та взаємодоповнюючі - статистичні, монографічні, економічні, ергономічні, психофізіологічні.

### **Фінансування заходів з ОП**

Фінансування фонду охорони праці на підприємстві формується за рахунок 0,5% фонду заробітної плати, і витрачаються виключно на заходи щодо створення безпечних та здорових умов праці.

### **Аналіз шкідливих та небезпечних факторів виробництва в процесі експлуатації.**

На робітників у процесі виробництва впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

150589.MP.01.011 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /12
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

- рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- підвищена загазованість повітря робочої зони (діоксид вуглецю), аміак в холодильно-компресорних станціях;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму;
- підвищена вологість;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюгу, замикання, що може відбутися через тіло людини при підвищеній вологості;
- відсутність та недостатність природного світла та штучного освітлення робочих місць;

### **Техніка безпеки при експлуатації кристалізаторів сироватки**

Кристалізатори сироватки дозволяють працювати при мінімальній технічній підготовці та навчанні на роботі. Відповідальність за технічний стан та правильну експлуатацію цього обладнання покладається на особу, призначену керівником підприємства. Монтаж, пуск, обслуговування та ремонт здійснюються службами ремонту та монтажу підприємства. Для обладнання станції кристалізації використовується небезпечна напруга 380В. Привід змішувача і сам обертовий змішувач небезпечні.

Для забезпечення безпечної роботи обладнання для кристалізації повинно бути виконано ряд вимог. Панель управління та електричні кабелі повинні знаходитися в сухому місці, а двигуни не повинні піддаватися впливу вологи під час роботи. Перила на шляхопроводи повинні встановлюватися надійно без гострих кутів і не менше 1м. Ширина проходу до форми повинна бути не менше 0,7м.

Оптимальний і безпечний режим роботи обладнання для кристалізації сироватки забезпечують прилади автоматики. Обладнання і щит управління повинні бути заземлені. Опір ізоляції струмоведучих частин

електрообладнання, лінії його живлення та опір захисного заземлення мають бути, відповідно, не менше 0,5МОм та не більше 4Ом.

Зупинка та запуск пристрою автоматичні, тому налаштування, обслуговування та ремонт обладнання можливі лише після відключення його від мережі на панелі.

Кристалізатори закріплені за певним працівником, який повністю відповідає за нього, стежить за його правильною роботою та підтримує його у справному стані.

### **Повітря робочої зони в сушильному цеху де розташовані кристалізатори**

Мікрокліматичні параметри повітря робочої зони нормуються за ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Мікроклімат в сушильному цеху продуктів визначається наступними факторами: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря. В холодний період року виробничі приміщення обігріваються. Допустимі норми становлять:

Період	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптимальна	Допустима		Оптимальна	Допустима на постійних і непостійних робочих місцях, не більше	Оптимальна, не більше	Допустима на постійних і непостійних робочих місцях, не більше
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях				
Холодний період року	18...20	17...23	15...24	40...60	75	0,2	0,3
Теплий період року	21...23	27...30	29...31	40...60	75	0,3	0,4

Запиленість. Під час роботи сусідніх апаратів в повітря робочої зони потрапляє пил з висушених частинок. Значення ГДК для нейтрального пилю, не маючи отруйних властивостей, дорівнює 10мг/м<sup>3</sup>. Згідно з ГОСТ 12.4.011-87

150589.MP.01.011 ПЗ

Інд.  
змін.

Дата  
видання

Мов  
а  
UA

Аркуш  
/12

ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация» всі працюючі на лінії повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

Загазованість. Під час випарування вологи з кристалізованої сироватки є можливість виділення деякої кількості CO<sub>2</sub>. Значення ГДК для CO<sub>2</sub> = 0,5% об, або 5000 млн<sup>-1</sup>, - це 9000 мг/м<sup>3</sup> ГДКСО становить 20 мг/м<sup>3</sup>.

Для індивідуального захисту органів дихання від шкідливих парів та газів, присутніх у повітрі робочої зони в поєднанні з аерозолями або без них, при об'ємній частці вільного кисню не менше 19% застосовуються протигази промислові фільтруючі за ГОСТ 12.4.121-83.

До комплекту протигаза входять:

- коробка фільтруюча – 1 одиниця (ГОСТ 12.4.122-83);
- маска – 1 одиниця (ГОСТ 12.4.166-85Е);
- гофрована трубка – 1 одиниця;
- сумка – 1 одиниця;
- коротка інструкція – 1 примірник.

Коробки спеціалізуються за призначенням залежно від шкідливих домішок, вони різняться між собою складом поглиначів, а за зовнішнім виглядом – розпізнавальним забарвленням. Маска промислового протигазу повинна бути правильно підігнана, не викликати больових відчуттів протягом шести годин праці.

Вентиляція. У відділенні кристалізаторів передбачено періодично діючу вентиляцію (провітрювання) з природним збуджуванням за рахунок вікон і прорізів, які відчиняються.

### **Шум і вібрація**

Шум у цеху сушіння де встановлені кристалізатори створюється від роботи приводів, вентиляторів, насосів, рухомих частин обладнання, але він не перевищує нормативний.

Допустимий рівень шуму на робочому місці регламентується за ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». Цей стандарт

також встановлює класифікацію шуму, вимоги до шумових характеристик і до захисту від шуму на робочих місцях.

Гранично допустимий рівень шуму (ГДР) на постійних робочих місцях та на території підприємства не повинен перевищувати 80 дБ.

В цеху кристалізаторів сироватки механізми та пристрої з підвищеним рівнем шуму та вібрації, ізольовані та обладнані засобами шумо- та віброізоляції.

Для усунення передачі шуму з шумних приміщень до малошумних та за межі будівель або території підприємства слід дотримуватися таких умов:

а) патрубки повітроводів вихлопу та всмоктування потужних агрегатів та вентиляторів, які виходять з будівлі, повинні бути обладнані глушниками, які знижують шум до рівня, встановленого нормами;

б) вентилятори з повітrowодами повинні з'єднуватися за допомогою гнучкої вставки;

в) приводні паси вентиляторів повинні бути у повному комплекті і з однаковим натягом.

Вібрація, яку створюють ручні машини, обладнані двигунами, при роботі яких маса ручної машини повністю або частково сприймається руками оператора, не перевищує допустимі значення, що наведено у ГОСТ 17770-86.

Головні організаційно-технічні та лікувально-профілактичні заходи щодо обмеження несприятливого впливу вібрації на працюючих:

- зменшення вібрації у джерелі її виникнення конструктивними та технологічними методами при розробці нових та модернізації існуючих машин;
- зменшення вібрації на шляху розповсюдження засобами віброізоляції та вібропоглинання використанням гумових, поролонових та інших поглинаючих вібрацію настилів, мастик тощо;
- своєчасне проведення планового та попереджувального ремонту машин з обов'язковим післяремонтним контролем вібраційних характеристик;

- використання машин у відповідності з їх призначенням, передбаченим нормативно-технічною документацією;
- виключення контакту працюючого з віброючими поверхнями поза межами робочого місця або робочої зони (встановлення огорож, сигналізації, блокування, попереджувальних написів тощо).

### **Освітлення в сушильному цеху**

Для забезпечення освітленості передбачається природне і штучне освітлення. Освітлення відповідає вимогам СНиП II-4-79 і ДСТУ 18.384-81. В денний час максимально повинно використовуватись денне світло. Робочі місця, які в денний час з технічних причин не можуть бути забезпечені природнім освітленням, повинні освітлюватись електричним світлом. Для забезпечення освітленості в денний час доби використовують світильники з люмінесцентними лампами або лампами розжарення.

Норми освітленості:

- при комбінованому (газорозрядні лампи і лампи розжарювання) – 150 лк;
- при загальному (газорозрядні лампи) – 100 лк;
- при загальному (лампи розжарювання) – 100 лк.

Передбачено джерело понижуючої напруги (24 В) для вмикання переносних світильників і ручного електроінструменту. Для ремонтного освітлення використовуються світильники РВО42.

Напруга мереж освітлення:

- робоча – 220 В;
- аварійна – 220 В;
- ремонтна – 12 В.

Мережа всіх видів освітлення роздільні і використовується кабель марки АВВГ, що прокладається по стінах на скобах.

### **Випромінювання**

150589.MP.01.011 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /12
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

Робота кристалізаторів не несе випромінювання але процеси сусідніх апаратів супроводжується незначним тепловиділенням від стінок апарата та патрубків повітро- та паропроводів.

Інтенсивність теплового опромінення працівників від нагрітих поверхонь технологічного обладнання на постійних і не постійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні 50 %, 70 Вт/м<sup>2</sup> – 25...50 %, та 100 Вт/м<sup>2</sup> – менше 25 %.

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» устаткування, що виділяє тепло, повинне бути теплоізольоване таким чином, щоб температура зовнішніх поверхонь не перевищувала 45 °С, а в приміщеннях з пожежо- та вибухонебезпечним середовищем – 35 °С. Застосування горючих теплоізоляційних матеріалів не допускається.

### **Електробезпека**

Сушильний цех згідно з ПУЕ класифікується як підвищеної небезпеки.

При обслуговуванні електроустановок напругою до 1000 В без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них необхідно:

- огородити розташовані поблизу робочого місця та інші струмоведучі частини, що знаходяться під напругою, до яких можливе випадкове доторкання;
- працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолюючій підставці чи на діелектричному килимку;
- застосовувати інструмент з ізолюючими рукоятками (викрутки повинні мати ізольовані стержні), а при відсутності вказаного інструменту – користуватись діелектричними рукавицями.

Організаційними заходами, що гарантують безпечне ведення робіт на електроустановках, є:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, що виконуються у порядку поточної експлуатації;

150589.MP.01.011 ПЗ

Інд.  
змін.

Дата  
видання

Мов  
а  
UA

Аркуш  
/12

- допущення до роботи;
- нагляд під час роботи;
- оформлення перерви у роботі, переведень на інше робоче місце, закінчення роботи.

Коллективні засоби праці:

- огороження;
- використання заземлення, занулення;

Індивідуальні засоби захисту:

- використання малих напруг;
- захист від переходу напруги з вищої на нижчу;
- електричній розподіл мережі

Для захисту людей від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції повинен бути застосований, у крайньому разі, один з наступних захисних заходів: заземлення, занулення, захисне вимкнення, розподільчий трансформатор, мала напруга, подвійна ізоляція, вирівнювання потенціалів.

При проведенні ремонтних робіт на електроустаткуванні необхідно встановлювати переносне заземлення для захисту працюючих від ураження електричним струмом в разі помилкової подачі напруги до місця роботи.

В устаткуванні, яке призначене для роботи в умовах можливого утворення вибухонебезпечних концентрацій парів, газів, пилу та їх сумішей з повітрям, застосування пристроїв, що іскрять, недопустиме.

### **Пожежна безпека**

В сушильному цеху якому розміщені кристалізатори, по вибухопожежонебезпеці відноситься до приміщень категорії Б. На випадок загоряння забезпечують відділення системою автоматичного пожежогасіння.

Система пожежної сигналізації виконана з шлейфів, пожежних оповісників і приєднуються до пульта ППС-1, встановлюється в приміщенні прохідної.

Пожежні оповіщення прийняті автоматичні, типу ЦП-103-2/2 і ручні, типу ИПР. Шлейфи пожежної сигналізації виконані кабелями марки ВВГ, що прокладені на стінах відкрито, на скобах, під перекриттям. Сигнал тривоги подається з пульта ППС-1 до пожежного депо за допомогою резервної жили, існуючого телефонного кабелю. Біля місць установки ручних пожежних оповісників ИПР ззовні будівлі необхідно передбачити вказівні знаки згідно з ГОСТ 124026 -76.

Протипожежна безпека відділення досягається впровадженням конструкційних матеріалів, які мають необхідну границю вогнестійкості і забезпечують будівлі необхідною границею вогнестійкості, згідно СНиП 20102-85. На заводі також повинні бути засоби пожежогасіння: вогнегасники, бочки з водою, лопати, сухий пісок.

Витрати води на пожежогасіння, яка необхідна для тушіння пожежі протягом трьох годин:

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot n}{1000} = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 15)}{1000} = 216 \text{ м}^3$$

де n – секундна витрата води на внутрішнє пожежогасіння 5 л/с і зовнішнє – 10 л/с; 3600 і 1000 – перевідні коефіцієнти: години в секунди, літри в м<sup>3</sup>.

Пожежний під'їзд, шляхи евакуації мають відповідати вимогам СНиП 20102-85.

### **Побутові приміщення**

Для робітників, інженерно-технічних працівників та обслуговуючого персоналу обов'язково будуються санітарно-побутові приміщення, якими працівники користуються в неробочий час, а також допоміжні приміщення для управлінського апарату та навчання працюючих.

Побутові та допоміжні приміщення, їх склад, кількість і норми приймаються виходячи з групи виробничого процесу за санітарно-гігієнічним умовам праці.

Цех сушіння де розташовані кристалізатори відносять до четвертої групи, виробничі процеси, які вимагають особливого режиму при виготовленні та переробка харчових продуктів.

Санітарно-побутові приміщення діляться на загальні та спеціальні. До загальних належать: приміщення для прийому їжі; гардеробні, душові, вбиральні, умивальні, курильні, пральні, кімнати для особистої гігієни жінок, для годування грудних дітей, обігріву працюючих та питне водопостачання, медпункти тощо. До спеціальних санітарно-побутових приміщень і споруд відносять: ванні кімнати для ніг, душові, приміщення і споруди для охолодження працюючих - напівдушів, кабінки радіаційного охолодження, приміщення і споруди для знепилювання спецодягу, для сушіння і прання спецодягу та взуття, респіраторні, флягові, лампові, манікюрні. Спеціальні санітарно-побутові приміщення та споруди приймаються відповідно до переліку професій та затверджуються міністерством за погодженням з Міністерством охорони здоров'я України та ЦК відповідного профспілки. Площі санітарно-побутових приміщень, за винятком гардеробів для одягу, розраховуються за найбільший за кількістю працюючих зміни відповідно до СНіП 2.09.04-87. Кількість гардеробів розраховується на весь штат.

### **Пропозиції по покращенню умов праці**

На всіх ділянках виробництва необхідно провести наступні заходи для покращення умов праці:

- забезпечити достатній рівень автоматизації технологічного процесу;
- удосконалювати засоби контролю рівнів шкідливих та безпечних факторів на робочих місцях;

### **Висновки**

В цьому розділі було розглянуто шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати при впровадженні даного проекту, і способи боротьби з ними.

Правильне виконання розрахунку освітлення та підтримка нормованого мікроклімату має важливе значення для забезпечення нормованих і зручних умов праці обслуговуючого персоналу. В цілому можна виділити такі причини

150589.MP.01.011 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /12
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

поганого стану охорони праці в галузі: використання недосконалого обладнання; низький рівень трудової дисципліни, обумовлений відсутністю економічних стимулів при проведенні норм і правил охорони праці та застосування економічних санкцій при їх порушенні. Щоб покращити умови в приміщенні виробництва можна скористатися такими пропозиціями:

1. Для дотримання умов праці необхідно забезпечити надійну подачу свіжого повітря в робоче приміщення за допомогою вентиляційної системи.

2. Щоб запобігти травмуванню та виникненню травмонебезпечних ситуацій потрібно утримувати обладнання у справному стані.

3. Понизити рівень шуму на виробництві можна шляхом удосконалення будови звукопоглинаючих перегородок, стін, перекриттів; обладнанням устаткування спеціальними фундаментами або вітрозахисними амортизаторами.

4. Так-як уникнення шуму на робочому місці не є можливим, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту - шумозахисні навушники.

## 12. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

У процесі суспільного виробництва щорічно в обіг залучається близько 1,5 млрд. тон природних ресурсів. Відходи, енергетика, металургія та інші галузі промисловості накопичують до 15 мільярдів тонн і продовжують збільшуватися більш ніж на мільярд тонн щорічно. Невідновлювані мінеральні ресурси виснажуються, ґрунти та водойми сильно забруднюються, а все більша кількість шкідливих хімічних речовин насичує повітряний басейн. Надмірне нарощування галузей з високим споживанням води призвело до того, що всі наявні водні ресурси знаходяться на межі виснаження.

Інтенсифікація сільського господарства, збільшення техногенного навантаження на земельні ресурси, безконтрольне використання хімічних засобів в умовах низької технологічної культури призводить до прискореної деградації ґрунтів, їх родючості.

На території України практично немає водоносних горизонтів питної води, де б не було знайдено пестицидів, нітратів.

Основним принципом екологічного менеджменту є еколого - економічний принцип, який забезпечує максимальний прибуток при мінімальних витратах і мінімальних екологічних порушень. В цьому випадку дуже дорога маловідхідна технологія може стати вигіднішою технології, що не забруднює природу. Але для цього повинна проводитись спеціальна політика держави, спрямована на збереження природних ресурсів і довкілля в цілому. Спроби запровадження такої політики мають прояв. Вже в 1991р. Верховною Радою України був прийнятий Закон України “Про охорону навколишнього природного

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Охорона довкілля	150589.MP.01.012 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/3

середовища”. В цьому документі підкреслюється, що основним принципом управління охороною навколишнього природного середовища є розробка та використання економічних важелів, які повинні створити для порушників такі умови, при яких забруднення навколишнього природного середовища буде економічно не вигідним. До таких важелів, в першу чергу, слід віднести стягнення зборів (платні) за забруднення навколишнього природного середовища, а саме: поверхневих вод, підземних вод, атмосферного повітря та розміщення відходів виробництва, а також зборів за використання природних ресурсів, до яких належить і вода.

При цьому стягнення зборів за забруднення навколишнього природного середовища викидами із стаціонарних джерел, скидами та розміщенням відходів в межах лімітів, затверджених для цукрових заводів, відноситься до валових витрат виробництва, а за перевищення лімітів - за рахунок їх прибутку.

Потрібно сказати, що лише одні санкції з боку державних органів недостатньо для вирішення екологічних проблем. Необхідно розвивати загальне усвідомлення цих проблем та усвідомлення ролі кожного у їх вирішенні. Людина, яка обізнана з цією проблемою, вирішить її як на побутовому рівні (збирання сміття після пікніка в лісі), так і під час своєї професійної діяльності, яка займається екологічно небезпечним виробництвом.

Вплив забруднювачів виробництва на людину.

Основними шкідливими речовинами, які впливають на стан здоров'я, є CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, CO, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, пара формаліну, пил. Вміст шкідливих речовин у робочих приміщеннях не повинен перевищувати ГДК. У разі перевищення ГДК знижується працездатність людей, погіршується самопочуття, що є причиною професійних захворювань.

Нормативи основних забруднювачів представлені в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1.

Речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	0,5
CO	20
SO <sub>2</sub>	10
NH <sub>3</sub>	20
H <sub>2</sub> S	10

### Висновок.

Хоча сьогодні про збереження природного середовища мало говорити, на практиці робиться дуже мало, і дії щодо подолання техногенного навантаження співмірні з самим навантаженням, це навіть не обговорюється. У самій фразі "техногенне навантаження" міститься зміст того, звідки вона походить, і хто повинен її долати. Часто шкоду природі завдають технічні засоби, тому велика увага всіх інженерів у своїй професійній діяльності повинна бути спрямована на вирішення або хоча б ускладнення цієї глобальної проблеми.

## 13. МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Необхідність проведення маркетингового обґрунтування обумовлене визначенням економічної доцільності проведення визначеної попередньої кристалізації в процесі переробки молочної сироватки

### 13.1 Загальна характеристика ринку.

#### 13.1.1. Опис та характеристика товару

Значення основних фізико-хімічних характеристик:

Таблиця 13.1



Вологість, мах	3,0%
Жир, мах	1,0%
Білок, min	10,0%
Кислотність, мах	5°t
Індекс розчинності (см <sup>3</sup> осаду), мах	0,5
Лактоза, min	80%
Зола, мах	1,0%
Ph (10% розчин), мах	6,5
Бакосеменність, мах	10 000 на г
Палочки колі	відсутні в 0,1 г
Сальмонела	відсутня в 25 г
Антибіотики	відсутні
Чистота, Мах	диск А

Термічна стабільність: 12% розчин, кип'ятіння протягом 3 хвилин (100°C).

Після кип'ятіння розчинення без флокула або осаду.

Смак та запах: абсолютно чистий смак, без сторонніх запахів.

Консистенція: порошок сухий та однорідний.

Колір: однорідний кремовий або білий.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Маркетингове обґрунтування проекту	150589.MP.01.013 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/8

Упаковка: 4-шаровий паперовий термоізоляційний пакет з одношаровим пластиковим пакетом всередині, мінімальною товщиною 0,075 мм. Внутрішній поліетиленовий пакет окремий і не поєднується із зовнішнім пакетом.

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

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

### 13.2 Опис та характеристика ринків

У країнах з передовою молочною промисловістю сироватка вже давно є цінною сировиною. На жаль, представники вітчизняної харчової промисловості почали усвідомлювати цей факт порівняно недавно, як з технічних причин - відсутність економічно ефективних технологій переробки, так і через психологічний фактор: тривалий час цей продукт сприймався як відходи виробництва.

На сьогоднішній день ситуація докорінно змінилася. В Україні вже існує ринок сироватки з чіткими лідерами з його переробки та продажу. У той же час, за порівняно короткий проміжок часу вітчизняні компанії змогли збільшити терміни виробництва і навіть стали конкурентоспроможними на світовому ринку сухої сироватки. Багатьом операторам стало відомо про ціну сировинної сировини, враховуючи її низьке (майже нульове) значення та загальний дефіцит сировинного молока. Тому більшість аналітиків бачать величезний економічний потенціал переробки сироватки в Україні. Україна поки залишається в числі світових лідерів з виробництва сирів – молочні (сиромолочних) виробів заводи отримують величезну кількість сироватки.

Оцінка ефективності базується на порівнянні інвестицій із очікуваними грошовими потоками за допомогою методів дисконтування, тобто визначення теперішньої вартості майбутніх доходів.

### 13.3 Аналіз ринку збуту

- Близько 70% сирої сировини зосереджено на двадцяти сир заводах.

- Попит на суху сироватку в Україні зростає.
- П'ять найкращих компаній виробляють щонайменше три чверті загального виробництва сухої сироватки в країні.
- У молочній промисловості України найчастіше використовується суха сироватка у виробництві консервованих молока та морозива.
- Українська суха сироватка імпортується в більше 30 країн

Основними виробниками сухої сироватки в Україні:

Таблиця 13.2

Виробництво сироватки по підприємствам		Відхилення			
Підприємство	Область	Січень-Серпень 2021, т	Січень-Серпень 2022, т	Доля 2021, % Абсолютне	2022 к 2021, % Відносне
<b>Всього</b>		<b>38 069</b>	<b>41 608</b>	<b>100%</b>	<b>109%</b>
Дубномолоко, ПАО	Рівненська	5 513	5 497	13%	100%
Тульчинський філіал, Фуд Девелопмент	Вінницька	4 966	5 269	13%	106%
Золотоношський МДК, ПАО	Черкаська	2 984	4 067	10%	136%
<b>Пирятинський СЗ, ЧАО</b>	Полтавська	3 652	4 007	10%	110%
Техмолпром, ООО	Полтавська	4 415	3 912	9%	89%
Канівський МСЗ, ПАО	Черкаська	3 052	3 196	8%	105%
Андрушевський МСЗ, ООО	Житомирська	1 214	1 882	5%	155%
Менський Сир, Філія	Чернігівська	1 345	1 823	4%	136%
Звенигородський СДК, ПАО	Черкаська	1 605	1 679	4%	105%
Интер-Фуд, Рожищенская Філія	Волинська	1 388	1 674	4%	121%
Ахтирський СК, Філія	Сумська	715	1 536	4%	215%

Таблиця 13.3

Виробництво сироватки по компаніям		Відхилення		
Компанія	Січень-Серпень 2019, т	Січень-Серпень 2020, т	Доля 2020, % Абсолютне	2020 к 2019, % Відносне
<b>Всього</b>	<b>38 069</b>	<b>41 608</b>	<b>100%</b>	<b>109%</b>

<b>Молочний Альянс</b>	6 636	8 102	19%	122%
Терра Фуд	6 354	6 943	17%	109%
Комо	5 513	5 497	13%	100%
Альміра	5 341	3 912	9%	73%
Мілкіленд Україна	2 293	3 359	8%	146%
Клуб Сира	3 052	3 196	8%	105%
АП Альянс	1 214	1 882	5%	155%
Савенсія	1 605	1 679	4%	105%
Бель Шостка Україна	1 258	1 423	3%	113%
Моліс	1 186	1 181	3%	100%
Хмельницький ЗСМ	961	1 021	2%	106%

### 13.4 Аналіз зовнішнього маркетингового середовища.

#### 13.4.1 Аналіз основних виробників

ВАТ «Молочний Альянс» - це група компаній, яка об'єднує потужні підприємства з виробництва та продажу основних видів молочної продукції, лідер молочної галузі в Україні.

Історія групи компаній молочного альянсу розпочалася в 2006 році з придбання декількох великих молочних підприємств та їх об'єднання. Сьогодні Група компаній Milk Alliance - компанія з централізованою структурою управління фінансами, закупівлями, маркетингом, виробництвом, логістикою та продажами. Виробничі потужності

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

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

Група підприємств із виробництва цільномолочної та кисломолочної продукції:

- **ПАТ «Яготинський маслозавод»;**

- Філія ПАТ «Яготинський маслозавод» «Яготинське для дітей» — новий завод дитячого молочного харчування.

Підприємство із збору та обробки молока та молочної продукції:

- ПрАТ «Тростянецький молочний завод».

### **Показники діяльності**

За останні три роки компаніями групи Молочного альянсу було перероблено понад 1,5 мільйона тонн молока. У першій половині 2019 року обсяг переробки молока становив 250,4 тис. Тонн або 17% ринку.

Виробництво готової молочної продукції компанією в першому півріччі 2019 року склало 88,6 тис. Тонн, що демонструє зростання на 7% порівняно з аналогічним періодом 2018 року. Зростання та чистий дохід від реалізації групи продуктів Milk Alliance Group. У першому півріччі 2019 року цей показник становив близько 1,4 млрд грн, що на 6% більше, ніж за аналогічний період 2018 року.

Частка ринку Групи молочного альянсу у виробництві цільномолочної продукції у першій половині 2019 року становила 9% українського ринку.

Порівняно з 2018 роком цей показник виріс на 77%. Група компаній Milk Alliance є найбільшим виробником жирних сирів в Україні (частка ринку становить 18% станом на перше півріччя 2016 року). Компанія також є абсолютним лідером з експорту натурального сиру за кордон. За підсумками першого півріччя 2018 року частка ринку Групи молочного альянсу в експорті цього виду продукції становила 39%.

### **Інновації та інвестиції**

150589.MP.01.013 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /8
---------------------	---------------	-----------------	----------------	-------------

Усі найбільші підприємства групи компаній «Milk Alliance» мають сертифікацію відповідно до міжнародних стандартів управління та контролю якості ISO 9000 та HASSR. Компанія відповідає за контроль за технологічними процесами та обладнанням своїх підприємств, а також за впровадження інноваційних технологій. Таким чином, за останні сім років компанії групи молочного альянсу витратили понад 525 млн грн. капіталовкладення.

### Екологія та охорона навколишнього середовища

За останні три роки було здійснено мільйони інвестицій:

- будівництво власних нових очисних споруд на ПАТ «Баштанський сирзавод» та ПАТ «Золотонський нафтогазовий завод»;
- реконструкція діючих потужностей ВАТ «Пирятинський сирзавод»;
- впровадження нанофільтраційних установок на підприємствах, які виключають потрапляння сироватки до заводських стоків.

Основними конкурентами компанії в Україні є:

Таблиця 13.4

Виробництво сироватки по компаніям				
Компанія	Січень-Серпень 2021, т	Січень-Серпень 2022, т	Доля 2022, %	2022 к 2021, %
<b>Всього</b>	<b>38 069</b>	<b>41 608</b>	<b>100%</b>	<b>109%</b>
<b>Молочний Альянс</b>	6 636	8 102	19%	122%
Терра Фуд	6 354	6 943	17%	109%
Комо	5 513	5 497	13%	100%
Альміра	5 341	3 912	9%	73%

Аналіз ринків може бути представлений у вигляді таблиці SWOT-аналізу:

SWOT-аналіз - це виявлення сильних, слабких сторін, можливостей та загроз (як зовнішній фактор).

SWOT аналіз підприємства з виробництва сироватки

«АТ «Пирятинський сирзавод»

### Матриця SWOT-Аналізу

Таблиця 13.5

Можливості:	Загрози:
1. Підвищення рівня життя населення 2. Зміна рекламних технологій	1. Зміна переваг покупки 2. Поява продуктів-замінників

3. Поява нових постачальників 4. Зміни в моді 5. Зниження цін на сировину та готову продукцію 6. Зниження податків і зборів 7. Удосконалення управління 8. Розорення та від'їзд продавців 9. Зниження імперативних норм законодавства 10. Удосконалення технології виробництва 11. Пропозиції щодо співпраці від вітчизняних підприємств 12. Невдала поведінка конкурентів	3. Зміна правил імпорту продукції 4. Збої в постачанні товару 5. Поява принципово нового продукту 6. Зниження життєвого рівня населення 7. Зростання інфляції 8. Жорсткість закону 9. Зміна рівня цін 10. Курси валют 11. Поява нових проблем 12. Збільшення конкурентної ваги конкурентів 13. Збільшення податків і зборів 14. Посилена конкуренція 15. Зростання рівня безробіття 16. Погіршення політичної ситуації 17. Націоналізація бізнесу 18. Поява нових фірм на ринку
---	--

<b>Сильні сторони:</b>	<b>«Сила і можливість»</b>	<b>«Сила і загрози»</b>
1. Надійний моніторинг ринку 2. Створена мережа продажів 3. Широкий асортимент продукції 4. Високий контроль якості 5. Висока рентабельність 6. Збільшення кількості товарообігу 7. Висока кваліфікація персоналу 8. Гарна мотивація людини-лу 9. Достатня популярність	- доступ до нових ринків, збільшення асортименту, додавання супутніх товарів та послуг дозволять забезпечити наявність фінансових ресурсів; - достатня популярність сприятиме виходу на нові ринки; - кваліфікація персоналу, контроль якості, невідала поведінка конкурентів та розвиток рекламних технологій дозволять не відставати від зростання ринку; - чітка стратегія дозволить використовувати всі варіанти.	- підвищення конкуренції, державна політика, зростання інфляції та податків, зміна смаків споживачів впливатимуть на стратегію; - поява конкурентів спричинить додаткові витрати фінансових ресурсів; - популярність захистить від продуктів, що замінюють, та додасть конкурентних переваг; - надійний моніторинг виявить зміни у смаках споживачів.
<b>Слабкі сторони:</b>	<b>«Слабкість і можливість»</b>	<b>«Слабкість і загрози»</b>

1. Збої в постачанні	- погана рекламна політика створить труднощі при виході на нові ринки, збільшуючи асортимент	- поява нових конкурентів, низький рівень сервісу та посередній рівень цін
2. Недоліки реклами в політиці	додавання додаткових супутніх товарів та послуг;	погіршують конкурентні позиції;
3. Середній рівень цін	- неспроможність персоналу приймати рішення та недостатній контроль за виконанням доручень, зменшуючи безробіття, може призвести до саботажу;	- несприятлива державна політика може призвести до виходу з галузі;
4. Низький рівень обслуговування (додаткові послуги)	- зниження рівня цін, розміру податків і зборів при збереженні середнього рівня цін дозволить отримувати надлишки.	- непродумана рекламна політика не заважає клієнтам змінити смак;
5. Не повне використання потужностей		- Неповне використання виробничих потужностей, оскільки темпи зростання інфляції та обмінного курсу можуть призвести до банкрутства.
6. Залучення персоналу до управлінських рішень		
7. Недостатній контроль за виконанням доручень та доручень		

При всьому різноманітті екологічних та внутрішніх факторів можна помітити їх поділ на дві групи: ті, що підлягають управлінню фірмою, і ті, які не піддаються такому менеджменту. Цей поділ важливий з точки зору прогнозування, дослідження ринку, стратегічного та іншого планування, постановки цілей.

Розробляючи стратегію, важливо пам'ятати, що можливості та загрози можуть перетворитись на протилежності. Для успішного використання Swot-аналізу навколишнього середовища організації важливо не лише вміти виявляти загрози та можливості, але й намагатися оцінити їх з точки зору важливості обліку кожної з виявлених загроз та можливостей у стратегія їх поведінки.

Позиціонування на матрицях можливостей та загрози є найбільш часто використовуваним методом для цієї оцінки (див. Таблицю).

150589.MP.01.013 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш /8
---------------------	------------	--------------	----------	----------

Після проведеного аналізу для компанії «Пірятинський сирзавод» найбільш вагомими та ймовірними були можливості розширення частки ринку, розширення асортименту та розробки нового напрямку продажу супутніх товарів.

Проаналізувавши позиціонування загроз, було встановлено, що:

- до критичного стану фірми можуть призвести або увійти в галузь великої кількості конкурентів і докорінна зміна смаків споживачів;

- обмежувальна політика органів державної влади, така як підвищення митних зборів і зборів, підвищення транспортних тарифів та зміна правил торгівлі може призвести до руйнування компанії або її виходу з галузі.

***Висновки:***

Оцінюючи регуляторні зміни значень показників, що дозволяють визначити ефективність та економічність компанії, дозволяють зробити висновок про можливість виконання проекту.

Проект відповідає вимогам споживачів, підвищує конкурентні переваги підприємства, утримуючи його лідером країни з виробництва та експорту сухої сироватки.

## ВИСНОВКИ

Метою магістерської роботи є вдосконалення процесів кристалізації молочної сироватки, що забезпечить вищу продуктивність праці з мінімальними витратами на виробництво та забезпечити вихід якісної продукції. Основною задачею роботи є підбір перемішуючого пристрою та робочого режиму кристалізатора, що забезпечить оптимальний режим кристалізації з забезпеченням якісного виходу продукту.

Для виконання поставленої цілі в роботі були виконано наступне:

- проаналізовано технологічні процеси, конструкції апаратів які застосовувалися до цього часу;
- приведені аргументи для необхідності впровадження модернізації даного обладнання з позицій економічної, соціальної, технічної доцільності;
- проаналізовано існуюче обладнання, описано принцип його роботи, зроблені висновки щодо недоліків, які вони мають, наданий опис їх технічного рішення;
- описано схему кристалізації сироватки, режими перемішування, методи контролювання, характеристики готової продукції;
- створена розрахункова математична модель в програмному комплексі FlowVision, визначено оптимальний діаметр перемішувального пристрою  $d=2075\text{мм}$  та оптимальну кутову швидкість 16 об/хв; обґрунтовано особливості теплопередачі в пограничному шарі;
- описано устрій та принцип роботи кристалізатора сироватки;
- розраховано конструктивні розміри мішалки, визначені її показники;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Висновки	150589.MP.01.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/2

- виконано міцнісні розрахунки мішалки;
- розраховано апарат на міцність у місці перемішування;
- розраховано апарат та визначено товщину обичайок корпусу і товщини стінки еліптичного днища;
- підібрані опори для апарата, визначено діаметра патрубка штуцера і перевірено корпус апарата на місцеву стійкість у стиснутій зоні;
- розраховано апарат на теплопередачу та визначено необхідну площу теплопередачі апарата;
- вибрані матеріали які застосовуються при виготовленні деталей кристалізатора;
- розроблено технологічний процес складання кристалізатора;
- визначене розміщення і монтаж установки;
- вказані причини і наслідки несправностей;
- визначена методика проведення ремонтних робіт;
- обґрунтовано доцільність автоматизації виробничого процесу. Підібране необхідне оснащення обладнання засобами контролю та автоматизації;
- вказані необхідні правила та заходи для уникнення виробничого травматизму, які базуються на законодавстві України та відповідних нормативно-правових актів;
- наведено аналіз впливу шкідливих викидів діючого підприємства на зовнішнє природне середовище.

Даний кристалізатор відрізняється від існуючих аналогів вищою продуктивністю та меншими енергетичними затратами. А саме, продуктивність підвищено за рахунок швидшої теплопередачі, що підтверджено розрахунками та дослідженнями.

В результаті модернізації:

- зменшуються витрати охолоджувального теплоносія;
- зменшуються електроенергетичні витрати;
- збільшується час між ремонтними періодами установки;

150589.MP.01.000 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а UA	Аркуш 2/2
---------------------	---------------	-----------------	----------------	--------------

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Криворот, А.С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. / А.С. Криворот. — М.: Машиностроение, 1986. — 376с.
2. Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. — Л.: Машиностроение, 1990.- 752с.
3. Бакланов, Н.А. Перемешивание жидкостей. / Н.А. Бакланов. — Л.: Химия, 1999.- 64с.
4. ГОСТ 14 249—73.
5. ГОСТ 14 246—69.
6. Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision. Руководство пользователя. — М.: ТЕСИС, 2006, 332с.
7. Бабко, Є.М. Основи розрахунків конструктивних елементів обладнання. Курс лекцій. /Є.М. Бабко, М.М. Даценко, І.В. Житецький. — Київ НУХТ, 2007, 56с.
8. Федотов, А.А. Исследование процесса массовой кристаллизации  $\alpha$  лактози. Диссертация. / А.А. Федотов. — Воронеж 2001, 130 с.
9. Исаченко, В.П. Теплопередача издательство трете. / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сухомел. — М.: Энергия, 1985 , 488с.
10. Альтшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинаміка. / А.Д.Альтшуль, П.Г.Киселев. — М.: 1985, 210с.
11. Данилова, Г.Н. Теплообменные аппараты холодильных установок. / Г.Н. Данилова. — Л.: Машиностроение, 1986, 230с.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фабіянський П.Ю.	Назва, додаткова назва  Список використаних джерел	150589.MP.01.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова а ua	Аркуш 1/2

12. ТУ У 15.5 – 00419880 – 089 : 2009 «Сироватка молочна демінералізована суха» (СД - НФ). Технічні умови.
13. Малезик, І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв. / І.Ф.Малезик. – Київ, НУХТ 2003р. 395с.
14. Технология молока и молочных продуктов. / Г.Н. Крусь, А.Г. Храмцова, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев. – М.: «Колос» 2006, 458 с.
15. Michaels A.S., Van Creveld A. Influences of additives on growth rates in lactose crystals. Ned. Melk-Zuiveltijdschr., 1986, Jrg. 20, nr.3, s. 163.
16. Mitzner R., Behrenwald E. Beitrage zur Kinetik der Mutorotation von Zuckern. Z phys.Chem. (Leipzig), 1971. - Bd. 246. - Nr.1-2. - S.25.
17. Van Creveld A. Growth rates in lactose crystals in solutions of stable anhydrous  $\alpha$ -lactose. Ned. Melk-Zuiveltijdschr., 1969, Jrg. 23, nr. 4, s. 258-263.
18. Van Creveld A. Growth rates in lactose crystals in solutions of stable anhydrous  $\alpha$ -lactose. Ned. Melk-Zuiveltijdschr., Eng. J., 1974, Vol. 20, No. 2, P. 410.
19. Hudson C.S. The hydration of milk sugar in solution. J. Am. Chem. Soc., 1904. - Vol.26. - No.2. - P.1065-1082.
20. Huttenrauch R., Keiner I. Uber die Struktur handelsüblicher Lactosen. - Pharmazie. 1975. - Bd.30, - Nr.12. - S.804.
21. Розанов, А.А. Руководство по производству молочного сахара. / А.А. . Розанов. – М., Пищепромиздат. 1982. - 67 с
22. Зайковский, Я.С. Разложение, растворимость и кристаллизация молочного сахара. / Я.С Зайковский. – Труды Омского СХИ. 2000. - Т.19. - С.73-105.
23. Технология молока и молочных продуктов. / П.Ф.Дьяченко , М.С.Коваленко, А.Д.Грищенко, А.И.Чеботарев. – М., Пищевая промышленность. - 1984.-448 с.
- 24.. Полянский, К.К. Кристаллизация лактозы: физико- химические основы. / К.К.Полянский , А.Г. Шестов – Воронеж., Изд-во ВГУ, 1995, 186 с.

25. Grootscholten P.A.M., Brekel L.D.M., De Jong E.J. Effect of Scale-up on Secondary Nucleation Kinetics for the Sodium Chloride/Water System // Chem. Eng. Res. And Des. 1984. - V.62. - N.3.- P.179-189.

150589.MP.01.000 ПЗ

Інд.  
змін.

Дата  
видання

Мов  
а  
UA

Аркуш  
2/2