

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

\_\_\_\_\_ Блаженко С.І.  
(підпис)(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ Мирончук В.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Кваліфікаційна робота**  
**на здобуття освітнього ступеня магістра**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
освітньо-професійної програми  
Інжиніринг харчових виробництв

на тему:

**Дослідження процесу ультрафільтрації молока з метою підвищення  
концентрації білку**

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-4М

Бузовський Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник: Лементар Святослав Юрійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2021р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг харчових виробництв»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТОКТП  
проф. Мирончук В.Г.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бузовського Олександра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження процесу ультрафільтрації молока з метою підвищення концентрації білку

керівник проекту (роботи) Лементар Святослав Юрійович, доц., кандидат тех. наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» листопада 2020 р. № 925-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021р.

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

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Анотація; Зміст; Вступ; 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):

Технологічна схема – 1 аркуш; Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Деталі та вузли обладнання – 2 аркуші; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 3 аркуші.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 14.09.2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	05.10.2020	
2	<i>Аналітичний огляд стану питання</i>	12.10.2020	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	20.10.2020	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	20.11.2020	
5	<i>Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>	25.11.2020	
6	<i>Розрахункова частина</i>	15.12.2020	
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	18.12.2020	
8	<i>Технологія машинобудування</i>	25.12.2020	
9	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>	02.01.2021	
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	09.01.2021	
11	<i>Заходи по охороні праці</i>	14.01.2021	
12	<i>Охорона довкілля</i>	17.01.2021	
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	25.01.2021	
14	<i>Висновки</i>	28.01.2021	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	30.01.2021	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.02.2021	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Бузовський О.О.**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Лементар С.Ю.**

(прізвище та ініціали)

## Анотація

**Мета досліджень** – розробка обладнання та раціональних режимів мембранної ультрафільтрації молока з метою підвищення концентрації білку.

**Об'єктом дослідження** є процес концентрування білку в молоці з допомогою методу мембранної ультрафільтрації.

**Предметом дослідження** є обладнання для проведення процесу мембранної ультрафільтрації молока.

У роботі проаналізовано аналіз сучасного стану молочної галузі в Україні та світі, визначено методи дослідження мембранного ультрафільтраційного процесу концентрування речовин, виконано дослідну частину, проведено відповідні розрахунки, які обґрунтовують раціональність запропонованих рішень.

В розділі «Технологія машинобудування» наведено технологію складання мембранного модуля ультрафільтраційної установки. У розділі «Монтаж, ремонт та експлуатація» описуються усі необхідні заходи щодо компонування та розміщення обладнання, монтаж установки, її експлуатація та ремонт. В розділі «Заходи з охорони праці» описуються умови, яких треба дотримуватися для запобігання нещасних випадків, використання обладнання згідно регламенту, а також заходи з підготовки та перепідготовки персоналу.

**Ключові слова:** ультрафільтрація, концентрація, пермеат, концентрат, мембрана.

**Обсяг магістерської роботи** – \_\_\_\_ сторінок.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Бузовський О.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Анотація</b>	<b>150518.MP.12.000.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> Миранчук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/2	

## Summary

**The purpose of research** is to develop equipment and rational modes of membrane ultrafiltration of milk in order to increase protein concentration.

**The object of the study** is the process of concentrating protein in milk using the method of membrane ultrafiltration.

**The subject of the study** is the equipment for the process of membrane ultrafiltration of milk.

The analysis of the current state of the dairy industry in Ukraine and the world is analyzed, the methods of research of membrane ultrafiltration process of concentration of substances are determined, the experimental part is performed, the corresponding calculations are substantiated, which substantiate the rationality of the proposed solutions.

In the section "Mechanical Engineering Technology" the technology of assembling the membrane module of the ultrafiltration unit is given. The section "Installation, repair and operation" describes all the necessary measures for the layout and placement of equipment, installation, operation and repair.

The section "Occupational safety measures" describes the conditions that must be met to prevent accidents, use of equipment in accordance with the regulations, as well as measures for training and retraining of personnel.

Key words: ultrafiltration, concentration, permeate, concentrate, membrane.

The volume of the master's thesis is \_\_\_\_ pages.

## Зміст

Анотація .....	
Зміст.....	
Вступ.....	
1. Аналітичний огляд стану питання .....	
2. Методика проведення досліджень .....	
3. Дослідна частина та узагальнення результатів .....	
4. Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого обладнання .....	
5. Розрахункова частина .....	
6. Підбір конструкційних матеріалів .....	
7. Технологія машинобудування .....	
8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання .....	
9. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування .....	
10. Заходи з охорони праці.....	
11. Охорона довкілля .....	
12. Маркетингове обґрунтування проекту .....	
Висновки .....	
Список використаних джерел.....	

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Бузовський О.О.	<i>Назва, додаткова назва</i>  <b>Зміст</b>	<b>150518.MP.12.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Миранчук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1

## Вступ

Молочна галузь промисловості приділяє великий інтерес новітнім інноваційним методам підготовки та очистки сировини. Впровадження прогресивних мембранних процесів насамперед таких як: мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотній осмос, нано фільтрація, електродіаліз приносять колосальні дивіденди країнам з добре розвиненою молочною промисловістю

Суть мембранних процесів лежить у розділенні на фракції багатокomпонентної рідкої сировини за допомогою мембран, що дають змогу розділити систему на дві основні частини "концентрат" і "фільтрат" у відповідності розмірів молекул всіх компонентів.

Усі молочні білки мають біологічно активні ознаки і використовуються в продуктах функціонального харчування (ПФХ).

Сучасний світовий ринок ПФХ на 65% складається із молочних продуктів. До їх складу входять, біологічно активні білки, біфідобактерії, молочнокислі організми, або їх консорціуми, пептиди, вітаміни, амінокислоти, олігосахариди, мінеральні речовини та деякі інші нутрієнти .

Продукти функціонального харчування володіють не тільки харчовою цінністю, але і є функціональним напрямком дії в людському організмі.

Саме тому в нутріціології та харчовій технології з'явився новий термін «здорове харчування».

Є можливість, що в найближчий час ринок функціонального харчування у Європі перевищить 30% від усіх продуктів харчування, які на даному етапі реалізуються. В усьому світі такі продукти перш за все отримують з відходів молочної промисловості .

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вступ</b>	<b>150518.MP.12.000.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/2</b>	

На сьогодні функціональні компоненти з молочних відходів в Україні практично не виробляються. Дані продукти й технології інтегруються в молочну галузь та молочний ринок України завдяки закордонним фірмам або через трейдерів молочного ринку.

Існує багато способів вилучення білку. Білки з молока виділяють тепловою денатурацією при зміні реакції середовища, комплексами, адсорбцією на бентонітах, активованому вугіллі і смолах, електрофільтрацією, електродіалізом, обробкою в електромагнітному полі, ультрафільтрацією.

Найбільш перспективним способом підвищення концентрації білків в молочній сировині є ультрафільтрація. Основною перевагою ультрафільтраційного методу порівняно з іншими є можливість отримання білкового концентрату з регульованими вмістом і властивостями.

## 1. Аналіз сучасного стану питання

Специфіка молокопереробної галузі лежить в тому, що якість сировини в подальшому визначає якість готової продукції. Більше 55% молока як сировини не задовольняє потреб переробників, особливо в літні місяці. У підсумку споживач нерідко стикається з придбанням неякісної молочної продукції. Низька якість змушує переробників відмовлятися від неякісної сировини або призводить зниженню ціни за сортність, у результаті чого малі ферми несуть фінансові втрати. Якість молока також залежить від технології отримання та первинної обробки молока безпосередньо в умовах ферми.

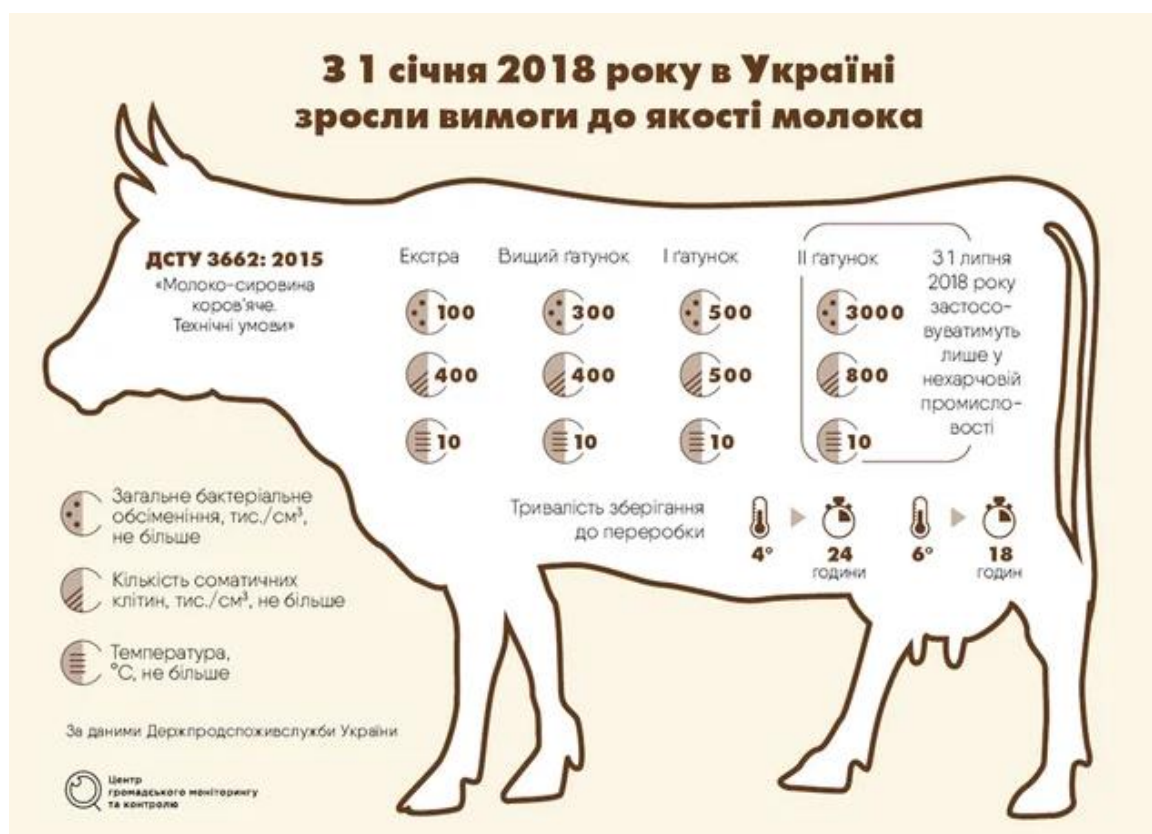


Рис.1.1. Вимоги до якості молока.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Бузовський О.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Аналіз сучасного стану Обробки молока</b>	<b>150518.MP.12.001.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Миранчук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/6

Як свідчить світовий досвід, розвиток молочної галузі безпосередньо пов'язаний з виробництвом молока в крупних фермерських господарствах. В Україні на сьогоднішній день спостерігається протилежна ситуація: зростає виробництво молока в дрібних господарствах, приватному секторі та зменшується кількість молока, що вироблено сільськогосподарськими підприємствами. Існуючий перерозподіл виробництва молока між різними категоріями господарств створив передумови до незначного загострення конкуренції між виробниками молока з низьким рівнем інтенсивності. Так, на ринку молочної сировини фактичними монополістами продовж 2000-2010 рр. виступають невеликі господарства та приватні подвір'я. У 2010 році частка приватного сектору у загальному обсязі виробництві молока становила 80 % (у 1990 р. – 24,1 %, 2000 р. – 70,9 %, 2005 р. – 81 %, 2009 р. – 80,7 %).

У даний час умови виробництва молока у більшості сільськогосподарських підприємств несумісні з виробленням високоякісної продукції. Вкрай низька технологічна підготовка, відсутність належного державного технічного, санітарно-ветеринарного контролю, недолік фінансового забезпечення вже привели до серйозних проблем.

Особливе занепокоєння викликає зростання поширення мікробних забруднень молочної сировини по всьому ланцюжку - від виробництва до самої реалізації. Проблема економіки якості - одна з першочергових, так як суспільству важливо, якими затратами забезпечується її підвищення: чи присутні оптимальні співвідношення між підвищенням споживчих властивостей та зростаючими витратами виробництва, і чи в повній мірі це відповідає завданню най ефектившого задоволення особистих та виробничих потреб.

Дуже важливе значення набуває порівняння економічної ефективності покращення якості молока з ефективністю молочної галузі. З одного боку, виробництво молочної продукції високої якості потребує додаткових

грошових витрат на підвищення кваліфікації персоналу, закупівлю новітнього обладнання, гігієнічних засобів для догляду за тваринами, миючих, дезінфікуючих засобів. Але якщо поглянути з іншого боку, слід пам'ятати, що дані витрати економічно виправдані, тому що сприяють збільшенню терміну зберігання й сортності сировини також молочної продукції, а значить, дозволяють реалізувати продукцію з більшою ціною і отримати додатковий валовий прибуток. Окрім того, якісне молоко користується постійним попитом споживача. А ось при поверненні або псування його через неякісність, призведе до прямих втрат коштів. Якщо до цього додати втрату репутації - отримані збитки можуть бути колосальними.

Найперспективнішими технологіями переробки та підготовки молока є мембранні методи розділення середовищ з рідкою фазою. Для отримання розчинів концентрату лактози та білкових речовин практичний інтерес представляють: нано фільтрація, мікро фільтрація, ультра фільтрація, електродіаліз та мембранна дистиляція, зворотній осмос. Застосовуючи ці процеси, маємо можливість розділяти та концентрувати різні компоненти молока й одержувати біологічно повноцінні концентрати лактози та білків, очищених від мінеральних солей. Такі концентрати в Україні майже не виробляють, подібні білкові продукти приходять з-за кордону на підприємства молочної промисловості для подальшого виготовлення дитячого харчування.

Запорукою галузевого розвитку є ефективність виробництва молока. Не дивлячись на те, що ціна молока і молочних продуктів в Україні досить висока і постійно зростає, рентабельність виробництва молока у край низька. Якщо на початку 90-х рр. рентабельність виробництва досягала 32,2%, то у 2010 р. була на рівні 1,4 %.

Переробкою молока на Україні займається більше 300 підприємств, проте майже 80 % ринку контролює 50 заводів, значна частина яких входить до складу великих холдингів.

На сьогодні найбільш впливовими на українському ринку молока та молочних продуктів є компанії Юнімілк Україна (ТМ «Био-Баланс», «Галактон», «Кремез», «Простоквашіно», «Украинское»), Мілкіленд-Україна (ТМ «7-я», «Добряна», «Коляда», «Крынка») та Вімм-Білл-Данн Україна (ТМ NEO, «Веселый молочник», «Домик в деревне», «Слов'яночка»). У 2009 році сумарна частка трьох найбільших компаній галузі на ринку становила 22 %, 2010 року перша трійка гравців контролювала 21 % ринку.

В даний час в Україні не проводяться розробки нових технологій комплексної переробки молока та очищення саме молочної сировини мембранними методами. В західних країнах над цими питаннями займаються такі фірми як: «Амікон/Рамікон»(США), «Мілліпор»(США), «Альфа-Лаваль»(Швеція), «Мембранфлоу»(Германія), «Тамі»(Франція) та інші.



Рис.1.3. Приклад використання ультра фільтраційної установки в промисловості.

Аналізуючи світову статистику на сьогоднішній день всього 7-12% початкової сировини перетворюється на кінцевий продукт, залишкова частина на різних стадіях виробництва скидається у відходи. Молочна промисловість була практично першою з галузей харчового ринку, в якій на

початку 70-х років за кордоном, почали з'являтися УФ системи. В даний час, близько 10 % світового виробництва переробляється шляхом УФ, з якої отримують в подальшому 50000-80000 т концентратів білка в рік залежно від вмісту білка в продукті. В середині 80-х років вироблялось понад 150000-200000 т/рік різних м'яких сирів з використанням мембранних процесів, у Франції та Данії з застосуванням УФ виробляється приблизно 30 % загального обсягу натуральних сирів.

**Сфера використання** мембранних процесів значно розширилася впродовж останніх років, особливо у харчовій промисловості. Це пов'язано не тільки з високою якістю продукції, яку можливо отримати за рахунок мембранних технологій, а також з постійним зростанням вартості енергоносіїв: газ, вугілля, електроенергія. Зазвичай, у технологіях харчових виробництв в концентруванні розчинів застосовують випарні установки. Вони споживають значну кількість теплової енергії. Зараз на противагу тепловим процесам, мембранні потребують набагато менше енергії в цілому, яке робить доцільним їхнє використання в багатьох галузях.

Мембранні методи можна поділити на декілька основних типів: мікро фільтрація, ультрафільтрація, нано фільтрація, зворотній осмос, мембранна дистиляція, електродіаліз. Ґрунтуються дані методи на гетерогенних властивостях фільтруючого продукту з певною селективністю компонентів за молекулярною масою, розмірами, іонною силою.

Основним елементом мембранного обладнання являються напівпроникні мембрани з різною структурою та діаметром пор, однокових з молекулами, що знаходяться в розчині. В залежності від розмірів пор мембран буде різнитись і саме розділення компонентів розчину: частки, з розмірами меншими ніж діаметр пор, проходять через фільтруючу мембрану, а частинки з більшими будуть затримуватися. Вхідна сировина ділиться на фракції в ході чого ми отримуємо два розчини з різними компонентами.

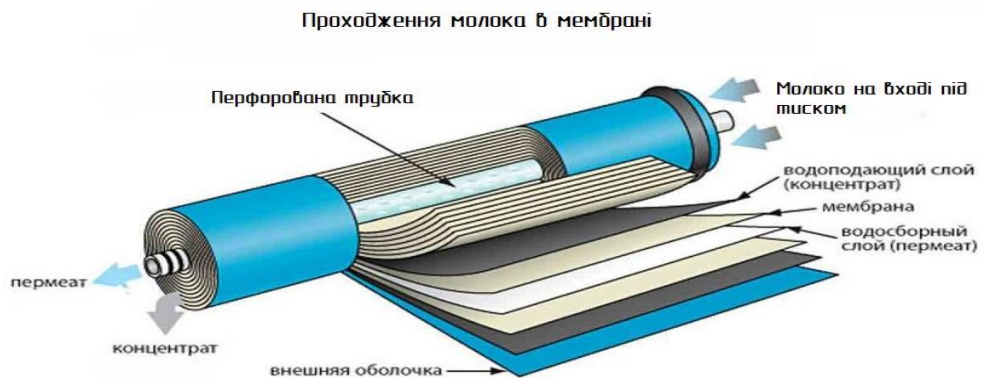


Рис.1.2. Проходження продукту в мембрані.

### Переваги мембранних способів:

- регулювання складу та властивостей розчину при порівняно низьких затратах на електроенергію.
- можливість з одного розчину отримати два різні продукти: зі зменшеною калорійністю та високою біологічною цінністю.
- можливість використання безвідходного виробництва.
- розширення використання продуктів мембранної фільтрації в різних промислових сферах.
- більш раціональне використання продукту.

Процеси, ультрафільтрації, мікро фільтрації, нано фільтрації можна розглядати одними з найпотрібніших і цікавих процесів, з точки зору виробництва новіших натуральних інгредієнтів для харчових галузей. Застосування даних процесів у виробництві молочних продуктів, дає великий економічний та якісний ефект, зберігаючи при всьому цьому нативність харчових інгредієнтів.

Використання УФ молока підвищує кінцевий вихід сиру, наприклад при виробництві сиру Фета витрата молока, як сировини, скорочується з 8,5 до 6,5 кг/кг сиру. Окрім того, УФ концентрування дозволить скоротити витрату молочного ферменту (до 60%), також бактеріальної закваски, зменшити час дозрівання сирів, тривалість технологічного процесу, автоматизувати процес виробництва й контролю.

## 2.Методика проведення досліджень

### 2.1.Теоретичні передумови для застосування процесу ультрафільтрації для перероблення молока

В теперішній час в країнах з розвинутою промисловістю випускається широкий асортимент продуктів, в основі виробництва яких лежить ультра фільтраційна обробка сировини.

Ультрафільтрація (УФ) широко використовується при переробці незбираного питного та знежиреного молока, кисломолочних напоїв, сиру, сирних паст, сметани та інших молочних продуктів.

Використання мембранних методів обробки молока дозволяє підвищити ефективність виробництва тих молочних продуктів, при виробництві яких за традиційною технологією деякі складові частини молока підлягають видаленню. Це кислий та твердий сир, казеїн, вершкове масло. Використання ультрафільтрації дозволяє підвищити вихід кінцевого продукту на 24,7...29,3%. Так, за традиційною технологією витрати молока на виробництво 1 кг твердого сиру складають 7,3...7,5 л, а за технологією з використанням мембранної техніки – зменшуються до 5,3...5,5 л. Це дає отримання значного прибутку підприємству.

Найбільш простим способом використання ультрафільтрації в молочній промисловості є нормалізація молока по білку при виробництві питного молока. Частіше за все концентрування знежиреного молока здійснюється до масової частки сухих речовин 48%. За органолептичними показниками ультра фільтрат молока являє собою однорідну прозору рідину та має запах молока та солодкуватий смак. Таке молоко використовують при виробництві кислого та твердого сиру.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>  <i>Методика проведення досліджень</i>	<b>150518.MP.12.002.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/6</b>

Ультрафільтрація вдало використовується при виробництві кисломолочних напоїв, що виробляються за кордоном цим способом вже у промисловому масштабі. Ультрафільтрація збільшує в продукті вміст білка без значного підвищення вмісту лактози, що призводить до покращення в'язкості та фізичної стабільності продукту.

Найпріоритетним напрямком промислового перероблення молока, залишається отримання згущених концентратів молока. Внаслідок інтенсивного розвитку міжнародного ринку функціональних продуктів, при використанні молочних концентратів створюються новітні методи, вдосконалюються існуючі технології.

### Хімічний склад молока

Вид молока	Вода	Білки			Жири	Лактоза	Мінеральні речовини
		всього	у тому числі				
			казеїн	Альбумін і глобулін			
Коров'яче	85-89	2,9-4,1	2,4-3,2	0,5-0,9	3,0-5,1	4,5-5,0	0,6-0,8
Козяче	85-88	2,7-3,9	2,2-3,0	0,5-0,9	4,0-5,3	4,1-5,3	0,7-0,9
Овече	80-84	5,2-6,7	4,2-5,0	1,0-1,7	5,0-8,5	4,1-4,7	0,7-1,1
Кобиляче	87-91	1,8-2,6	1,0-1,4	0,8-1,2	1,4-2,3	6,2-7,0	0,2-0,5






Рис.2.1. Хімічний склад молока.

Усі білки молока мають біологічно активні властивості та використовуються у продуктах функціонального харчування (ПФХ).

Лактоальбуміни та альбумін використовуються в організмі для структурного обміну, головним чином для регенеруванні білків печінки, утворенні гемоглобіну та плазми крові.

Імуноглобуліни об'єднують групу високомолекулярних білків. Імуноглобуліни одні з основних захисних білків організму, так як мають незамінні якості антитіл речовин, що утворюються в організмі під час введенні в нього різноманітних сторонніх білків (антигенів), а також нейтралізують їх. Імуноглобуліни виконують функцію захисту і слугують носіями пасивного імунітету. Імуноглобуліни молока володіють властивостями аглютинації – склеювання кульок жиру, мікроорганізмів та інших чужорідних клітин.

Лактоферин – глікопротеїд, що вміщує залізо. Він слугує для транспортної функції – зв'язує та переносить в організм людини залізо. Крім того, він володіє захисними властивостями та затримує розвиток кишкової мікрофлори.

Сучасний світовий ринок ПФХ на 65% складається з продуктів молочної сировини. До їх складу входять біфідобактерії чи так звані молочнокислі організми, або їх консорціуми, також стимулятори їх росту, біологічно активні білки, амінокислоти, олігосахариди, вітаміни, пептиди, мінеральні речовини та інші нутрієнти.

Продукти функціонального харчування володіють не тільки харчовою цінністю, але й функціональним напрямком дії в організмі людини.

Тому в нутріціології та харчовій технології з'явився новий термін «здорове харчування».

Припускають, що уже в найближчий час ринок функціонального харчування у Європі перевищуватиме 30% усіх продуктів харчування, що реалізуються. По всьому світі такі продукти перш за все отримують з вторинної молочної сировини.

На даний час функціональні компоненти з молочної сировини в Україні майже не виробляються. Ці продукти та технології інтегруються в молочну галузь та молочний ринок України через поставників з закордонних фірм або трейдерами молочного ринку.

## Основні показники молочної галузі в Україні на 01.01.2020

	1990	2003	2020
Кількість молокопереробних підприємств, од.	643	441	192
Виробництво молока, млн. т	24,5	13,67 (7,0)	9,8 (6,5)
Перероблено молока, млн. т	18	4,5	3,8*
Продукція з незбираного молока, тис. т	6 430	1 230	1 010
Вершкове масло, тис.т	441,1	145,3	89,2
Сир, тис. т	183,8	167,8	128,6
Сухе молоко, тис.т	61,1	19,8	34,1
Згущене молоко, тис.т	166	101,4	74,5
Споживання молока на душу населення, кг	373	220	221(185)

( ) - експертна оцінка

\* - в натуральному виразі (в перерахунку на базові показники – 4,1 млн.т)

Джерело: ЦСУ, Інфазро, СМПУ



3

Рис.2.2. Основні показники молочної галузі в Україні на 01.01.2020.

В даний час існує багато способів виділення білку. Білки з молочної сировини виділяють адсорбцією на бентонітах, тепловою денатурацією при зміні реакції середовища, активованому вугіллі і смолах, електрофільтрацією, обробкою в електромагнітному полі, , електродіалізом, ультрафільтрацією.

Найперспективним способом виділення білків зі знежиреного молока являється ультрафільтрація. Головною перевагою ультра фільтраційного методу при порівнянні з іншими є можливість отримання білкових концентратів з регульованим вмістом і властивостями.

Таблиця 2.1 – Розміри білкових сполук знежиреного молока

Фракція білків	Відносна молекулярна маса, од	Температура денатурації, °С
Термолабільні		
Лактоальбумінова		
β– лактоглобулін	36000	60–90
α– лактоальбумін	16500	60–110
Альбумінна		
(сироватка крові)	69000	75–90
Імуноглобулінова	150000–1000000	75–90
Термостійкі		
Протезо-пептонна	4000–41000	95

Для проведення ультра фільтраційного концентрування використовують напівпроникні ультра фільтраційні мембрани з діаметром пор від 10 до 100 нм, які затримують складові частини з молекулярною масою  $10^4$  та вище. Ультра фільтраційна мембрана затримує тільки високомолекулярні сполуки, та при цьому утворюється білковий концентрат, вміст масової частки сухих речовин в якому перевищує її вміст у початковому розчині в стільки раз, у скільки раз зменшили об'єм продукту під час ультрафільтрації. У фільтрат потрапляє вся лактоза (лише 8–10% залишається у самому концентраті), біля 30% кальцію, 80 % хлору, 90 % натрію і калію, 70 % магнію, 50% фосфору. Окрім цього у пермеат переходять біологічно активні речовини (БАР), бактеріоцини, пептиди і амінокислоти, вітаміни,. В таблиці 2.1 подані дані щодо молекулярної маси і температури денатурації фракцій білків.

### **2.3. Мембрани, що використовуються для розділення знежиреного молока ультрафільтрацією**

Мембрани, які використовуються молочною промисловістю, повинні мати високу хімічну стійкість до взаємодії мікроорганізмів, а також задовольнятися специфічним вимогам – відсутність токсичних компонентів і домішок, висока продуктивність по визначенню високомолекулярних з'єднань молока (білок, жир), досить низькою селективністю у відношенні до низькомолекулярних компонентів (лактоза). Швидкість фільтрації визначається пористістю, а саме кількістю пор на одиниці поверхні фільтруючої мембрани, а також формою та протяжністю каналів пор. Дослідження довели, що селективність по білку на рівні 90 % досягається використанням фільтруючих мембран із середнім діаметром пор не більше 50 нм та перевищує 95 % при різкому зниженні продуктивності, коли діаметр пор менше 36 нм; оптимальне використання варіюється в інтервалі значень середнього діаметру пор  $40 \pm 4$  нм. Продуктивність мембрани залежить від

перепаду тиску між двома сторонами мембрани, причому, для білкововмісних розчинів продуктивність не буде збільшуватися при тиску більшому 0,25-0,3 МПа.

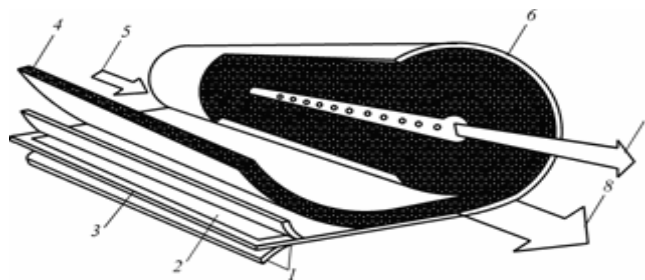


Рис.2.3. Структура мембрани.

Усім вимогам задовольняють мембрани з другого покоління з синтетичних матеріалів. Ось наприклад полісульфанні, полісульфонамідні - менш чутливі до рівня рН (від 1 до 12), витримують температуру від 0 до 100 °С, занадто стійкі до використання миючих засобів та мають кращі показники за їх параметрами. Тому мембрани другого покоління використовуються в дослідно промисловому масштабі. Селективність таких мембран по білку - 92,5 %, а по лактозі 8,5%.

Мембрани третього покоління, металокераміки із кераміки, найбільш перспективні, проте вартість 1м<sup>2</sup> таких мембран більша практично в 10-15 разів ніж мембрани другого покоління, тому їхнє використання обмежене.

В даній роботі представлені результати досліджень з ефективності УФ - оброки молока. Досліди по ультра фільтраційному концентруванню білку знежиреного молока проводились використовуючи полісульфанні мембран НПВ «Владипор». Визначено, що доцільно використовувати ультра фільтраційну мембрану УПМ-50.

### 3. Дослідна частина та узагальнення результатів

#### 3.1. Визначення впливу температури на питому продуктивність при ультра фільтраційному розділенні компонентів молока

Ультрафільтраційні полімерні мембрани використовуються при температурі від 10 до 100 °С. При ультра фільтраційній обробці знежиреного молока фракціонування компонентів проводиться при температурі від 50 до 55 °С.

Відомо, що розчини концентратів молочних білків утворюють гелі при концентрації білку більш ніж 8–10 % і нагріванні до 80–85 °С та вище. При цьому міцність гелю підвищується зі збільшенням іонної сили і рН з 4,5 до 7,5.

**Головна мета проведеної роботи** – отримання високоякісних білкових концентратів з вмістом сухої речовини 10–20 % для дослідження їх фізико-хімічних властивостей і використання при виробництві молочно-білкових і білково-жирових продуктів. Так як вміст сухої речовини у білковому концентраті повинен бути від 10 до 20 %, то для зниження можливості гелеутворення в розчинах концентратів білків процес ультра фільтраційного розділення компонентів проводили при температурі від 18 до 50 °С

Ультра фільтраційне концентрування і вилучення комплексу білків проводили на мембранній установці непроточного типу.

Для проведення ультрафільтрації використовували ультра фільтраційну мембрану середньо пористу УПМ–50 з діаметром пор 15–50 нм . Робочий тиск процесу становив 0,5 МПа. За паспортними даними, питома продуктивність по дистильованій воді мембрани УПМ – 50 при температурі 25 °С і тиску 0,1 МПа становить 70 дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год).

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Бузювський О.О.	<i>Назва, додаткова назва</i>  <b>Дослідна частина та узагальнення результатів</b>	<b>150518.МР.12.003.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> Миранчук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/10	

### 3.2. Визначення залежності питомої продуктивності ультрафільтраційної мембрани УПМ – 50 від температури по дистильованій воді.

Мембранну установку непроточного типу вміщували у металеву ємність. Ємність заповнювали проточною водою, яка підігрівалась до необхідної температури в ультратермостаті.

Залежність встановлювали в температурному інтервалі від 18 до 55 °С. Визначали залежність з максимального значення температур (55 °С) до мінімального (18 °С).

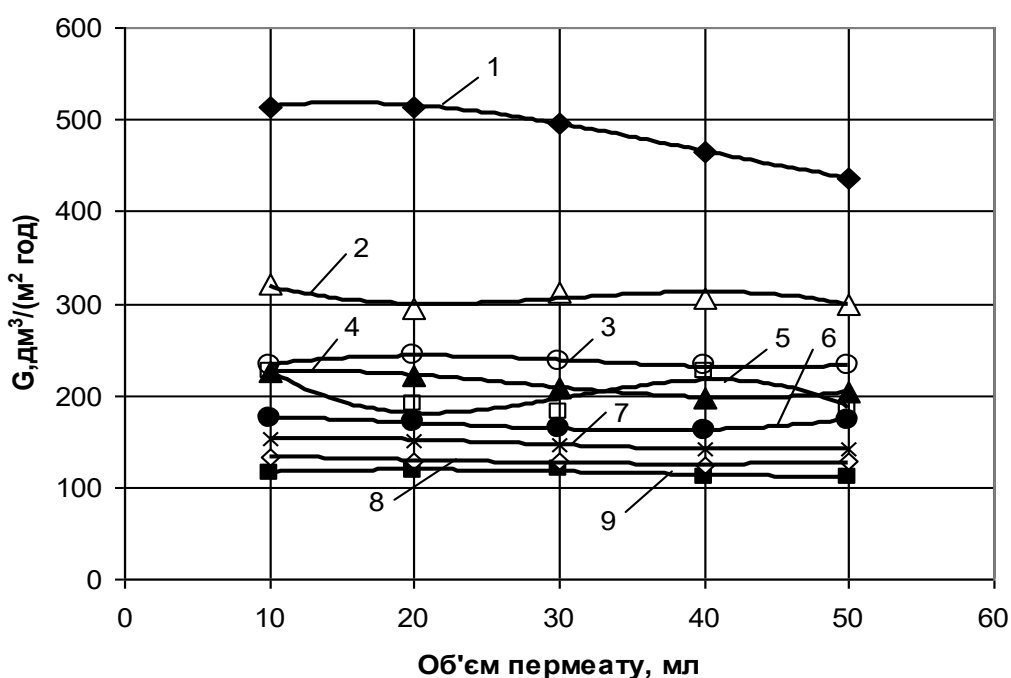


Рис 3.1 Залежність питомої продуктивності мембрани УПМ – 50 від температури по дистильованій воді:

1 – 55 °С; 2 – 50; 3 – 45; 4 – 40; 5 – 35; 6 – 30; 7 – 25; 8 – 20 ; 9 – 18.

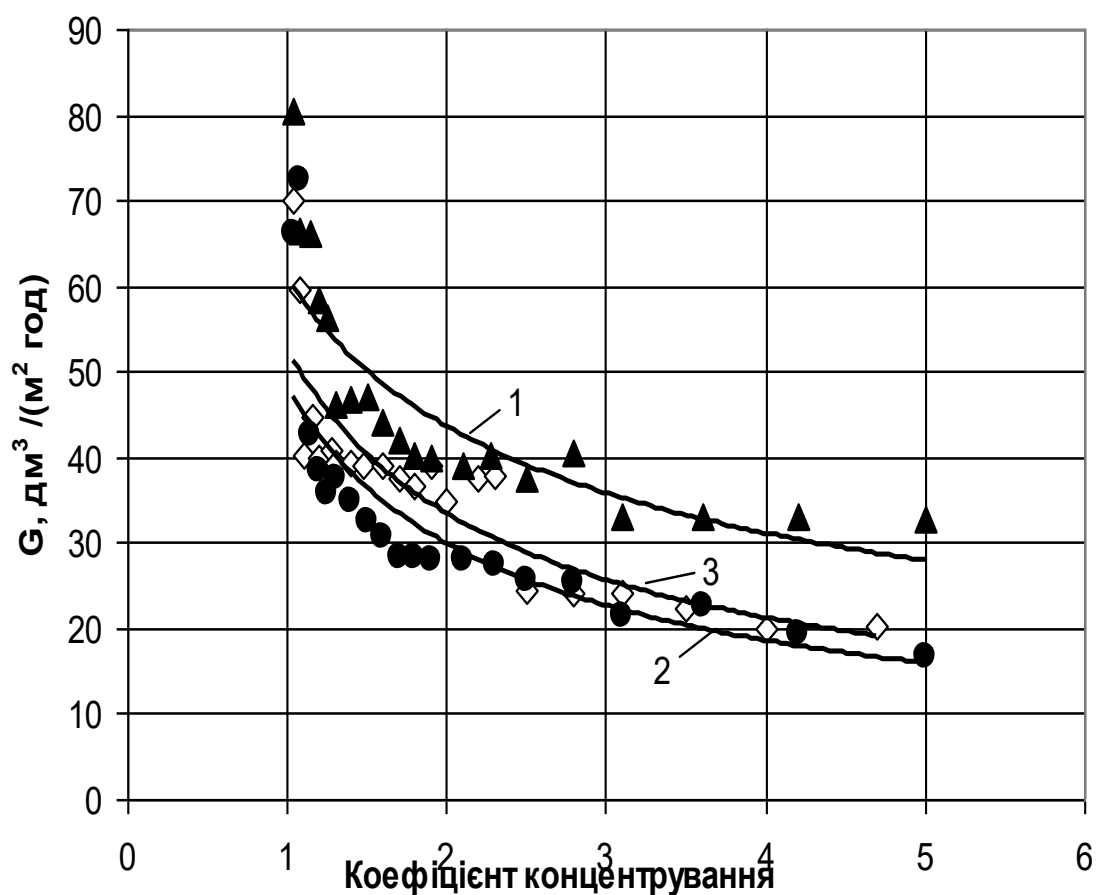
Мембрану «опресовували» до постійного значення питомої продуктивності при температурі 55 °С і фіксували це значення. Потім температуру знижували до 50 °С і знову проводили вимірювання. На рис. 3.1 відображена залежність питомої продуктивності від температури по дистильованій воді ультра фільтраційної мембрани УПМ–50.

При підвищенні температури на кожні 10 °С питома продуктивність мембрани збільшується на 50–70  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \text{ год})$ . Ця залежність виконується до досягненні температурою 50 °С. При підвищенні температури з 50 °С до 55 °С питома продуктивність підвищується на 120–170  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \text{ год})$ . Таке різке підвищення питомої продуктивності пояснюється будовою ультра фільтраційної мембрани. Товщина ультра фільтраційних полімерних мембран не перевищує 70–150 мкм, а товщина селективного шару, який чинить гідродинамічний опір потоку, не більш як 1 мкм. Середньо пориста мембрана має розмір пор 15–50 нм. За рахунок достатнього нагрівання полімерного мембранного матеріалу (ароматичного полісульфонаміду) і селективного слою, товщина якого значно менше за товщину мембрани, збільшується коливання макроланцюгів полімеру селективного шару і зростає кількість пор, розмір яких знаходиться в межах 20–40 нм, що призводить до зниження гідродинамічного опору і різкого підвищення питомої продуктивності мембрани по дистильованій воді.

Залежність питомої продуктивності ультра фільтраційної мембрани УПМ–50 від температури визначали при значеннях температур, °С: 18, 20, 22, 24, 27, 36, 42, 50.

Відомо, що питома продуктивність тим більше, чим вища температура проведення процесу ультра фільтраційного розділення і концентрування молочних білків. Але при концентрації білку в розчині концентратів молочних білків більш ніж 8–10 % ( яка досягається при  $\varphi=18 - 20$  ) і нагріванні до 50–55 °С, на протязі часу, що перевищує 3–3,5 години, починається процес гелеутворення.

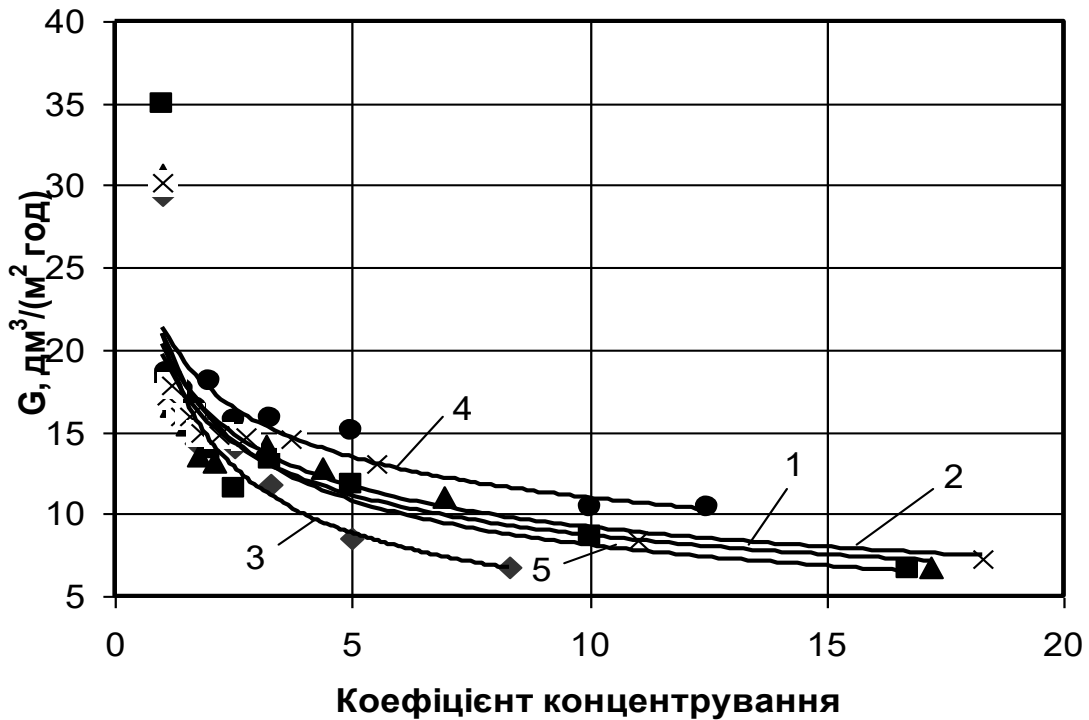
Тому розчини концентратів молочних білків з коефіцієнтом концентрування ( $\varphi$ ) не більше 5 отримували при температурі від 36 °С до 50 °С, а розчини концентратів молочних білків з коефіцієнтом концентрування ( $\varphi$ ) більше ніж 5 при температурі від 18 °С до 27 °С.



**Рис. 3.2** Залежність питомої продуктивності мембрани від температури :

1– при  $t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 2– при  $t=42\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 3– при  $t=36\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Це пояснюється тим, що за 20–25 хвилин від початку ультра фільтраційного розділення і концентрування молока білки молочної сироватки утворюють динамічну мембрану. Щільність цієї динамічної мембрани поступово зростає за рахунок зменшення об'єму концентрату. Відповідно до цього постійно знижується і питома продуктивність мембрани. Питома продуктивність в кінці процесу ( $\varphi=5$ ) становить 18–32  $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{год})$ . Зниження питомої продуктивності відбувається на 22–28  $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{год})$ . Питома продуктивність знижується в 1,8–2,1 раз від початку до кінця процесу ультра фільтраційного концентрування і отримання рідкого білкового концентрату. Найкраще значення питомої продуктивності було отримано при температурі 50  $^{\circ}\text{C}$ .



**Рис. 3.3** Залежність питомої продуктивності від коефіцієнта концентрування 8–18,5:

1– при  $t=27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 2– при  $t=24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 3– при  $t=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 4– при  $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 5– при  $t=18\text{ }^{\circ}\text{C}$

На рис.3.3 відображено залежність питомої продуктивності від температури. Розчини концентратів з ступенем концентрування 8–18,5 отримали при температурі 18–27 °С. Початкова питома продуктивність мембрани УПМ–50 при температурах 18, 20, 22, 24, 27 °С становить 28–35  $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{год})$ . При досягненні коефіцієнтом концентрування ( $\phi$ ) значення 1,2 питома продуктивність різко знижується 15–18  $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{год})$ . Це є наслідком утворення білками молока динамічної мембрани. За рахунок температури, що становить 18–27 °С при концентрування, проникнення ультра фільтраційної мембрани знижується і підвищується гідродинамічний опір. Відповідно до цього знижується і значення питомої продуктивності.

Питома продуктивність в кінці процесу ( $\phi=16\text{--}18$ ) становить 5–10  $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{год})$ . Зниження питомої продуктивності відбувається на 8–10  $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{год})$ . Питома продуктивність знижується в 1,8–3 рази від початку до кінця процесу ультра фільтраційного концентрування. Підвищення температури в цьому температурному діапазоні сильно не впливає на

підвищення питомої продуктивності. Тому отримання концентрату молочних білків при ступені концентрування ( $\phi=16-18$ ) доцільно проводити при температурі 27 °С.

### **3.3. Вплив коефіцієнта концентрування на вміст сухих речовин в концентраті молочних білків знежиреного молока при різних температурах проведення процесу ультрафільтрації.**

Середні значення вмісту сухих речовин молока (у г на 100 мл середовища) є такими: лактоза 4,65, білкові речовини 0,9, мінеральні речовини 0,51, жир 0,37 та інші 0,06. Перед проведенням ультрафільтрації, з знежиреного молока мікро фільтрацією вилучали молочний жир і казеїн з розміром часточок: (2000-5000) нм і (100-200) нм. Ці компоненти негативно впливають як на якість концентрату білків, так і на можливість проведення самої ультрафільтрації тому, що перекривають пори селективного шару ультра фільтраційної мембрани УПМ – 50 (діаметр яких становить (15 – 50) нм ) і повністю зупиняють процес. Після вилучення молочного жиру і казеїну мікро фільтрацією середні значення вмісту сухих речовин (у г на 100 мл середовища) є такими: лактоза 4,65, білкові речовини 0,65, мінеральні речовини 0,51, жир 0,05 та інші 0,06.

При ультрафільтрації знежиреного молока в пермеат потрапляє вся лактоза (лише 8–10% залишаються в концентраті), мінеральні речовини (за винятком тих, які зв'язані з білком) і частково низькомолекулярні фракції білкових речовин і їх залишки. В рідкому концентраті вміст сухої речовини буде зростати відповідно до підвищення коефіцієнту концентрування. В таблиці 3.1 і 3.2 представлені значення вмісту сухих речовин і вмісту мінеральних речовин в концентратах і пермеатах знежиреного молока при коефіцієнті концентрування, що не перевищує 5, а в таблиці 3.3 і 3.4 при коефіцієнті концентрування 8,3 – 18,3. В усіх експериментах вміст сухої речовини (після мікро фільтрації) був однаковим і становив 5,78 %.

Як показують результати експериментальних досліджень, вміст сухої речовин у концентратах знежиреного молока при коефіцієнті концентрування, ( $\phi$ ), що дорівнює 5 не однаковий. При збільшенні температури вміст сухої речовини в концентратах поступово зростає. Це пояснюється тим, що при підвищенні температури зменшується в'язкість знежиреного молока за рахунок чого знижується гідродинамічний опір селективного шару ультра фільтраційної мембрани, в результаті цього збільшується питома продуктивність, що збільшує швидкість утворення динамічної мембрани і її ущільнення.

Збільшення питомої продуктивності також сприяє зростанню концентраційної поляризації за менший проміжок часу. Зазначені явища призводять до збільшення вмісту сухої речовини в концентратах з однаковим ступенем концентрування і різною температурою проведення процесу (табл.3.2).

**Таблиця 3.1 – Результати експериментальних досліджень значення вмісту сухих речовин при коефіцієнті концентрування, що не перевищує 5**

Речовина	Вміст сухих речовини, СР %		
	Коефіцієнт концентрування, $\phi$		
	4,7 (t=42 °C)	5 (t=50 °C)	5 (t=36 °C)
Концентрат	9,4	11,1	9,3
Пермеат	6,1	6,2	6,1

**Таблиця 3.2 – Результати експериментальних досліджень значення вмісту мінеральних речовин при коефіцієнті концентрування, що не перевищує 5**

Речовина	Вміст мінеральних речовин, С %		
	Коефіцієнт концентрування, $\phi$		
	4,7 (t=42 °C)	5 (t=50 °C)	5 (t=36 °C)
Концентрат	0,575	0,574	0,576
Пермеат	0,57	0,569	0,564

Таблиця 3.3 – Результати експериментальних досліджень значення вмісту мінеральних речовин при коефіцієнті концентрування більше 5

Речовина	Вміст мінеральних речовин, С%				
	Коефіцієнт концентрування, $\phi$				
	8,3 (t=22 °C)	12,5 (t=20 °C)	16,7 (t=18 °C)	17,2 (t=24 C°)	18,3 (t=27 °C)
Концентрат	0,536	0,561	0,568	0,548	0,578
Пермеат	0,529	0,554	0,554	0,532	0,568

Таблиця 3.4 – Результати експериментальних досліджень значення вмісту сухих речовин при коефіцієнті концентрування більше 5

Речовина	Вміст сухих речовин, СР %				
	Коефіцієнт концентрування, $\phi$				
	8,3 (t=22 °C)	12,5 (t=20 °C)	16,7 (t=18 °C)	17,2 (t=24 °C)	18,3 (t=27 °C)
Концентрат	13,04	13,84	14,81	15,01	15,05
Пермеат	5,8	5,6	5,7	5,7	5,5

Результати експериментальних досліджень отримання концентратів білків знежиреного молока при коефіцієнті концентрування, ( $\phi$ ), що дорівнює 8,3 – 18,3 і температурі, С°: 18, 20, 22, 24, 27 показують, що вміст сухої речовини залежить лише від коефіцієнту концентрування. Питома продуктивність ультра фільтраційного розділення білків і низькомолекулярних сполук знежиреного молока при температурах, С°: 18, 20, 22, 24, 27 низька, і їх значення відрізняються між собою в межах 2 – 8  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \text{ год.})$  (рис. 3.3). Це пояснюється тим, що при температурі, С°: 18, 20, 22, 24, 27 підвищується густина сировини і її значення в цьому інтервалі температур будуть практично однаковими і гідродинамічний опір селективного слою ультрафільтраційної мембрани буде теж однаковим. Виходячи з чого, головним фактором, який впливає на вміст сухої речовини у

концентрах білків знежиреного молока буде коефіцієнт концентрування.(табл. 3.4).

Таким чином, вміст сухої речовини в концентрах білків знежиреного молока залежить лише від коефіцієнту концентрування ( $\phi$ ) при температурі,  $C^\circ$ : 18, 20, 22, 24, 27. При температурі,  $C^\circ$ : 36, 42, 50 вміст сухої речовини при однаковому коефіцієнті концентрування ( $\phi$ ), що дорівнює 5, буде більше в тому з концентратів, при отриманні якого була вища температура.

### **3.4. Визначення впливу температури на питому продуктивність при ультрафільтраційному розділенні компонентів знежиреного молока.**

Ультрафільтраційні полімерні мембрани використовуються при температурі від 10 до 100  $^\circ\text{C}$ . При ультрафільтраційній обробці знежиреного молока фракціонування компонентів проводиться при температурі від 50 до 55  $^\circ\text{C}$ .

Відомо, що розчини концентратів білків утворюють гелі при концентрації білку більш ніж 8–10 % і нагріванні до 80–85  $^\circ\text{C}$  та вище. При цьому міцність гелю підвищується з збільшенням іонної сили і рН з 4,5 до 7,5.

Головна мета проведеної роботи – отримання високоякісних білкових концентратів з вмістом сухої речовини 10–20 % для дослідження їх фізико – хімічних властивостей і використання при виробництві молочно-білкових і білково-жирових продуктів. Так як вміст сухої речовини у білковому концентраті повинен бути від 10 до 20 %, то для зниження можливості гелеутворення в розчинах концентратів білків знежиреного молока процес ультра фільтраційного розділення компонентів проводили при температурі від 18 до 50  $^\circ\text{C}$

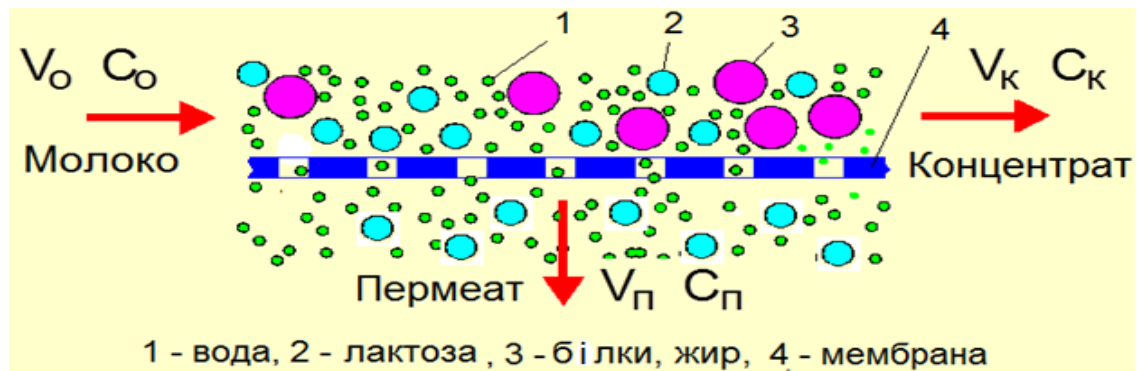


Рис.3.4. Проходження молочних компонентів крізь мембрану.

Ультра фільтраційне концентрування і вилучення комплексу білків знежиреного молока проводили на мембранній установці непроточного типу. Для проведення ультрафільтрації використовували ультра фільтраційну мембрану середньо пористу УПМ–50 з діаметром пор 15–50 нм . Робочий тиск процесу становив 0,5 МПа. За паспортними даними, питома продуктивність по дистильованій воді мембрани УПМ – 50 при температурі 25 °С і тиску 0,1 МПа становить 70  $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{-год})$ .

Перед визначенням впливу коефіцієнта концентрування на питому продуктивність при різних температурах, була знайдена залежність питомої продуктивності мембрани УПМ–50 від температури по дистильованій воді в інтервалі температур 18 – 55 °С.

#### 4. Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи обладнання

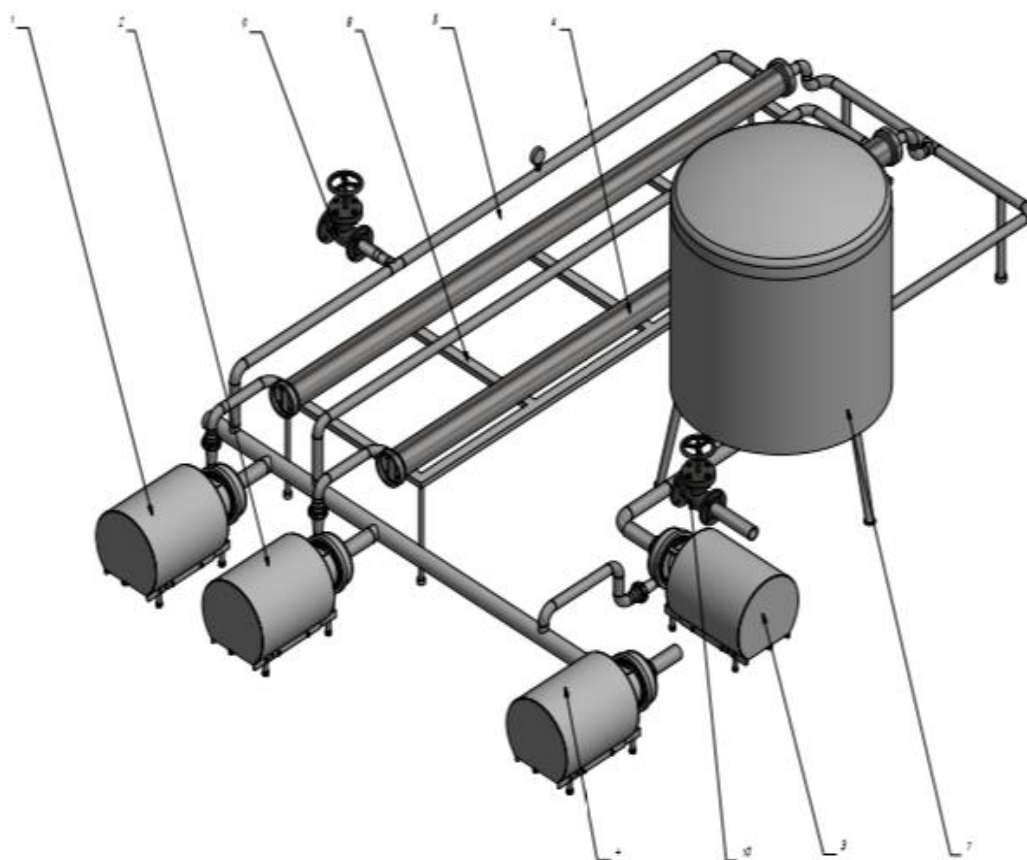


Рис.4.1. Установка ультрафільтрації для концентрації молочного білку.

Новітні мембранні процеси відрізняються дуже високою селективністю, простотою апаратурного оформлення, порівняно низькими енерговитратами та слугують основою створення новітніх безвідходних технологій. Серед мембранних методів найбільша потреба виникає в баромембранних процесах, в яких перенесення речовини крізь мембрану проходить під дією різниці тисків. До їх числа перш за все входять такі методи: мікро фільтрація та ультра фільтрація, а також зворотний осмос.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Бузовський О.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Обґрунтування модернізації.</b> <i>Устрій та принцип роботи</i> <b>обладнання</b>	<b>150518.МР.12.004.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/4	

Мікрофільтрація – процес, що використовують для виділення розчинника від колоїдних чи зважених мікрочасточок, розмір яких 0,1 – 1 мкм. Робочий тиск процесу 0,03 – 0,1 МПа. Метод ефективний для підготовки рідин перед проведенням наступних процесів: ультрафільтрації та зворотного осмосу.

Ультрафільтрація – це такий процес мембранного розділення високомолекулярних та низькомолекулярних сполук (розмір часток 0,001-0,02 мкм; тиск в камері 0,1-1,0 МПа), також їх фракціонування та концентрування. Використовується у тих випадках, коли молекулярна маса розчинених компонентів надто більше молекулярної маси розчинника.

Зворотний осмос – це баромембранне розділення розчинів (розмір часток становить 0,0001-0,001 мкм; а тиск 3,0-10 МПа). Широко використовується в отриманні знесолених розчинів та ультра чистої води.

На основі проведеного аналізу існуючих прототипів та принципів виконання наперед заданого завдання – з конструювати установку ультрафільтрації, було розроблено макет установки та використано всі необхідні методи для проведення процесу ультрафільтрації молочних продуктів. Даний макет призначений для невеличких підприємств, які мають достатній запас молочної сировини.

Ультрафільтрацію використовують при поділі систем, у яких молекулярна маса розчинених в розчиннику компонентів значно більше перевищує молекулярну масу повного об'єму. Рушійна сила ультра фільтраційного процесу - різниця робочого атмосферного тиску на вході та виході мембрани. В основному ультрафільтраційне концентрування проводять за невисоких тисків - 0,1 ... 1,0 МПа.

Встановлено, що найоптимальнішим режимом підготовки продукту перед ультрафільтрацією є теплова обробка при 58-62 °С із витримкою 60 хв і доведення рівня рН продукту до 5,5-6,0. За цього випадку відбувається інактивація фосфату кальцію, який надто сильно засмічує мембрану.

Під тиском через мембрани пропускається сировина. В результаті чого відбувається її поділ на фракції. Коли рівень певних компонентів зменшується - це називається пермеатом (фільтратом), а при збільшенні - ретентатом (концентратом). Перший продукт можна вважати стерильним. При одноступінчастому очищенню виходить 95% пермеата. При багатоступінчастому - до 99,5% від обсягу вхідного продукту.

Використання ультрафільтраційних установок оптимальне рішення для нормалізації продукту по білку, виробництва концентратів концентратів молочного білка. Сам метод ультрафільтрації відрізняють низькі експлуатаційні витрати та відносна простота обслуговування.

Запропоноване технологічне рішення призначається для невеличких підприємств. Розробка апарату велась з передчасно заданими параметрами: продуктивністю в 500 л/год, кінцевим вмістом білку 8,6-9,0%.

### Принцип роботи ультрафільтраційної установки:

Попередньо підготовлений продукт (молоко) на сепараторі подається до установки насосом високого тиску до труби для розподілення молока, а далі на два контури модулів мембранної ультрафільтрації. Перший циркуляційний насос направляє продукт до першого модуля ультрафільтрації. Під тиском продукт (молоко) проходить рулоном мембрани, розділяючись на дві фракції: концентрат і пермеат **Рис 4.2.**

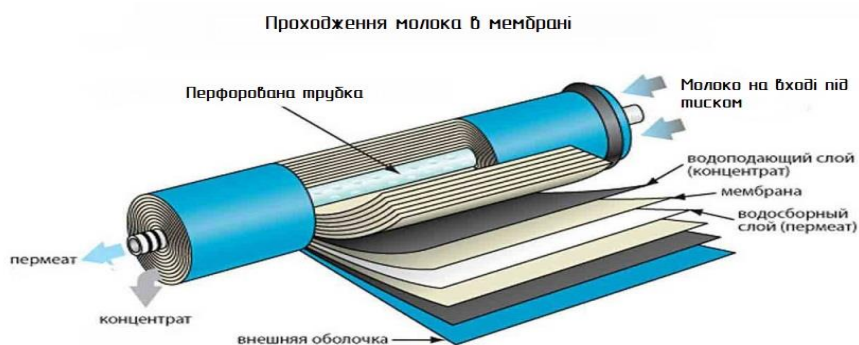


Рис.4.2. Проходження молока мембраною.

Після виходу ретентату з мембрани, за рахунок різниці атмосферних тисків він виходить каналом з мембранотримача, переміщуючись далі на подачу до другого контуру через трубу подачі продукту. Розміщення входу труби концентрату першого контуру в трубу подачі молока зконструйовано таким способом, щоб більша частина концентрату підсмоктувалась насосом до наступного контуру, а невеличка частина поверталась до насосу першого контуру.

У другому контурі повторюються ті ж операції, що й в першому. Після виходу ретентату з мембрани, за рахунок різниці атмосферних тисків він виходить з корпусу мембранотримача, переміщуючись трубою на подальше виробництво. Нижче наведено рисунок руху продукту установкою Рис.2.

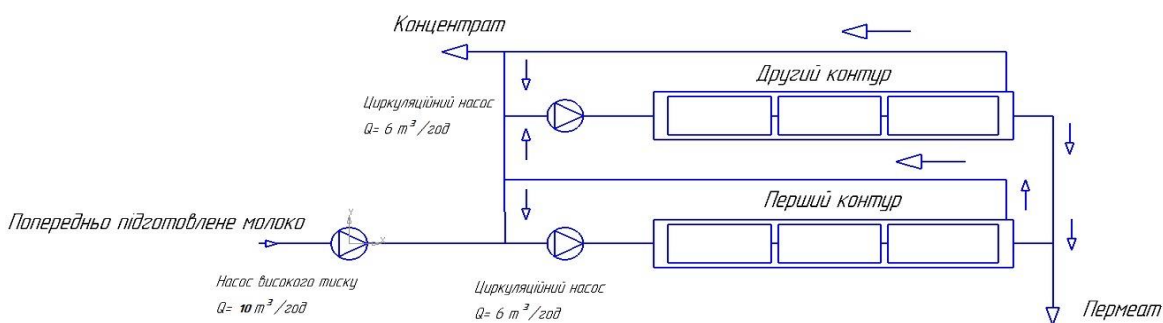


Рис.4.3. Схема руху продукту (молока) установкою.

## 5.Розрахункова частина

### 5.1.Визначення площі мембран для ультрафільтраційної установки.

#### Послідовність розрахунку:

1. З технологічних міркувань вибираємо кінцевий ступінь концентрування знежиреного молока на ультрафільтраційній установці  $k_c=4,237$  за масою розчинених речовин. І обчислюємо кінцеву концентрацію розчину  $C_k$  за формулою (3.1):

$$C_k = C_0 k_c. \quad (5.1)$$

де  $C_0$ ,  $C_k$  – початковий та кінцевий вміст сухих речовин у знежиреному молоці, %.

2. Визначаємо бажаний час концентрування розчину  $t_k$ , виходячи, наприклад, з умови збереження якості цільового продукту (наприклад, білка). Час  $t_k$  приймаємо в межах  $t_k = 1$  години;  $t_k$  у формули підставляємо в секундах.

3. Підбираємо параметри ультрафільтраційного модуля, із необхідною затримуючою здатністю  $S$  по цільовому високомолекулярному компоненту, а саме білку. Приймаємо, що по білку затримуюча здатність ультрафільтраційних модулів становить  $S = 0,99$ .

4. З літературних джерел вибираємо, початкову  $\rho_0$  і кінцеву  $\rho(t_k)$  густини знежиреного молока при  $C_0$  і  $C_k$ , яка визначається в пункті 1.

$$\rho_0=1032 \text{ кг/м}^3 \text{ та } \rho(t_k)=1127 \text{ кг/м}^3.$$

5. Середню за час  $t_k$  густину пермеату  $\bar{\rho}_n(t)$  приймаємо такою, як при:

$$C_{n,0} = C_0(1-S) \quad (5.2)$$

Де  $S$  – розділююча здібність мембрани.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузювський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>  <i>Розрахункова частина</i>	<b>150518.MP.12.005.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/12</b>

6. На основі інформації, наведеної в літературних джерелах визначаємо залежності зміни вмісту сухих речовин  $C_n(t)$  і питомої продуктивності мембран  $L(t)$  з часом.

7. Обчислюємо ступінь концентрування розчину за об'ємом  $k_v(t_k)$  за формулою (3.3):

$$k_v(t_k) = \frac{1}{\rho_0 - \frac{\bar{\rho}_n(t_k)}{C_0 t_k} \int_0^{t_k} C_{n,0}(t) e^{\beta t} dt} \left( \rho(t) k_c - \frac{\bar{\rho}_n(t)}{C_0 t} \int_0^{t_k} C_{n,0}(t) e^{\beta t} dt \right) =$$

$$= \frac{1}{\rho_0 - \frac{\bar{\rho}_n(t_k) C_{n,0}}{C_0 t_k \beta}} \left( \rho(t_k) k_c(t_k) - \frac{\bar{\rho}_n(t_k) C_{n,0}}{C_0 t_k \beta} (e^{\beta t_k} - 1) \right) \quad (5.3)$$

де  $V_0$ - об'єм початкового розчину в робочій ємкості, м<sup>3</sup>.

$V(t)$  - об'єм розчину, який залишається в робочій ємкості в час  $t$ , м<sup>3</sup>

$L(t)$  - питома продуктивність мембрани в установці, м<sup>3</sup>/( м<sup>2</sup>·с)

$\rho_0$  – густина початкового розчину, кг/ м<sup>3</sup>

$\rho(t)$ - поточна густина розчину, що концентрується, кг/ м<sup>3</sup>

$\bar{\rho}(t)$  - середня густина розчину, кг/ м<sup>3</sup>

$C$ - концентрація, мас. долі , %

$o, \tau, \kappa, n$ - індекси , які відносяться до початкового розчину ( $o$ ) , проміжного розчину ( $\tau$ ), кінцевого розчину ( $\kappa$ ) пермеату ( $n$ )

$S$ - затримуюча здібність мембрани,  $S=1- C_n/ C_t$

$V_n(t)$ - об'єм пермеату в час  $t$ , мас. долі , %

$C_n(t)$  - концентрація пермеату в час  $t$ , мас. долі, %

$F$ - робоча поверхня мембрани, м<sup>2</sup>

$\bar{C}_n(t)$  – середня концентрація розчину за час  $t$ , мас. долі, %

$k_v$  - ступінь концентрування розчину за об'ємом,  $k_v= V_0/ V(t)$

$k_c$  - ступінь концентрування розчину за масою розчинених речовин:

$$k_c = C(t)/C_o \quad (5.4)$$

8. Обчислюємо поверхню мембран  $F$ , необхідну для концентрування об'єму розчину  $V_0$  за формулою. (5.5):

$$F = \frac{\alpha V_0}{L_0(1 - e^{-\alpha t_k})} \left( 1 - \frac{1}{k_v(t_k)} \right) \quad (5.5)$$

Визначаємо кількість мембранних фільтрувальних модулів  $n$  за формулою:

$$n = F/f \quad (5.6)$$

де  $f$  – площа мембрани в одному модулі, м<sup>2</sup>.

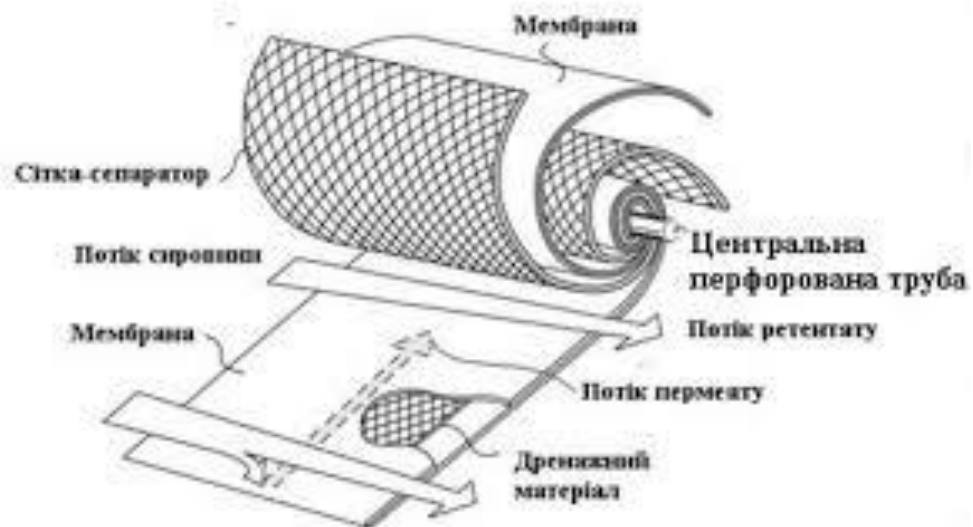


Рис.5.1. Структура мембрани.

#### Початкові дані :

час концентрування  $t_k = 60$  хв;

продуктивність  $0,5$  м<sup>3</sup>/ год;

коефіцієнт концентрування  $k_c = 4,237$ ;

кінцевий вміст сухих речовин у концентраті  $C_k = 20$  %;

початковий вміст сухих речовин у концентраті  $C_{поч} = 12$  %;

початковий вміст білку в знежиреному молоці  $C_0 = 2,8$  %.

1. З технологічних міркувань вибираємо кінцеву ступінь концентрування знежиреного молока на ультрафільтраційній установці

$k_c=4,237$ . Тоді кінцева концентрація сухих речовин в концентраті складе  $C_k=20$  мас. долі, %. 2. Час концентрування  $t_k=60*60=3600$  с.

3. Підбираємо ультра фільтраційний модуль, який має селективність по білку  $S=0,99$ , по всім іншим компонентам  $S_k=0,28$ . Тоді вміст сухих речовин у пермеаті визначається:

$$C_n=C_{\bar{o}}(1-S)+C(1-S_k)=2,8*(1-0,99)+(12-2,8)(1-0,28)=6,62\%,$$

де  $C_{\bar{o}}$ ,  $C$  – відповідно концентрація білку та інших компонентів у вихідному продукті, %

4. За апіорною інформацією визначаємо, що при температурі  $T=330$  К і концентраціях  $C_{ноч}=12$  та  $C_k=20$  % , їх густини складають відповідно  $\rho_0=1038,6$  кг/ м<sup>3</sup> та  $\rho_k=1125,2$  кг/ м<sup>3</sup>.

5. Середню за час  $t_k=3600$  с густину пермеату умовно приймаємо такою, як при  $C_n=6\%$ . Густину ультрафільтраційного пермеату знежиреного молока можна взяти:

$$\bar{\rho}_n(6\%) = 1024,3 \text{ кг/м}^3.$$

6. Задаємось з експериментальних даних залежністю при  $\Delta P=0,5$  МПа:

$$L = L_0 e^{bt}, L_0=32 \text{ [ дм}^3\text{/(м}^2\text{год)}]=8,9*10^{-6} \text{ [ м}^3\text{/(м}^2\text{с)}], b=-0,00008 \text{ [с}^{-1}\text{]}$$

$$C_n = C_{n,0} e^{\beta t}, C_n=7 \text{ [%]}, \beta=0,0002 \text{ [с}^{-1}\text{]}$$

7. За формулою (5.3) обчислюємо ступінь концентрування розчину за об'ємом  $k_v$ :

$$k_v(t_k) = \frac{1}{\rho_0 - \frac{\rho_n(t_k)C_{n,0}}{C_0 t_k \beta}} \left( \rho(t_k)k_c(t_k) - \frac{\bar{\rho}_n(t_k)C_{n,0}}{C_0 t_k \beta} (e^{\beta t_k} - 1) \right)$$

$$k_v = \frac{1125,2 \times 4,237 - \frac{1024,3 \times 6}{12 \times 3600 \times 0,0002} (e^{0,00008 \times 3600} - 1)}{1038,6 - \frac{1024,3 \times 6}{12 \times 3600 \times 0,0002} (e^{0,00008 \times 3600} - 1)} = 5,65$$

Приймаємо  $k_v=6$ .

8. Поверхня мембран, яка необхідна для концентрування  $V_0= 0,5 \text{ м}^3$  знежиреного молока крізь мембрану від концентрації  $C_0=2 \%$  до концентрації  $C_k= 5 \%$ , визначається за формулою (5.5):

$$F = \frac{\alpha V_0}{L_0(1 - e^{-\alpha k})} \left( 1 - \frac{1}{k_v(t_k)} \right)$$
$$F = \frac{0,00008 \cdot 0,5}{8,9 \cdot 10^{-6} (1 - e^{-0,00008 \times 3600})} \left( 1 - \frac{1}{6} \right) = 88,962 \text{ м}^2.$$

Приймаємо  $F = 90 \text{ м}^2$ .

9. Визначаємо кількість мембранних фільтрувальних модулів  $n$  за формулою (5.6):

$$n = F/f$$
$$n = 90/15 = 6.$$

де  $f$  – площа мембрани в одному модулі,  $\text{м}^2$ :  $f=15 \text{ м}^2$ .

Таким чином, кількість ультрафільтраційних мембран в ультрафільтраційній установці прийmemo 6.

## 5.2. Гідравлічний розрахунок

Гідравлічна схема ультрафільтраційної установки складається із трубопроводів, вентилів та модулів.

Трубопровідна система установки має 14 повороти на 90°, два розширення і одне звуження потоків. Режим течії розчину в установці – ламінарний.

Загальні втрати напору в ультрафільтраційній установці визначається за формулою (5.7) :

$$h_n = \left( \lambda \frac{l}{d_e} + \sum \xi_{m.o.} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2g} \quad (5.7)$$

де  $\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$  - коефіцієнт опору по довжині трубопроводів;

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_e \cdot \rho}{\mu}, \quad \text{Re} = \frac{4 \times 0,04 \times 1032}{1,8 \times 10^{-3}}$$

де  $\mu$  - коефіцієнт динамічної в'язкості знежиреного молока,

$$\mu = 1,8 \times 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$\omega$  - середня швидкість руху розчину в трубопроводі,  $\omega = 2 \dots 5 \text{ м/с}$

$d_e$  - діаметр трубопроводу, м  $d_e = 0,04 \text{ м}$

$\rho$  - густина знежиреного молока,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$   $\rho = 1032 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\xi_{m.o.}$  - коефіцієнт місцевого опору

В нашому випадку :

- вентилі  $d_y = 50$  мм;  $\xi_{mo} = 6 \cdot 1 \text{ ум.} = 6$ ;
- поворот на  $90^\circ$ :  $\xi_{mo} = 0,14 \cdot 14 \text{ ум.} = 1,96$ ;
- розширення:  $\xi_{m,o} = 0,3 \cdot 2 \text{ ум.} = 0,6$ ;
- звуження:  $\xi_{mo} = 0,43 \cdot 2 \text{ ум.} = 0,86$ .

В ультрафільтраційному модулі середня швидкість руху по поперечному перерізу складає 2-5 м/с.

Тоді з формули (5.7) загальні втрати напору ультрафільтраційної установки складуть :

$$h_n = \left( \frac{64 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 1032 \cdot 0,04} \cdot \frac{8,916}{0,04} + (6 + 1,98 + 0,6 + 0,86) \right) \cdot \frac{4^2}{2 \cdot 9,81} = 7,825 \text{ м}$$

### 5.3. Розрахунок і конструювання укріплюючого елемента для отвору в ємності

Дано:

Діаметр отвору  $d=0,052\text{м}$ ;

Гідростатичний тиск в апараті  $P_H=0\text{ Па}$ ;

Діаметр апарату  $D=0.986\text{ м}$ ;

Допустиме напруження для матеріалу 08X18H10T  $[\sigma] = 168\text{ МПа}$ ;

Коефіцієнт якості зварного шву  $\gamma=0,7$ .

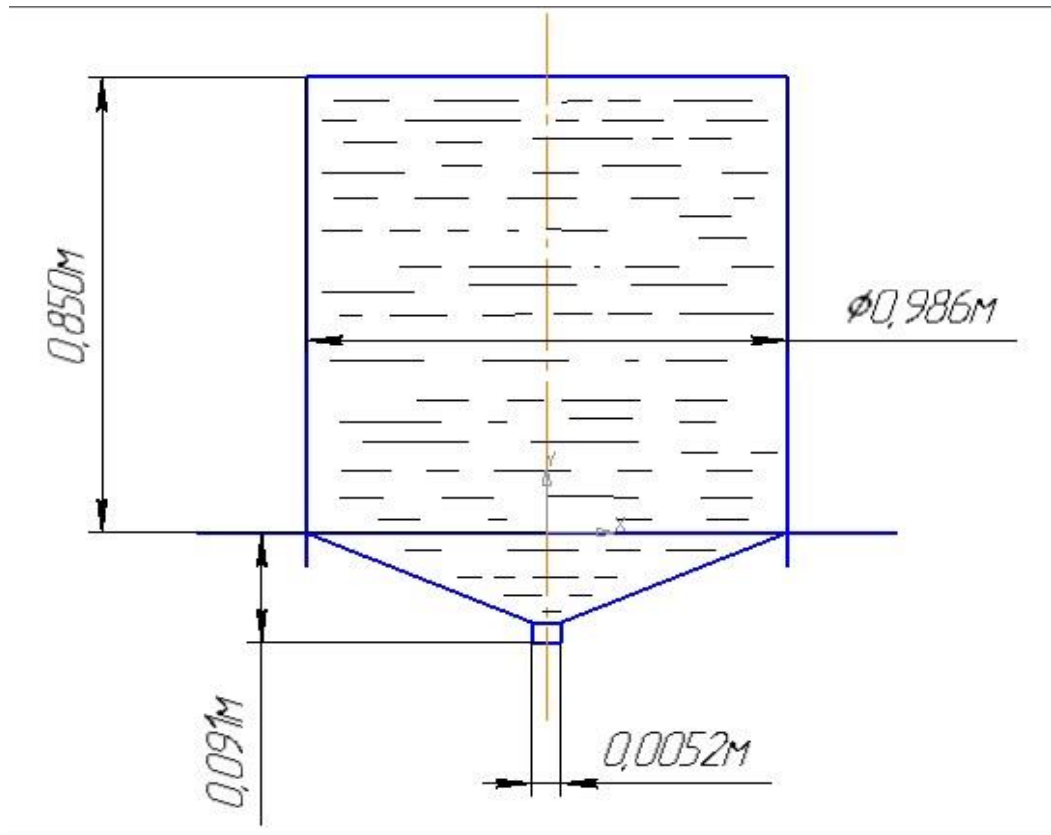


Рис. 5.2. Розрахункова схема ємності.

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати:

$$\delta_k = \delta_p + C = 0,00043 + 0,001 = 0,0053\text{ м}, \quad (5.15)$$

де  $C=1\text{ мм}$  – добавка на корозію.

Товщину стінки приймаємо по ДСТУ, беремо найближче більше значення, тоді остаточно  $\delta=0,005$  м.

Дійсний коефіцієнт міцності ємності буде дорівнювати:

$$k = \frac{\delta_p}{(\delta - C)} = \frac{1,4}{5-1} = 0,35 \quad (5.16)$$

Найбільший діаметр ємності при якому стінки можна не укріплювати буде дорівнювати:

$$d_0 = 0,8 \cdot \sqrt[3]{D \cdot \delta_p \cdot (1-k)} = 0,8 \cdot \sqrt[3]{0,986 \cdot 0,004 \cdot (1-0,35)} = 0,1094 \text{ м.} \quad (5.17)$$

Тобто, заданий отвір 0,10 м не треба укріплювати.

Для патрубків вибираємо трубу із сталі 08Х18Н10Т, для якої допустиме напруження буде дорівнювати  $[\sigma] = 168$  МПа.

Розрахункова товщина стінки патрубків буде дорівнювати:

$$\delta_p = \frac{(P_H + \rho \cdot g \cdot H_p) \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \gamma - (P_H + \rho \cdot g \cdot H_p)} = \frac{9323,15}{2 \cdot 168 \cdot 10^6 \cdot 0,7 - 9323,15} = 0,00396 \text{ м} \quad (5.18)$$

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати:

$$\delta_k = \delta_p + C = 0,00396 + 0,001 = 0,00496 \text{ мм.}$$

де  $C=1$  мм – добавка на корозію.

Товщину стінки приймаємо по ДСТУ, беремо найближче більше значення, тоді остаточно  $\delta=0,005$  м. Вибираємо для патрубків трубу з зовнішнім діаметром 62 мм, товщиною стінки 5 мм і внутрішнім діаметром 52 мм.

## 5.4. Підбір насосів

У кожному процесі мембранного розділення мембрани служать для часткового розділення сумішей. Мембрана здатна пропускати один компонент швидше за інший, через відмінності фізичних та/або хімічних властивостей мембрани і компонентів розділюваної суміші. Транспорт через мембрану являється результатом впливу рушійних сил на індивідуальний компонент в початковій (сировинній) суміші (фаза 1 на рисунку 5.3).

Крім рушійної сили є ще один фактор, що визначає селективність і потік крізь мембрану – це сама мембрана. Фактично природа мембрани, її структура та матеріал визначають область застосування – від розділення макроскопічних частинок до розділення молекул, ідентичних за розміром чи формою.

Швидкість перенесення частинок через мембрану є обернено пропорційна товщині мембрани. Високі швидкості перенесення є бажаними в процесах мембранного розділення з економічних причин, отже, мембрани повинні бути настільки тонкими, наскільки це можливо. Традиційні технології виготовлення плівок обмежують виробників механічною міцністю. Розвиток нових методів виготовлення мембран для виготовлення анізотропних мембранних структур було одним з найважливіших проривів в мембранній технології протягом останніх 50 років.

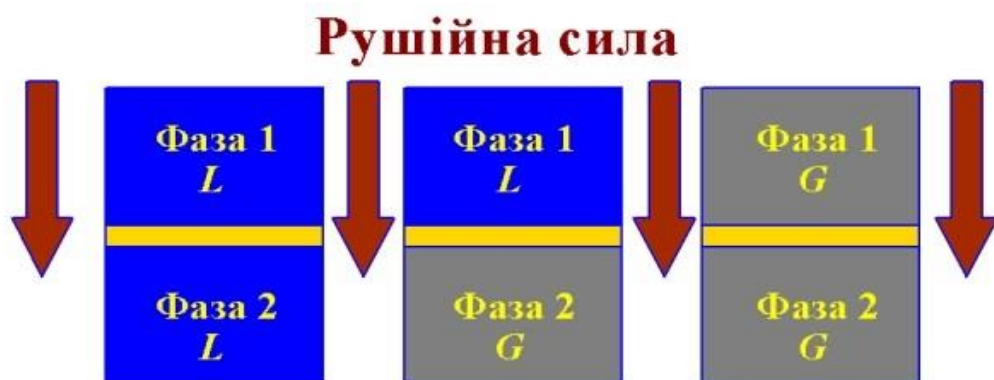


Рис 5.3 - Схема фаз, розділених мембраною

Для забезпечення будь-якого процесу мембранного розділення компонентів продукту необхідно надати різниці тисків перед та після мембрани. Цей процес є фундаментальним для всіх типів фільтрування.

За передчасно заданим технічним завданням – сконструювати установку продуктивністю 500л/год, потрібно забезпечити процес концентрування насосами, які будуть циркулювати продукт установкою.

Робоча установка обладнана трьома насосами. Подача продукту в мембранні модулі виконують два циркуляційні насоси. Відомо, що кожна мембрана має опір в 1 бар, тому загальний опір мембран в модулі рівний 3 бар, що дорівнює 30 м.в.с (метрів водяного стовпа). Продуктивність мембранного модуля рівна  $Q=6 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Насос підбираємо за діаграмою Q/H Рис. 5.4. З діаграми за розміром робочого колеса підбираємо насос:

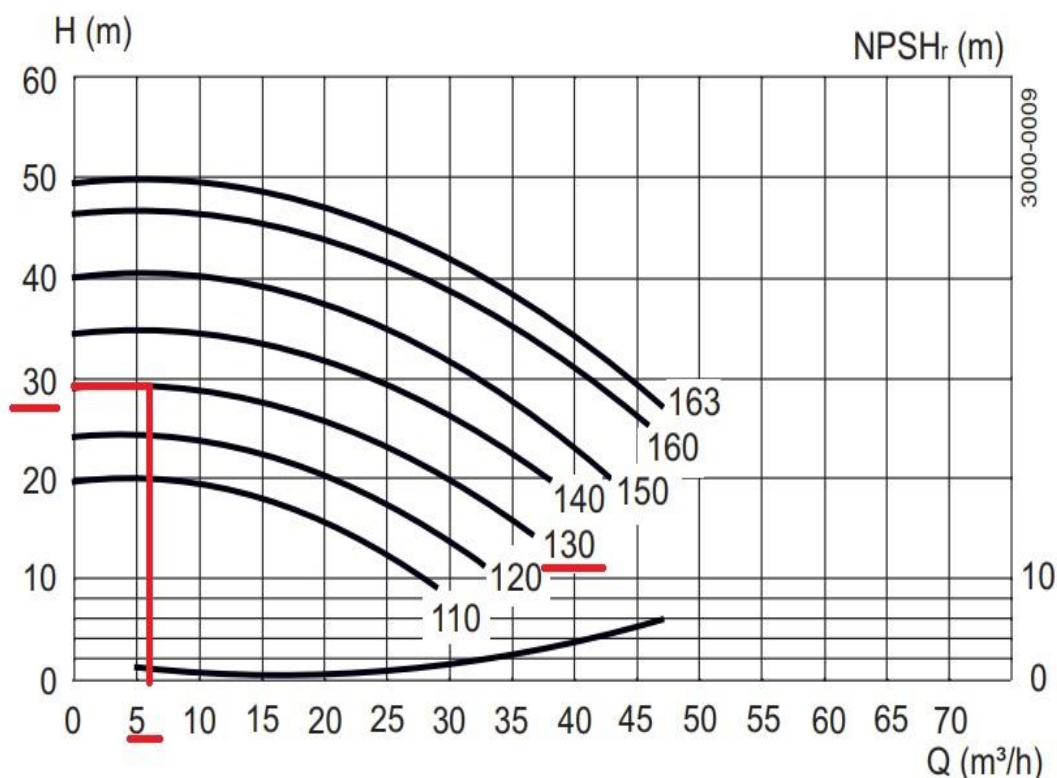


Рис 5.4. Q/H діаграма підбору циркуляційного насосу.

Подачу попередньо підготовленого продукту в установку здійснює насос високого тиску, який розміщується на вході в установку. Насос має задовольняти такі параметри :  $Q=10 \text{ м}^3/\text{ч}$  та надавати напір  $P=40 \text{ м.в.с.}$  (метрів водяного стовпа). Складаємо Q/H діаграму Рис. 5.5. З діаграми за розміром робочого колеса підбираємо насос високого тиску:

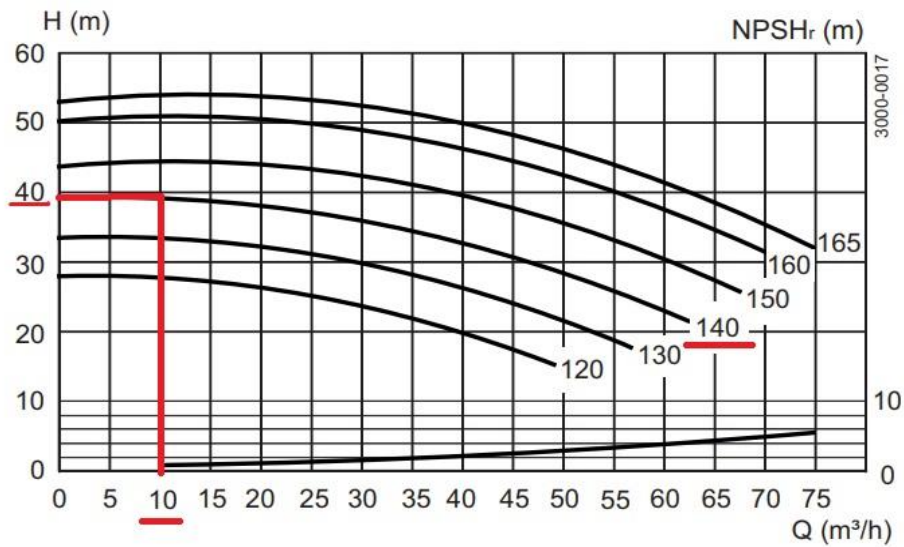


Рис. 5.5. Q/H діаграма підбору насосу високого тиску

## 6. Підбір конструкційних матеріалів

Так як рівень рН молока може досягати 4,3% то трубопроводи та резервуари доцільно виготовлювати зі сталі марки AISI 304 або її аналога 08X18H10.

Сталь марки AISI 304 (The American Iron and Steel Institute) - це аустенітна сталь з низьким вмістом вуглецю. На Україні згідно ДСТУ її аналогом є сталь марки 08X18H10. Нержавіюча сталь марки 08X18H10 є кислотостійкою та витримує температури до 900 градусів за Цельсієм в невеликому інтервалі часу. Цю нержавіючу сталь застосовують в областях, де необхідна теплостійкість, корозійна стійкість, в агресивних середовищах.

### Хімічний склад сталі у відсотковому вмісті, %:

#### Хімічний склад (% до маси)

стандарт	марка	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
EN 10088-2	1.4301	<0,070	<1,0	<2,0	<0,045	<0,015	17,00 – 19,50	8,00 – 10,50

Рис.6.1. хімічний склад сталі AISI 304.

### Основні Характеристики Головні особливості 304:

1. досить загальний опір корозії;
2. висока пластичність;
3. чудово піддається зварюванню;
4. низька шорсткість;
5. не вступає в реакцію з іншими продуктами;

гарна здатність до волочіння для DDQ і DDS сортів;

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>  <i>Підбір конструкційних матеріалів</i>		<b>150518.MP.12.006.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/2</b>

**08X18H10** - аустенітна нержавіюча сталь з гарним холодним формуванням, опором до корозії, міцністю та хорошими механічними властивостями. Вона має більш низький вміст вуглецю в порівнянні з 304, що покращує її опір міжкристалічній корозії в зварних швах і зонах повільного охолодження.

#### Фізичні та механічні властивості

Характеристика	Значение	Примечание
Плотность	7,9-7,93 г/см.куб	
Твердость по Бринеллю	123	
Твердость, Кнупу	138	
Твердость, Рохвеллу В	70	
Твердость, по Викерсу	129	
Предел прочности при растяжении	505 Мпа	
Предел текучести при растяжении	215 Мпа	
Пластичность	70%	50 мм
Модуль упругости	193-200 Гпа	
Коэффициент Пуассона	0,29	
Шарли	325 J	
Модуль сдвига	86 ГПа	
Электрическое сопротивление	7,2e-005 ом-см	при 20 С; 1.16E-04 при температуре 650 С
Магнитная проницаемость	1,008	20 С
Козф. Теплового расширения, линейный 20 С	17,3 мкм/(м*К)	
Козф. Теплового расширения, линейный 250 С	17,8 мкм/(м*К)	
Козф. Теплового расширения, линейный 5000 С	18,7 мкм/(м*К)	
Удельная теплоемкость	0,5 кДж/(г*К)	
Теплопроводность	16,2 Вт/ (м*К)	
Температура плавления	1400-1455 С	
Солидус	1400 С	
Ликвидус	1455 С	

**Рис.6.2. Фізичні та механічні властивості сталі 08X18H10**

## 7. Технологія машинобудування

**Технологічним процесом складання** називається сукупність технологічних операцій підготовки деталей для складання установки їх в необхідне положення одне відносно одного та з'єднанню деталей, вузлів, агрегатів у певній послідовності для отримання в результаті готового виробу, що проектується.

**Збірка** - етап виробництва машинобудівних виробів. Являє собою комплекс складальних, повірочних, слюсарних, монтажних, фарбувальних робіт.

**Початкові предмети праці** - елементи конструкції складальної одиниці (деталі, агрегати, вузли, шайби, болти, шайби, гвинти, гайки, заклепки і т.д.). Кінцевий предмет праці - це складальна одиниця, яка включає в себе вхідні елементи конструкцій, що з'єднані відповідно до креслення.

Складальні вироби відрізняються різноманітністю службового призначення, що забезпечують їх використанням в різних фізичних ефектах і явищах - механічних, гідравлічних, електричних, аеродинамічних, електромагнітних, електронних, оптичних і т.п. Саме це визначає різноманітність конструктивно-технологічних особливостей складальних одиниць і вхідних до них елементів, які впливають зміст самого технологічного процесу збирання.

Складність структури складу та взаємозв'язку елементів конструкцій складального виробу визначає ієрархічний характер машинобудівного технологічного процесу, який відображається у вигляді схеми збирання виробу.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Технологія машинобудування</b>	<b>150518.MP.12.007.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/3</b>	

Головними структурними компонентами технологічного складання виробу є етапи та складальні операції.

**Етап** – повністю закінчена частина технологічного процесу збирання виробу чи його складової частини, який виділяється відповідно схемі складання.

**Технологічна операція складання** – закінчена частина процесу, виконувана безперервно над однією складальною одиницею або сукупністю одночасно складальних одиниць (деталей, вузлів), одним чи групою (бригадою) робітників відповідно на одному робочому місці.

**Складальна операція** - технологічна операція установки та утворення з'єднаних сполук складових частин виробу або заготовки. Вона, так як і при інших технологічних процесах машинобудування, є основною структурною одиницею технологічного процесу, відповідним певним змінам властивостей предмета з використанням конкретного хімічного, фізичного або іншого ефекту та певних засобів технологічного оснащення. Та однак при деяких організаційних формах збирання складальний процес може не розкладатися (наприклад під час стаціонарної однобригадній збірці).

**Табл.7.1.**

Технологічний маршрут процесу складання модуля мембранотримача

10	<b>Встановлення корпусу мембранотримача</b>
10.1	Встановити корпус мембранотримача 1 на раму.
10.2	Прикріпити обід до мембранотримача 1.
10.3	Прикрутити обід до рами болтами .
20	<b>Збирання вихідної частини мембранотримача</b>
20.1	Встановити ущільнюючі кільця 14,15 на кришку виходу 2.

20.2	Встановити перехідний штуцер для мембран 16 в кришку виходу 2.
20.3	Встановити кришку виходу 2 в корпус мембранотримача.
20.4	Встановити прижимний фланець 3 в паз корпусу мембранотримача 1.
20.5	Закріпити болтами 9 прижимний фланець 3 до кришки виходу 2.
30	<b>Збирання вхідної частини мембранотримача</b>
30.1	Встановити першу мембрану 17 в корпус мембранотримача 1
30.2	Встановити другий перехідний штуцер 16 в другу мембрану 17.
30.3	Встановити другу мембрану 17 в корпус мембранотримача 1.
30.4	Встановити третій штуцер 16 в третю мембрану 17.
30.5	Встановити третю мембрану 17 в корпус мембранотримача 1.
30.6	Встановити 2 ущільнюючі кільця 12,13 на кришку входу 5
30.7	Розмістити кришку входу 5 в корпус мембранотримача 1.
30.8	Встановити прижимний фланець 4 в паз корпусу мембранотримача 1.
30.9	Закріпити болтами 8 прижимний фланець 4 до корпусу мембранотримача 1.

## **8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання**

**Монтаж** – встановлення даного обладнання чи його модулів на певне місце експлуатації зазначене призначенням. **Монтаж обладнання** – такий комплекс робіт, який передбачає складання обладнання, встановлення його в робоче положення на попередньо заданому проектному місці, збирання та з'єднання у технологічні лінії та складальні одиниці, або перевірка обладнання у режимах: холостого ходу та під навантаженням, а також допоміжні, підготовчі й організаційні операції, що не були виконані під час виготовлення даного обладнання.

### **8.1. Підготовчі роботи монтажу**

Перед початком виконання усіх монтажних робіт необхідно попередньо виконати організаційно-технічну підготовку, що включає:

- вибір приміщень, відкритих площадок для зберігання, та збирання складальних одиниць технологічного обладнання, вузлів трубопроводів, металевих конструкцій;
- прокладання постійних та тимчасових доріг, якими забезпечується вчасна подача обладнання, складальних конструкцій, матеріалів у зону монтування ;
- забезпечення мереж підводами до об'єкту води, електроенергії, пари, стиснутого повітря тощо, необхідних для того щоб виконувати установчі роботи;
- планування графіків та заданих термінів виконання монтажних робіт;
- спорудження необхідне для проведення складально-монтажних робіт тимчасових виробничих й побутових приміщень.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузювський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Правила монтажу експлуатації та ремонту обладнання</i>	<b>150518.MP.12.008.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/3</b>

Після всього цього виконують такі роботи:

- приймання, перевірка обладнання і організація його зберігання;
- приймання будівельних робіт, які необхідні для здійснення монтажу;
- виконання розміточно-габаритних робіт;
- компонування обладнання у вигляді повної завершеної монтажної роботи, огляд всіх вузлів та перевірка цілісності деталей і комплексів;
- перевірка справного технічного стану;
- складання окремих вузлів;

виготовлення пристосувань та обладнання для полегшення збирання й виконання монтажних робіт.

## **8.2. Загальномонтажні роботи**

Загальномонтажні роботи включають у себе такі види : такелажні роботи, спорудження установчих фундаментів під обладнання, встановлення та закріплення обладнання на цих фундаментах, металоконструкціях і на чистих підлогах, виготовлення й монтаж технологічних металоконструкцій, не стандартизованого обладнання.

Такелажні роботи – деякий вид робіт з підймання та переміщення вантажів, для виконання яких використовують механізми й пристосування.

Розміточні роботи проводять для визначення місця базування обладнання, зводяться до нанесення головних та допоміжних монтажних висів машин, вузлів, обладнання на стінах будівельних споруджень.

Фундаменти під обладнання – це такі монтажні спорудження, що призначені для передавання тиску на ґрунт, зниження вхідних та вихідних впливів, які виникають при експлуатації машин та установок.

### 8.3. Система планового технічного обслуговування та ремонту обладнання

Система планового технічного ремонту та обслуговування технологічного обладнання називає собою сукупність усіх взаємопов'язаних планових технічно-організаційних заходів по догляду та ремонтування обладнання, забезпечуючи його безвідмовну роботу.

Існують складові елементи планового технічного ремонту й обслуговування такі:

- технічне обслуговування;
- планові перевірки;
- планові ремонти;
- технічна документація.

Технічне обслуговування – це такий комплекс операційних робіт по підтримці працездатності та справності обладнання при його експлуатуванні за призначенням, зберіганню та транспортуванню.

Технічний догляд, уключає в себе роботи з дотримання належних правил пуску, експлуатації та зупинки робочого обладнання, своєчасне змащення необхідних вузлів, підтримка найвищого санітарно-гігієнічного стану робочої зони тощо.

Технічний нагляд виконується спеціалістами у складі чергових слюсарів, мастильників, електриків та інших.

Планові огляди – це такі операції планового технічного обслуговування, що мають виконуватись з метою перевірки робочого обладнання і одержання інформації про поточний технічний стан вузлів, окремих деталей і машини в цілому.

Поточний ремонт - тип ремонту, під час якого виконується замінення та відновлення деяких деталей, складальних одиниць та виконується як в ремонтний, так і під час виробничого періодів з метою забезпечення чи відновлення належного працездатного стану обладнання.

## 9. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування

На сьогоднішній день розвиток промислової галузі молочних продуктів супроводжується все більше широким застосуванням систем автоматизації управління технологічних процесів. А зумовлено це значним економічним ефектом, що досягається завдяки забезпеченням заданих якостей продукції, зменшення трудомісткості виробничих процесів, зниженню витрат матеріалів і сировини, підвищенню технологічного рівня виробництва тощо.

Застосування систем управління мікропроцесорної техніки передумовлене високою надійністю, універсальністю, можливістю зміни програми функціонування.

### **9.1. Обґрунтування системи технічних засобів автоматизації**

Розроблена ультра фільтраційна установка призначена для концентрування молочних продуктів. За допомогою мембранних модулів продукт проходить процес фільтрування, при досягненні потрібних параметрів надходить на подальше виробництво. Установка повинна забезпечувати фільтрування повного об'єму розчину, мати невеликі експлуатаційні витрати, бути надійною та компактною в роботі.

Система управління ультра фільтраційною установкою забезпечує виконання наступних потреб:

- контроль масової долі сухих речовин в концентраті на виході із кожного мембранного модуля;
- контроль температури продукту на вході в установку;
- контроль та автоматичне регулювання рівня продукту в резервуарах, сигналізацію граничних значень.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Автоматичний контроль та управління проектом</b>	<b>150518.MP.12.009.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/4</b>	

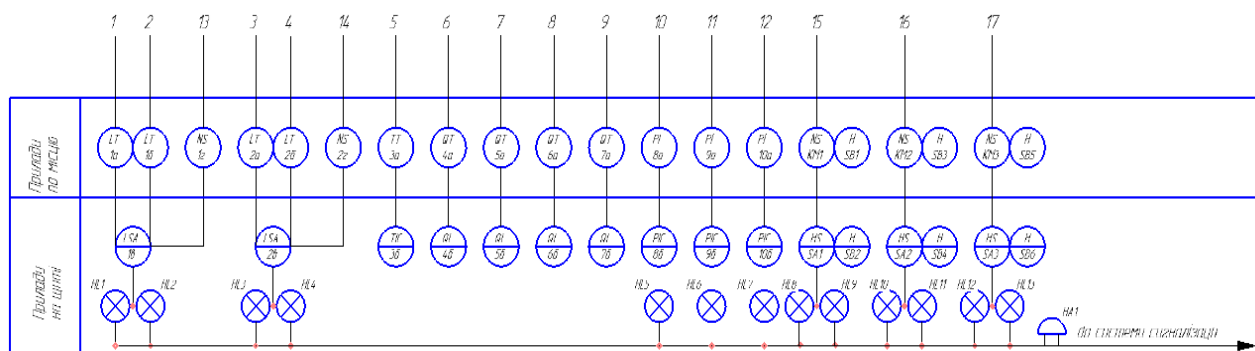
Окрім світлової сигналізації система управління обладнана звуковою сигналізацією, яка приводиться до дії при виході з ладу:

- будь-якого насосу.
- рівня в резервуарах вище або нижче заданого значення.
- при перевищенні допустимого тиску в системі.

При автоматизації ультрафільтраційної установки використовувались прилади мікропроцесорної техніки - мікропроцесорні контролери.

Дані технічні можливості дозволять при заданій програмі послідовно виконувати потрібні операції включення відповідного технологічного обладнання при запуску, управляти регулюючими, клапанами відповідно до заданого алгоритмом функціонування, збирати інформацію та надавати її оператору для аналізу справності установки та всіх її модулів.

Передчасний аналіз інформації про умови роботи обладнання та поточні технологічні параметри дозволяють завчасно виявляти пошкодження мембран чи їх забруднення.



**Рис.9.1. Схема автоматизації управління та контролю установкою ультра фільтрації.**

## 9.2.Опис схеми автоматизації

Контроль концентрації сухих речовин в молочній сироватці здійснюється за допомогою датчиків 4а, 5а, 6а, 7а, 8а (4б, 5б, 6б, 7б вторинні перетворювачі).

Температура вхідного продукту вимірюється датчиком 3а

Рівень продукту в баках 1 та 2, вимірюється за допомогою датчиків 1а, 1б, 2а, 2б, сигналізується сигналізаторами рівня 1в, 2в та лампочками HL1, HL2, HL3, HL4, які сигналізують нижній та верхній рівень в збірниках. Залежно від рівня сигнали сигналізаторів подаються до електромагнітних клапанів 1г та 2г.

Стан насосів M1, M2, M3: ввімкнений чи вимкнений, сигналізуються лампочками: HL8 та HL9, HL10 та HL11, HL12 та HL13.

Робочий тиск в системі регулюється датчиками 8а, 9а, 10а (8б,9б,10б вторинні перетворювачі). У разі не відповідності даних сигнали надаються лампочками : HL5, HL6, HL7.

Використані прилади та засоби мікропроцесорної техніки за контролем над установкою описані в **табл.9.1**.

**Таблиця.9.1**

### Специфікація приладів і засобів автоматизації

№ п.п.	Параметр контролю	Місце встановлення	Тип приладу	Марка приладу	Кількість	Постачальник
1а 1б 2а 2б	Рівень	в баках	Контактний датчик рівня, з вихідним сигналом за напрузі	SITRANS L Pointek CLS 200	4	ДП «Сименс Україна» м.Київ
3а	Температура	по місцю	Електро-пневмоперетворювач з сигналом 4-20 мА в сигналом 20-100 кПа	Dwyer серія 2700	1	СВ Альтера м.Київ
4а, 5а, 6а, 7а	Концентрація сухих речовини	на трубопроводі	Рефрактометр уніф. вих. сигнал 4...20 мА, кл.т. 0.25	CM-800 alpha	4	ООО «СПЕКТРО ЛАБ» Київ, Україна

№ п.п.	Параметр контролю	Місце встановлення	Тип приладу	Марка приладу	Кількість	Постачальник
4б, 5б, 6б, 7б	Концентрація сухих речовини	на щиті	Індикатор та регулятор концентрації сухих речовини	СМ-800 alpha	4	ООО «СПЕКТРО ЛАБ» Київ, Україна
8а, 9а, 10а	Тиск	по місцю	Вимірювання надлишкового тиску в системах і установках з підвищеними вимогами до чистоти	Манометр ДМ 05-07	3	ПрАТ «Склоприлад». м.Заводське, Полтавська обл.
8б, 9б, 10б	Тиск	на щиті	Вимірювання надлишкових тисків у системах та установках де є підвищені вимоги до чистоти	Манометр ДМ 05-07	3	ПрАТ «Склоприлад». м.Заводське, Полтавська обл.

### Висновок

Розроблена в проекті схема автоматичного регулювання дає можливість проводити ультрафільтрації при оптимальних технологічних режимах з оптимальним значенням усіх параметрів. Дана схема автоматизації дозволяє завчасно реагувати на виникнення аварійних ситуацій, несправності системи та не допускати технологічних параметрів до критичних. Схема передбачає автоматичне регулювання параметрів.

Для досягнення заданих результатів роботи ультрафільтраційної установки на підприємстві використовують засоби автоматизації, що побудовані на основі мікропроцесорних технологій.

Для підтримання нормальної роботи ультрафільтраційної установки були використані засоби автоматизації, які побудовані за допомогою мікропроцесорної техніки.

## 10.Заходи з охорони праці

### 10.1. І н с т р у к ц і я

#### з охорони праці з експлуатації установки мембранної ультрафільтрації

#### 1. Загальні положення

**1.1** Інструкція з охорони праці при виконанні робіт на мембранних установках (далі-інструкція) призначена для спеціалістів, які виконують дані роботи на підприємстві.

**1.2** Проведення цих робіт здійснюється в спеціально відведених ділянках, оснащене устаткуванням, пристосуванням та інструментами відповідно до технологічної документації. На виконання робіт з експлуатації з мембранного обладнання допускаються особи які не молодше 18 років, придатні за здоров'ям, пройшли на підприємстві навчання та перевірку знань, володіють практичними навичками виконання цих робіт, отримали всі інструктажі з охорони праці. Допускаються до самостійної роботи особи, що пройшли стажування на протязі 12 робочих змін під наглядом досвідченого працівника, за наказом керівника установи.

**1.3** При виконанні робіт на працівника можуть діяти такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори:  
деталі та предмети , що рухаються чи обертаються;  
знижена чи підвищена температура повітря робочої зони;  
враження електричним струмом  
хімічні речовини ( азотна кислота, аміак, миючі та дезінфікуючі засоби), що приводять до отруєнь і хімічних опіків

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>  <i>Заходи з охорони праці</i>	<b>150518.MP.12.010.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/7</b>

**1.4** Психофізіологічні шкідливі й небезпечні виробничі фактори:  
фізичні перевантаження;  
моральні виснаження;  
нервово-психічні перевантаження

**1.5** Працівник, який виконує роботу з мембранними установками зобов'язаний:

- дбати про власну безпеку і здоров'я, про безпеку і здоров'я оточуючих його людей в процесі виконання робіт;
- виконувати й знати вимоги даної інструкції, внутрішнього робочого розпорядку, правила поведіння з робочим обладнанням, користуватись засобами індивідуального та колективного захисту;
- проходити на підприємстві попередні та періодичні медичні огляди. Працівникові забороняється застосовувати обладнання в корисливих цілях, а також на виконання робіт, які не передбачених виробничим завданням.

**1.6** Відповідно до встановлення норм безплатної видачі спеціального одягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту експлуататорам мембранних фільтруючих установок спецодяг видається 1 протягом. Це костюм бавовняний, взуття сабо та черевики, футболка, а також засоби індивідуального захисту: протигаз, респіратор, окуляри захисні, фартух кислотостійкий, рукавички кислотостійкі, чоботи гумові.

Щоб уникнути серйозного травматизму, смерті чи пошкодження матеріальних цінностей необхідно дотримуватися вимог даної інструкції. Якщо які-небудь положення здаються незрозумілими, то не слід продовжувати роботу до отримання ясності з виниклих питань.

**1.7** Усі особи, які зайняті експлуатацією, монтажем або обслуговуванням устаткування мають прочитати та повністю зрозуміти Керівництво по експлуатації, обслуговуванню і монтажу, що поставляється разом з устаткуванням.

**1.8.** Мембранна установка має і може експлуатуватися персоналом, який пройшов спеціальну підготовку і навчання по роботі на подібному обладнанні.

**1.9.** Весь персонал, який управляє роботою та експлуатуватиме мембранну фільтруючу установку, спільно з персоналом, який має будь-який або доступ до обладнання, повинен бути ознайомлений зі змістом цього керівництва, особливо з інструкціями, які стосуються безпеки та здоров'я.

**1.10.** Особи, які не відповідають вказаним вимогам, можуть знаходитися **поряд з мембранною установкою тільки з супроводом кваліфікованого персоналу.**

**1.12.** Відвідувачі та інші особи, які знаходяться поряд з установкою, повинні бути ретельно проінструктовані персоналом чи іншими компетентними особами.

**1.13.** Слід мати підвищену увагу і робити відповідні дії, коли якісь компоненти чи області обладнання помічені знаками застереження.

**1.14** Застережливих знаків не обхідно дотримуватися, вони не мають ніколи видалятися зі свого місця, загороджуватися або ушкоджуватися. У разі втрати, пошкодження повинні необхідно бути встановлені нові знаки.

**1.15** Фільтруюча установка повинна використовуватися тільки для продуктів відповідно до технічних даних, указаних в техпаспорті обладнання.

Повинно бути зроблені всі належні заходи для запобігання нещасних випадків.

**1.16** Мембранна ультра фільтруюча установка включає комбінацію різних компонентів, наприклад, пристроїв, які обертаються, різних електричних приладів, систем каналів для транспортування газів при низьких і високих температурах , під високим тиском, а також трубопроводів для підводу рідини. Усі області повинні обслуговуватися з урахуванням необхідності уникати пошкодження устаткування.

**1.17** При роботі з устаткуванням необхідно завжди використовувати спеціальний одяг, що наведений вище, захист для очей і вух, взуття, захисні і монтажні пояси і каски . Використання вільного одягу, що може бути захоплений устаткуванням не прийнятне. Ювелірні вироби, які можуть стати провідниками електричного струму або призведуть до захоплення устаткуванням, **не допускається.**

**1.18** Не допускається відключення блокування на установці. Воно вбудоване в систему, для того щоб захистити устаткування та уникнути травмування персоналу.

Ніколи не доторкуйтеся будь-яких компонентів, не переконавшись про їх температуру. Навіть деякі теплоізольовані поверхні можуть заподіяти людині термічні травми.

**1.19** Необхідно своєчасно проводити навчання з охорони праці для всього персоналу. Новий техперсонал повинен бути проінструктований в повній мірі, як і первинний експлуатаційний персонал підприємства.

Усі, хто знаходяться близькості до установки повинні бути попередженими і повідомленими про роботу установки і не знаходитись під **впливом хвороби, алкогольних, наркотичних чи сильнодіючих ліків.**

Електроустаткування знаходиться під високою напругою і тому під час його роботи повинне залишатися закритим. Дуже часто електроустаткування має не одне джерело напруги. Необхідне повне розуміння підключення кожного елемента для того, щоб відключити і закрити на замок джерела напруги, перш ніж проводити доступ до електроустаткування.

Не дозволяється видаляти або наносити фарбу на застережливих знаках. Ці знаки служать для вашій безпеки. Стерті, ті, які втратили клейкість, знаки або наклеєні інструкції, необхідно видалити і тільки тимчасово під наглядом відповідального за техніку безпеки на підприємстві.

## 10.2. Вимоги до безпеки перед початком роботи з установкою

**2.1** Перед початком виконанням будь-яких робіт, оглядів в безпосередній близькості до робочих частин, що рухаються, необхідно щоб відповідні розмикачі чи рубильники були переведені в положення «вимкнено». Осіб, що залучили до цих робіт, повинні особисто установити замок на вимикач, який гарантує знеструмлення устаткування; ключ повинен знаходитися на видному місці та недалеко від замка. За таким принципом, переконайтеся у відсутності залишкового тиску та закрийте замком усі пневматичні та гідравлічні компоненти, парові системи, електричні кола, що подають енергію в системи управління, якщо дані системи незалежні від головних кіл.

**2.2** Перед роботою над ємностями визначите можливу потенційну небезпеку і переконайтеся у достатній вентиляції і видаленні слідів горючих газів, інертних атмосфер або миючих продуктів, що можуть призвести до проблем з диханням та їх подальшими пошкодженнями чи в найгіршому випадку навіть летальним результатом.

**2.3** Не починайте роботу над ємностями, не переконавшись, що вони знаходяться під атмосферним тиском, все електроустаткування, яке підключене до ємності, повинно мати надійну ізоляцію і наявний попереджувальний знак про виконання робіт.

**2.4** Не включайте устаткування до поки, як захист і кришки не встановлені на свої місця та щільно закриті. Якщо устаткування надійшло без попереджувальних знаків, то належний знак повинен бути встановитись на устаткування.

### 10.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

**3.1.** Обов'язково звертайте увагу на будь-які різкі зміни у запаху, вібрації або рівні шуму. Це може свідчити про несправність або пошкодження устаткування.

**3.2.** При виникненні будь-яких сумнівів вимкніть систему та проведіть ретельний огляд. Простежте за будь-якими протіканнями на фланцях або затиснутих пристроях.

**3.3.** Ведіть записи в журналі, як під час нормальної роботи мембранної фільтруючої установки, так і при виникненні поломок. Це допоможе передбачити можливий вихід з ладу Установки і завчасно уникнути нещасних випадків.

**3.4.** Використовуйте підйомні механізми для підймання важких блоків, частин, постійних платформ і сходів, тимчасових платформ для полегшеного доступу до устаткування.

**3.5.** Під час роботи устаткування не відкривайте будь-яких дверей або не знімайте яких-небудь кришок, до тих пір, доки ці отвори не будуть захищені решітками або екранами, для уникнення будь-яких проникнень та попадань твердих об'єктів.

**3.6.** Не вставляйте частин тіла, інструменти або інші чужорідні об'єкти в устаткування при його роботі. Ці дії можуть привести до виведення обладнання з ладу, тілесних пошкоджень або смерті.

**3.7.** Все устаткування, яке обертається, повинне регулярно оглядатися та відповідним чином обслуговуватися за рекомендації інструкцій з експлуатації.

**3.8.** Не дозволяється сідати зверху, перетинати або переступати устаткування, що обертається, без використання перекидних доріжок, сходів, спеціальних платформ.

**3.9** При роботі з миючими засобами необхідно дотримуватись правил гігієни, не дозволяється, пити, курити, приймати їжу; запобігайте потраплянню розчинів на шкіру чи очі.

**3.10** Не допускати розбризкування миючих засобів.

**3.11** Вимагається застосування засобів індивідуального захисту: захисних окулярів; рукавичок кислотостійких; фартухів кислотостійких; чобіт гумових, респіратора чи протигазу.

#### **10.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи**

**4.1** Підтримка загального порядку є головною умовою безпеки. Весь простір устаткування, що обертається, і, зокрема, пристроїв безпеки ,приводів, блоків управління та перехідних містків повинне підтримуватися вільним від сміття, будь-яких перешкод, включаючи непрацююче та невживане устаткування. Підлога повинна утримуватись чистою від продукту, хімічних речовин, розчинників. Огорожа електрообладнання не повинна використовуватися для зберігання матеріалів, устаткування або особистих цілей.

**4.2** Частини, що рухаються, повинні бути оглянуті, щоб переконатися, чи можуть вони рухатися вільно, без затирання, залипання і що вони не вкрай зношені. Усі частини, що викликають сумніви в своїй працездатності, повинні бути відремонтована або замінені.

**4.3** Після закінчення роботи з використання миючих засобів ретельно вимити з милом руки водою, рот прополоскати водою, захисні засоби (окуляри, фартух, гумові рукавички) промити водою та залишити на висушення.

## 11.Охорона довкілля

На підприємствах молокопереробної промисловості повинні бути передбачені заходи, що запобігають забрудненню навколишнього середовища за рахунок викидів в атмосферу аерозолів і газів, попадання в стічні води шламу сепараторів, змивочних і промивних вод, що містять жири і білкові відходи, відпрацьовані хімічні реагенти, дезінфікуючі і миючі засоби та ін.

Для збору і видалення виробничих і побутових стічних вод підприємства повинні бути каналізаціі. Каналізація може приєднуватися до каналізаційних мереж населених пунктів або мати власну систему очисних споруд. При скиданні на очисні споруди населених пунктів умови відведення стічних вод визначаються "Правилами прийому виробничих стічних вод в систему каналізаціі населених пунктів".

Умови скидання стічних вод в обов'язковому порядку слід узгоджувати з органами і установами держсанепідемнагляду в кожному конкретному випадку.

Стічні води підприємств перед скиданням в систему каналізаціі населеного пункту повинні бути піддані локальній очистці. Методи і способи очищення стічних вод повинні визначатися з урахуванням місцевих умов в залежності від складу стічних вод.

На молокопереробних підприємствах повинні бути передбачені заходи щодо очищення повітря від шкідливих викидів в атмосферне повітря, пов'язаних з технологічним процесом: виділенням пилу при сушінні молока, розфасовці сухих молочних продуктів, газів і парів при копченні плавленого сиру і т.д.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>  <b>Охорона довкілля</b>	<b>150518.MP.12.011.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/3</b>

Збір твердих відходів слід проводити в металеві бачки або контейнери з кришками і вивозити в відведені місця на організоване звалище.

Відпрацьоване Повітря, яке містить аерозолі, перед його викидом в атмосферу повинно очищатися на фільтрах.

Заходи з охорони навколишнього середовища, охорони здоров'я і техніки безпеки

- Забезпечення використання упаковки, яка підлягає поверненню або переробці;
- Посилений моніторинг і контроль за скиданням стічних вод;
- Збір відходів для використання в продукції нижчого класу, такий як корм для тварин;
- Установка (або модернізація) очисних споруд;
- Оптимізація використання води і миючих засобів; рециркуляція охолоджуючої води;
- Поділ технологічних, охолоджуючих і санітарних стоків для направлення стічних вод на переробку;
- Використання кранів з автоматичними запірними клапанами, а також використання шлангів високого тиску для мінімізації витрат води;
- Рекуперація енергії за допомогою теплообмінників для охолодження і конденсації;
- Ізоляція холодильних камер; розгляд варіанту використання автоматичних доводчиків дверей та сигналізації, щоб двері холодильної камери не залишалися відкритими;
- Впровадження процедур, які передбачають регулярні огляди зливної каналізації і каналізаційної мережі для забруднених стоків, каналізаційних колодязів, жируловлювачів, колекторів стічних вод і т.д .;
- Впровадження безпечних, гігієнічних, які не потребують очищення і мінімізують ручну праця систем управління відходами;

- Надійні процедури управління відходами для дотримання санітарних норм;
- Розгляд переходу на холодоагенти, що не містять хлорфторвуглеців ХФУ і / або ліквідація витоків в системі охолодження;
- Постійний відбір проб і безперервний моніторинг основних виробничих параметрів з метою виявлення і скорочення виробничих втрат, і, як наслідок, скорочення кількості відходів, енерго - і водоспоживання.
- Забезпечення засобами індивідуального захисту для запобігання травм і дотримання санітарних норм. Персонал слід навчити правильному підбору, використання та догляду за засобами індивідуального захисту. Навчання повинно включати причини для їх використання і опис небезпек в разі невикористання. Засоби індивідуального захисту підлягають регулярній перевірці, догляду та заміні в разі потреби;
- Вжити заходи для запобігання проток і витоків на підлозі і доріжках, забезпечити наявність системи збирання стоків;

## **12. Маркетингове обґрунтування проекту**

### **12.1.Опис та характеристика товару**

Мембранні методи обробки молочної сировини дають змогу не прив'язуватись до органолептичних показників. Протягом всього року не можливо отримувати молоко високого гатунку, так як його мікробіологічний склад змінюється з сезоном. За допомогою мембранного концентрування ми маємо змогу нормалізувати молоко за біологічним складом, та отримувати стабільно високоякісну сировину, без втручання в структуру хімічних регулянтів. В умовах зменшення обсягів виробництва молока за останні роки актуальною проблемою є підвищення ступеня переробки молока з метою отримання продуктів з високою доданою вартістю.

Переробка молока не тільки забезпечує виробництво традиційних молочних продуктів для харчування населення, але й супроводжується утворенням побічних продуктів, які використовуються не у повній мірі, а їх викиди у стічні води погіршують стан довкілля. Сучасний технічний та технологічний рівень переробки молока здатен забезпечити повне використання побічних продуктів, які є джерелом білків, лактози та інших потенційно корисних інгредієнтів на їх основі. В умовах зменшення обсягів виробництва молока за останні роки актуальною проблемою є підвищення ступеня переробки молока з метою отримання продуктів з високою доданою вартістю.

### **12.2.Характеристика та огляд ринку**

Як свідчить світовий досвід, розвиток молочної галузі безпосередньо пов'язаний з виробництвом молока в крупних фермерських господарствах. В Україні на сьогоднішній день спостерігається протилежна ситуація: зростає

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Маркетингове обґрунтування</b>	<b>150518.MP.12.012.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/5</b>	

виробництво молока в дрібних господарствах, приватному секторі та зменшується кількість молока, що вироблено сільськогосподарськими підприємствами. Існуючий перерозподіл виробництва молока між різними категоріями господарств створив передумови до незначного загострення конкуренції між виробниками молока з низьким рівнем інтенсивності. Так, на ринку молочної сировини фактичними монополістами продовж 2000-2010 рр. виступають невеликі господарства та приватні подвір'я. У 2010 році частка приватного сектору у загальному обсязі виробництві молока становила 80 % (у 1990 р. – 24,1 %, 2000 р. – 70,9 %, 2005 р. – 81 %, 2009 р. – 80,7 %).

Така тенденція свідчить, перш за все, про кризу в молочному тваринництві та створює проблеми для розвитку молочної галузі, оскільки виникає питання забезпечення переробних підприємств якісною сировинною. Забезпечити необхідну якість виробленого молока сьогодні можуть лише сільськогосподарські підприємства, у яких здійснюється механічне доїння, очистка та охолодження молока. Селянин не має ні умов, ні можливостей забезпечити необхідний технологічний процес виробництва молока. Саме тому вироблене у господарствах населення молоко відповідає вимогам лише другого ґатунку або несортове, тоді як у великих фермерських господарствах воно реалізується екстра, вищим і першим ґатунком.

Так, сільськогосподарські підприємства поставили молокопереробним підприємствам в 2009 році 62 % молока першого сорту та 29 % вищого сорту, що сумарно становило 28,9 % обсягу молока, переробленого молочними підприємствами. Господарства населення є постачальниками молока другого сорту, обсяги якого разом з несортним молоком становлять 71,1 % всієї кількості переробленого молока. Причинами низької якості сировини є спосіб організації її виробництва. Нажаль, Україна перейшла на шлях від організованого до дрібнотоварного виробництва молока.

Негативні тенденції розвитку молочного скотарства призвели до суттєвого скорочення обсягів постачання сировини для промислової обробки.

Так, за даними Держкомстату України, продаж молока та молочних продуктів переробним підприємствам за період 1990–2010 рр. скоротився практично вчетверо. За умови збереження зазначеного напрямку розвитку молочного тваринництва по шляху стійкого зменшення поголів'я дійного стада та незадовільної якості молока, актуалізується питання пошуку альтернативних джерел забезпечення молочної галузі сировиною. Такими джерелами можуть бути: зростання інвестування в розвиток власної сировинної бази, зміни технології виробництва молочних продуктів тощо. імпорту молочної сировини, консолідація з постачальниками сировини,

### 12.3. Аналіз споживачів

- Виникає потреба виробництва молочної продукції пониженої жирності, що по харчовій цінності прирівнюється до молочної продукції з молока коров'ячого незбираного. А з додаванням концентрату знежиреного молока складаються рецептури напоїв для дієтичного харчування.
- Концентрат знежиреного молока знаходить застосування в солодких кремах, підливах, супах, соусах, маринадах і десертах. Знежирене молоко - побічний продукт сепарування вершків і містить близько 91% води. З сухих речовин знежиреного молока в продукті містяться білки, лактоза і мінеральні речовини зі слідами жирів. Великий рівень вмісту сухих компонентів в концентраті знежиреного молока підвищує в'язкість продукту, зменшує термін зберігання і збільшує кристалізацію лактози.
- Сири виробляють зі знежиреного молока або з додаванням до нього скотин від виробництва солодковершкового масла в кількості до 10%. Знежирене молоко не повинно містити нейтралізуючих та консервуючих речовин, засобів захисту рослин та обробки тварин, а також антибіотиків. Кислотність молока не більше 25 ° Т.

- Кисломолочні напої на основі концентратів знежиреного молока це кефір нежирний або низько жирний (м.ч.ж. 1 %), йогурт, біойогурт, біфідойогурт, напої ацидофільні (молоко ацидофільне, молоко ацидофільно-дріжджове та ацидофілін), простокваша, Особливість їх складу та технологій обумовлюють закваски різного виду, наповнювачі та температурні режими оброблення. Загальна технологія кисломолочних нежирних і низько жирних напоїв зі знежиреного молока є стандартна та може бути здійснена термостатним й резервуарним способами.
- Враховуючи те, що більшість людей мають надмірну вагу та ожиріння, виникла необхідність виробництва такого асортименту молочних продуктів, що мають понижено масову частку жиру, але по харчовій цінності не поступаються продуктам з молока коров'ячого незбираного. Це дозволяє найбільш ефективно та повно використати всі складові частини молока в харчуванні людини. Це є особливо актуальним у виробництві лікувальних та дієтичних продуктів для хворих та дітей.

### **Біологічна цінність продуктів молока**

Ступінь переходу основних компонентів молока у вторинну молочну сировину наведена у табл.12.1

*Таблиця 12.1.*

#### **Ступінь переходу основних компонентів молока у в знежирене молоко**

<b>Найменування компонентів молока</b>	<b>Ступінь переходу, %, в знежирене молоко</b>
Молочний жир	1,4
Загальний білок, в тому числі:	99,6
Казеїн	99,5
Сироваткові білки	99,8
Лактоза	99,5
Мінеральні солі	99,8
Сухий молочний залишок	70,4

Знежирене молоко є цінною біологічною сировиною для виробництва різноманітних продуктів харчування. Основними і найбільш цінними компонентами вторинної сировини є білок, та вуглеводи. Крім того, у вторинну молочну сировину переходять мінеральні солі, небілкові азотисті речовини, ферменти, гормони, імунні тіла, органічні кислоти, тобто всі речовини, які знаходяться у молоці. Вміст основних компонентів у знежиреному молоці порівняно із незбираним молоком наведено в табл.12. 2.

Таблиця 12.2.

### Хімічний склад різних видів молочної сировини

Найменування компонентів	Молоко незбиране	Молоко знежирене
Масова частка сухих речовин, %, в тому числі:		
молочного жиру, %	12,3	8,8
білків, %	3,6	0,05
лактози, %	3,2	3,2
мінеральних речовин, %	4,8	4,8
	0,7	0,7

Порівняльна характеристика вітамінного складу знежиреного молока та незбираного молока наведена у табл.12.3

Таблиця 12.3.

### Вміст вітамінів у вторинній молочної сировині в порівнянні з незбираним молоком

Вітаміни	Незбиране молоко	Знежирене молоко
Тіамін (В1), мг/кг	0,45	0,35
Рибофлавін (В2), мг/кг	1,5	1,8
Піридоксин (В6), мг/кг	0,33	1,5
Кобаломін (В12), мкг/кг	4,0	4,0
Аскорбінова кислота (С), мг/кг	1,5	2,3
Ретинол (А), мг/кг	0,25	0,03
Токоферол (Е), мг/кг	0,85	0,5
Біотин (Н), мкг/кг	56,0	0,01
Холін, мкг/кг	313,0	328,0

## **Висновки**

За результатами виконання кваліфікаційної роботи запропоновано варіант реалізації ультрафільтраційної установки.

Для обґрунтування запропонованого рішення виконано ряд розрахунків, в тому числі визначені необхідна площа фільтраційної мембрани та втрати напору на гідравлічних опорах в установці.

Проведені дослідження роботи ультрафільтраційної установки та визначено вплив температури продукту та ступеня його концентрування на її продуктивність.

Наведена технологія складання ультрафільтраційного модуля. Розроблена схема автоматизації для забезпечення раціональних режимів роботи ультрафільтраційної установки за допомогою мікропроцесорної техніки. Представлено детальне маркетингове обґрунтування проекту.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузовський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Висновки</b>	<b>150518.MP.12.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

## Список використаної літератури

1. Мирончук В. Г., Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості./ В. Г. Мирончук, І. С. Гулий, М. М. Пушанко. За ред. В. Г. Мирончука. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
2. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : Навчальний посібник. / В.Г.Мирончук, Л.О. Орлов , А.І. Українець , та ін. - – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.
3. Мирончук В.Г. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум : навч.посіб./ за ред. В.Г.Мирончука. – К.: НУХТ, 2017. – 162с
4. Мирончук В.Г., Методичні рекомендації до виконання випускної роботи для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форми навч./ Уклад.: В.Г.Мирончук, О.М.Гавва. – К.:НУХТ, 2018. – 30с.
5. Тихомирова Н. А. Технология и организация производства молока и молочных продуктов./ Н.А. Тихомирова. - – М.: ДеЛи принт, 2007. – 560 с.
6. Горбатюк В. И. Процессы и аппараты пищевых производств. : навч.посібн./ В.И. Горбатюк. – М.: Колос, 1999. – 355с.
7. Харламов С. В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств.– Л.: Агрпромиздат. Ленинградское отд-ние, 1991. – 256с.
8. Твердохлеб Г.В. Технология молока и молочных продуктов./ Г. В. Твердохлеб, Г. Ю. Сажинов, Р. И. Раманаускас - М.: ДеЛи принт, 2006. – 616 с.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Бузівський О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	<b>150518.MP.12.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>	<i>Список використаної літератури</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/4</b>

9. В. Б. Коптева, Опоры вертикальных и горизонтальных аппаратов: Метод. указ./ Коптева В.Б. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 24 с.
10. Мирончук В.Г., Методичні рекомендації до виконання випускної роботи для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форми навч./ Уклад.: В.Г.Мирончук, О.М.Гавва. – К.:НУХТ, 2018. – 30с.
11. Харламов С. В. Конструирование технологических машин пищевых производств: Учебное пособие для вузов./ С.В.Харламов - Л.: Машиностроение, 1979. – 224 с.
12. Соколова З.С. Технология молока и молочных продуктов : учеб. Пос./ З. С. Соколова, Л. И. Лакомова, В. Г. Тиняков. - М.: Агропромиздат, 1992. – 335с.
13. Стечишин М.С. Конструювання обладнання харчових виробництв. Конспект лекцій для студентів спеціальності «Обладнання переробних і харчових виробництв»./ М.С. Стечишин. - Хмельницький: ХНУ, 2005. – 115 с.
14. Назаренко Ю., Тимчук А.В., Змієвський Ю.Г., Грек О.В. Визначення терміну зберігання молочно-білкових концентратів // Обладнання харчових виробництв: Тези допов. 75-ї наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, НУХТ, квіт.2009, с. 217
15. Тимчук А.В., Грек О.В. Удосконалення технології молочно-білкових продуктів для підвищення їх здатності до зберігання // Обладнання харчових виробництв: Тези допов. 75-ї наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, НУХТ, квіт.2009, с. 218.

16. Угрозов В.В. Аналитический метод расчета контактной мембранной дистилляции в проточном мембранном модуле / В.В. Угрозов, В.Н.

Никулин, И.Б. Елкина // Теорет.основы хим. технологии.– 1995.– Т. 29. – № 6. – С. 588-594.

17. Змієвський Ю.Г. Особливості планування експериментів при дослідженні електродіалізу молочної сироватки / Ю.Г. Змієвський, В.Г. Мирончук // Мембранні та сорбційні процеси і технології: ХІХ укр. семінар, 20-21 бер. 2008 р.: тези доп. – К., 2008. – С. 32.

18. Мембраны. Фильтрующие элементы. Мембранные технологии ЗАО НТЦ Владипор: каталог. – Владимир, 2005. – 22 с.

19. Грушевська І.О., Мирончук В.Г. Дослідження впливу температури і тиску на питому продуктивність нанофільтраційної мембрани // Обладнання харчових виробництв: Тези допов. 76-ї наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, НУХТ, квіт.2010, Ч. II, с. 122.

20. Українець А.І. Дослідження процесу нанофільтрації при комплексній переробці молочної сироватки / А.І.Українець, В.Г.Мирончук, Ю.Г. Змієвський // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. – 2007. – №1 (107). – С. 466-471.

21. Змієвський Ю.Г. Визначення допустимого гідравлічного тиску у камерах мембранно-дистиляційних установок / Ю.Г. Змієвський, В.Г. Мирончук // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 76-а наук. конф. молодих учених, аспірантів

22. Змієвський Ю.Г. Дослідження процесу контактної мембранної дистиляції в процесі виробництва / Ю.Г. Змієвський, В.Г. Мирончук, Д.Д. Кучерук // Харчова промисловість. – 2011. – № 10-11. – С. 291-296

23. Процеси і апарати харчових виробництв / [Малежик І.Ф., Циганков П.С., Немирович П.М. та ін.]; під ред. І.Ф. Малежика. – К.: НУХТ, 2003. – 400 с.
24. Брык М.Т. Химическое модифицирование полимерных мембран / М.Т. Брык, А.Ф. Бурбан, Р.Р. Нигматулин, А.Ф. Мельник // Химия и технология воды. – 1991 – 13, № 9. – С.780 – 787.
25. Тихомирова Н.А. Нанотехнология и биотехнология продуктов функционального питания на молочной основе / Тихомирова Н.А. // Молочная промышленность. – 2005. – №5 –С.74-75.
26. Зобкова З.С. Использование функциональных пищевых ингредиентов творожной сыворотки / Зобкова З.С. // Молочная промышленность. – 2007. – №3 –С.44-46.
27. Грушевська І.О., Мирончук В.Г. Застосування мембранних процесів для переробки молочної сироватки // Програма і матеріали ХХІ укр. семінару „Мембранні та сорбційні процеси і технології”, Київ, НУ ”Києво-Могилянська академія”, березень 2011, с. 17.
28. Змієвський Ю.Г., Мирончук В.Г. Роль мембранних процесів при створенні безвідходних технологій у харчовій промисловості // Обладнання харчових виробництв: Тези допов. 75-ї наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, НУХТ, квіт.2009, с. 238.