

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

**Інститут (факультет) Навчально-науковий Інженерно-технічний  
інститут ім.акад. І.С. Гулого  
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій  
проектування**

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

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

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 133 «Галузеве машинобудування»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Обладнання переробних і харчових виробництв  
на тему Удосконалення лінії для ультрафільтрації молока продуктивністю 5 м<sup>3</sup>/год

Виконав: здобувач IV курсу, групи 7ск  
Ткаченко Артем Ігорович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Олішевський Валентин Вікторович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

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

Рецензент \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2023 р.



## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 17.04.2023 р

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів</i>	26.04.2023	
2	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	29.04.2023	
3	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.</i>	04.05.2023	
4	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	07.05.2023	
5	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	11.05.2023	
6	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	14.05.2023	
7	<i>Розрахункова частина</i>	18.05.2023	
8	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	20.05.2023	
9	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту. Система управління</i>	21.05.2023	
10	<i>Опис системи управління</i>	22.05.2023	
11	<i>Заходи щодо охорони праці, екології</i>	26.05.2023	
12	<i>Висновки,</i>	26.05.2023	
13	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i>	27.05.2023	
14	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	29.05.2023	
15	<i>Подача ДП на кафедру</i>	10.06.2023	

**Здобувач**

**Артем ТКАЧЕНКО**

( підпис )

( власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ )

**Керівник роботи**

**Валентин ОЛШЕВСЬКИЙ**

## АНОТАЦІЯ

В даному дипломному проєкті проведено удосконалення лінії для ультрафільтрації молока продуктивністю 5 м<sup>3</sup>/год шляхом встановлення мікрофільтраційного апарату на етапі попередньої підготовки молока. Це дозволило знизити рівень забрудненості мембран залишками жиру та крупними фракціями казеїну, що збільшило тривалість роботи обладнання між регенераціями на 35 %.

В роботі проведено розрахунки необхідної площі мембран з врахуванням їх селективності по білковим сполукам, розраховано на міцність елементи, що працюють під тиском, описано заходи монтажу обладнання та заходи з охорони праці під час його експлуатування.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, що викладена на аркушах формату А4 та графічної частини, яка представлена на п'яти листах формату А1.

**Ключові слова:** молоко, ультрафільтрація, мембрани, білок.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.І.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	<b>210718.KP.03.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимук ІВ		<i>Інд.</i> зміи	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

## SUMMARY

In this diploma project, the line for ultrafiltration of milk with a capacity of 5 m<sup>3</sup>/h was improved by installing a microfiltration device at the stage of preliminary preparation of milk. This made it possible to reduce the level of contamination of membranes with fat residues and large casein fractions, which increased the duration of equipment operation between regenerations by 35%.

The paper calculates the necessary area of membranes taking into account their selectivity for protein compounds, calculates the strength of elements working under pressure, describes equipment installation measures and labor protection measures during its operation.

The qualification work consists of an explanatory note laid out on sheets of A4 format and a graphic part, which is presented on five sheets of A1 format.

**Key words:** milk, ultrafiltration, membranes, protein.

# ЗМІСТ

стор.

## ВСТУП

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ  
ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧ

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ І ГОТОВОГО  
ПРОДУКУ

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ.  
БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ

5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

8. ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА  
РЕМОНТУ. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

9. ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЇ

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.І.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Зміст</b>	<b>210718.KP.03.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимук ІВ		<i>Інд.</i> 000000	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1

## ВСТУП

В сучасних умовах виробництва продукції одним з найважливіших факторів є науково-технічний прогрес, при якому створюються нові машин та удосконалюється технологічне обладнання, впроваджуються у виробництво нові методи переробки молока.

В останні роки вирішення проблеми дефіциту повноцінних білків тваринного походження і мікронутрієнтів в харчуванні є актуальним. Як відомо, важлива роль в раціональному харчуванні належить білкам тваринного походження. Найкращою основою для білкових продуктів з функціональними властивостями є молочні продукти.

При застосуванні сучасного високопродуктивного обладнання необхідно зберегти природні властивості молока, в якому би залишались в максимальній кількості корисні речовини для організму людини.

Загальне технологічне обладнання, що застосовується в молокопереробній промисловості повинно відповідати наступним вимогам :

- безпечність матеріалу з якого зроблена машина чи апарат, необхідна міцність і можлива довговічність;
- поточність і висока продуктивність;
- легкість в керуванні та управлінні технологічним процесом;
- технологічно-оптимальний вплив на продукт що оброблюється;
- безрозбірне миття ємкостей обладнання;
- герметизація робочого процесу.

При переозброєнні і модернізації молочної промисловості треба передбачати такі правила, як: використання високопродуктивного обладнання, виготовлення поточних технологічних ліній і машин та апаратів, що забезпечують процес при високій продуктивності праці, зменшують

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко АІ	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вступ</b>		<b>210718.KP.03.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимч ІВ			<i>Інд.</i> 000000	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/2

витрати на одиницю продукції та передбачають регулювання робочих процесів автоматизовано.

Науково – технічний прогрес в молочній промисловості втілює нові способи переробки молока, термінове зберігання виготовлених молочних продуктів належної якості на основі застосування прогресивного обладнання.

# 1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧ

Промислові апарати для баромембранних процесів повинні задовольняти наступні вимоги: мати велику робочу поверхню мембран в одиниці об'єму установки; бути доступними для збирання і монтажу; рідина при русі по секціях або елементах апарату повинна рівномірно розподілятися над мембраною і мати досить високу швидкість течії для зниження шкідливого впливу концентраційної поляризації; при цьому перепад тиску в напірних каналах має бути по можливості невеликим. При конструюванні цих установок необхідно враховувати також вимоги, обумовлені роботою апарату при підвищених тисках: забезпечення механічної міцності, герметичності та ін. Створити установку, яка повною мірою задовольняла б всі перераховані вимоги, мабуть, неможливо. Тому для кожного конкретного процесу розподілення слід підбирати апарат такої конструкції, яка забезпечувала б найбільш вигідні умови проведення процесу.

Установки для баромембранних процесів за способом укладання мембран підрозділяють на чотири типи: з плоскими мембранними елементами, установки з трубчастими мембранними елементами, установки з мембранними елементами рулонного типу і установки з мембранами у вигляді порожнистих волокон. В усіх апаратах для баромембранних процесів можуть бути використані як мембрани, що ущільнюються (полімерні), так і мембрани з жорсткою структурою (керамічні).

Ці апарати можуть бути корпусні і без корпусні. По положенню мембранних елементів їх ділять на горизонтальні та вертикальні; за умовами демонтажу - на розбірні і нерозбірні. Залежно від конструкції апаратів і схеми установок апарати можуть працювати як в режимі ідеального витіснення, так і в режимі ідеального перемішування.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко АІ	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задач</b>		<b>210718.KP.03.001 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Яцук ІВ			<i>Інд.</i> 00000	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/21

Для здійснення процесу мікрофільтрації найчастіше застосовуються апарати з плоскими і трубчастими мембранними елементами, а також патронні установки, які є непроточними.

### **1.1. Апарати з плоскими мембранними елементами**

Основою цих апаратів є мембранний елемент, створений з плоских (листових) мембран, укладених по обидві сторони плоского пористого матеріалу, - дренажу, або виготовлених безпосередньо на їх поверхні. Відстань між сусідніми мембранними елементами (міжмембранний простір - канал, по якому протікає початковий розчин) невелика і складає 0,5-5 мм. Розчин, що розділяється, послідовно проходить між усіма мембранними елементами, концентрується і віддаляється з апарату. Частина цього розчину, що пройшла через мембрану в дренаж, утворює пермеат (фільтрат).

Апарати з плоскими мембранними елементами випускають в різних модифікаціях: корпусними і без корпусними, з центральним і периферійним виведенням пермеата, із загальним відводом пермеата або окремо з кожного елемента. За формою мембранні елементи виготовляють круглими (еліптичної) і прямокутними (квадратними). Форма елементів суттєво впливає на організацію потоку розчину, що розділяється над поверхнею мембран і на характеристики процесу розподілу.

Схема одного з апаратів з плоскими мембранними елементами еліптичної форми (випускається фірмою ДДС Данія) . Розподіл потоків в ньому схематично зображені на рис.2-1. Апарат є пакетом мембранних елементів 1 еліптичної форми, що знаходиться між круглими фланцями 2. Їх співвісна забезпечується двома направляючими штангами 3. На вільні кінці штанг нагвинчуються гайки, затягуванням яких здійснюється опресовування апарату.

Мембранні елементи складаються з опорних пластин 4, по обидвох сторонах яких укладені мембрани 5. Отвори в опорних пластинах і

мембранах точно поєднуються і герметизуються двома кільцями, що замикаються : проточним 6 з боку входу розчину, що розділяється, в переточний отвір і замковим 7 з боку виходу з нього. Для подачі розчину, що розділяється, з переточного отвору в між мембранний канал і відведення його в інший переточний отвір в проточних кільцях є прорізи в радіальному напрямку . Проточне кільце щільно входить в гніздо, що оточує отвір, чим досягається співвісна усіх поєднуваних отворів і надійна герметизація переточних отворів по вузьких кромках мембран, розташованих між кільцями 6 і 7.

Для розподілу розчину, що розділяється, по секціях один з переточних отворів на відповідних мембранних елементах перекривають заглушкою 8. Пермеат відбирають окремо з кожного мембранного елемента по гнучких капілярних шлангах 9 з наступним виводом в загальний колектор 10.

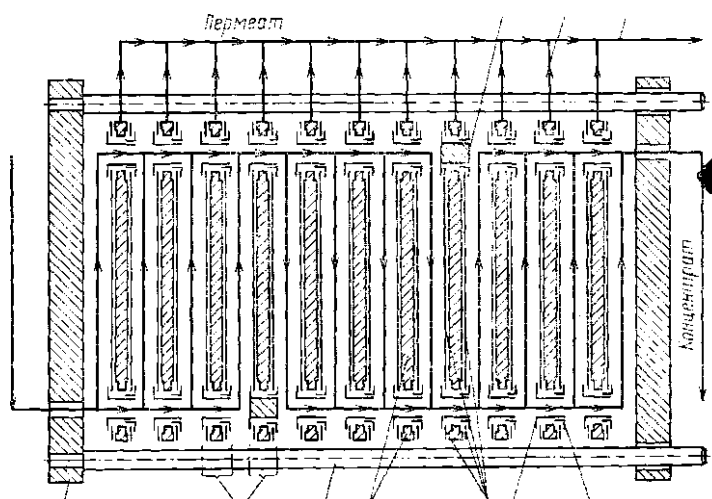


Рис. 1.1. Схема пристрою і розподілу потоків в апараті фірми ДДС :1 - мембранний елемент; 2 - фланець; 3 - штанга прямої; 4 - опорна пластина; 5 - мембрана; 6 - проточне кільце; 7 - замкове кільце; 8 - заглушка; 9 - шланг; 10 - колектор пермеата

Конструкція опорної пластини цього апарату (Рис 2-2) дуже складна: два склесні пластмасові диски мають розгалужену мережу внутрішніх

каналів різного перерізу для збору пермеата. У пластині уздовж її кромки розташований замкнутий з великим поперечним перерізом кільцевий канал 1, призначений для збору пермеата, що поступає з мембранного елемента по інших каналах, найбільші з котрих 2 розходяться променями з центру опорної пластини. З кільцевим каналом 1 з'єднуються також розташовані паралельно один одному канали 3 меншого поперечного перерізу. Ці канали мають численні поперечні порожнини 4а, які сполучаються з поверхнею дисків за допомогою щілин 4б. Ці щілини настільки вузькі, що при робочому тиску гарантується цілісність мембрани без застосування будь-яких підкладок. Малий опір потоку пермеата при використанні навіть високопроникних мембран забезпечується великою кількістю щілин 4б.

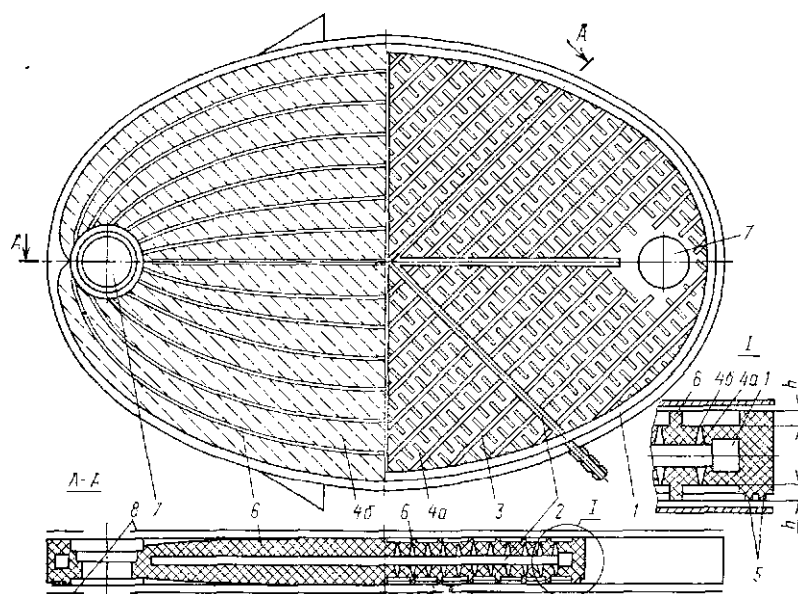


Рис. 1.2. Опорна пластина апарату фірми ДДС :

1, 2, 3 - відповідно до кільцевої, радіальний і діагональний канали; 4а - внутрішня порожнина; 4б - щілина; 5 - кільцевий виступ; 6 - ребро; 7 - переточний отвір; 3 - мембрана.

Висота міжмембранного каналу (у цих апаратах вона дорівнює 0,7 мм) визначається заввишки виступів уздовж крамок сусідніх опорних пластин, по

яким одночасно ущільнюється пакет мембранних елементів. Для зменшення зусиль обтискання пакету на одній з поверхонь мембранних елементів передбачені кільцеві виступи 5. Строга фіксація заданої висоти каналів над усією поверхнею мембранних елементів - здійснюється ребрами 6, розташованими в напрямку від одного переточного отвору 7 до іншого. Висота цих виступів у напрямі до переточних отворів поступово сходить нанівець. Мембрани 8, що досягають торців елементів, при робочому тиску облягають поверхню опорних пластин. При цьому між мембранами сусідніх елементів утворюються канали для протікання розчину, що розділяється.

Апарати фірми ДДС призначені для роботи при тиску до 2 МПа з розчинами, рН 0-14, що мають, температуру до 100°C. Вони можуть бути використані в хімічній і інших галузях промисловості (молочною, харчовою, фармацевтичною, целюлозно-паперової промисловості і т. д.). Залежно від числа мембранних елементів поверхня мембран в одному апараті складає 4,5; 9; 18; 27 і 42 м<sup>2</sup>. Для створення установок великої продуктивності апарати об'єднують в групи з паралельно-послідовними розподілом потоків розчину, що розділяється, між ними.

Мембранні апарати з елементами еліптичної або круглої форми мають ряд істотних недоліків :

- нераціональний розкрій листових матеріалів (мембран,, опорних пластин і т. д.)

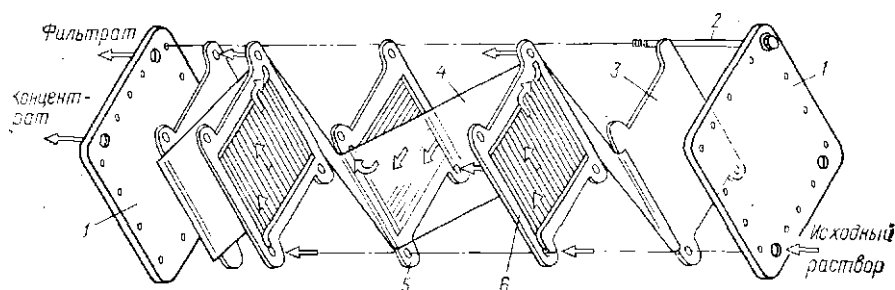


Рис. 1.3. Апарат з безперервною стрічковою мембраною:

1 - фланці; 2 - стягуючий болт; 3 - пластина ущільнювача; 4 - мембрана;  
5 - дренажна пластина; 6 - розділювальна пластина

- складність герметизації переточних отворів як при склеюванні, так і при використанні спеціальних ущільнюючих елементів або розділових пластин з фігурними проточками або отворами;

- нерівномірність руху розчину, що розділяється, в поперечному перерізі міжмембранного каналу і можливість утворення застійних зон;

- ускладнення конструкцій апаратів при використанні розподільних пластин для поліпшення гідродинамічних властивостей течії розчину, що розділяється, збільшення втрат робочого тиску і зменшення робочої поверхні мембран.

Ці недоліки усунені в апаратах з плоскими мембранними елементами прямокутної форми. Пристрій апарату, розробленого Есмондом, показано на Рис.2-3. Під фланцями 1, стягуваними болтами 2, розташовані дві ущільнюючі пластини 3, між якими поміщають пакет пластин що чергуються: дренажних 5 і розділових 6. Особливістю апарату являється те, що мембрана не розрізає на шматки по числу мембранних елементів, а послідовно огинає усі дренажні пластини.

Фірмою "Дорр-Олівер" (США) розроблений і випускається плоскокамерний апарат, в якому відсутні не лише переточні отвори, але і розділові прокладення. Принцип блокової зборки і заміни мембранних елементів значно спрощує монтаж апаратів. Апарат (Рис.2-4) складається з корпусу прямокутного перерізу, що закривається кришкою 2, в якій кріпляться секції (пакети) мембранних елементів, що складаються з дренажних пластин 4, однією стороною закріплених в несучій плиті, 3, і виготовленої на їх поверхні напівпроникної мембрани. Мембрану відливають безпосередньо на дренажних пластинах 4, опускаючи зібрану секцію в розчин полімеру з речовинами, що утворюють мембрану. Пермеат під мембраною по дренажних пластинах проходить крізь плиту, і збирається над нею, а потім по системі малих каналів поступає в загальний колектор 5. Апарати легко збираються в батарею, в якій можна задають як послідовний, так і

паралельний струм розділюваного розчину. По виході з ладу мембрану розчиняють і очищені секції використовують для нанесення нової мембрани. У цих апаратах процес розподілу може проводитися при високих швидкостях розчину (до 3 м/с), що дозволяє істотно понизити вплив концентраційної поляризації. Апарати цього типу особливо перспективні для проведення ультра- та мікрофільтраційних процесів.

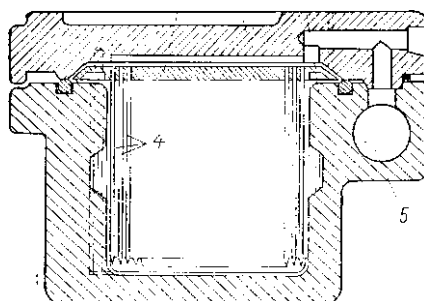


Рис.1.4. Апарат фірми "Дорр-Олівер"

1 - корпус; 2 - кришка; 3 - несуча плита; 4 - дренажні пластини; 5 - колектор для збору і відведення пермеата.

#### Недоліки цих апаратів

- невисока питома поверхня мембран -  $60-300 \text{ м}^2/\text{м}^3$  об'єму апарату;
- збірка апаратів і заміна мембран здійснюються вручну.

Аналіз спеціальної літератури дозволяє сформулювати основні рекомендації по створенню апаратів цього типу : доцільною формою мембранного елемента є прямокутна; принцип зборки апаратів має бути секційним, що забезпечує оптимальний гідродинамічний режим; переважною є без корпусна модель апарату.

### 1.2. Апарати з трубчастими мембранними елементами

Пристрій апаратів цього типу (рис. 1-5) визначається конструкцією що комплектують їх мембранних елементів. Трубчатий мембранний елемент складається з мембрани і дренажного каркаса. Дренажний каркас виготовляють з трубки 1, що є опорою для мембранного елемента і що

забезпечує відведення пермеата, і мікропористої підкладки 3, мембрани, що виключає втискування, 2 в дренажні канали трубки під дією робочого тиску суміші, що розділяється.

Розрізняють трубчасті мембранні елементи з мембраною 2 усередині (рис.1.5, а), зовні (рис.1.5, б) трубки і з комбінованим (рис. 1.5, в) її розташуванням. З апаратів з трубчастими мембранними елементами найбільше застосування отримали апарати з мембраною усередині трубки. Вони мають наступні переваги:

- малу матеріаломісткість через відсутність корпусу; низький гідравлічний опір потоку пермеата у зв'язку з невеликою довжиною дренажного каналу;
- хороші гідродинамічні умови роботи мембрани, тобто рівномірний рух потоку розчину з високою швидкістю над її поверхнею і відсутністю застійних зон;
- можливе механічне очищення мембранних елементів від осаду без розбирання апарату;
- зручність установки трубчастих мембранних елементів в апараті; надійна герметизація апарату.

Недоліки апаратів цього типу:

- мала питома поверхня мембран в апараті ( $60-200 \text{ м}^2/\text{м}^3$ );
- підвищена точність виготовлення і механічної обробки внутрішньої поверхні дренажного каркаса;
- неможливий візуальний контроль процесу формування мембран.

При розташуванні мембрани зовні трубки можна отримати трубчасті мембранні елементи малих діаметрів, що дозволяє значно збільшити питому поверхню мембран в апараті. Крім того, не вимагаються висока точність обробки дренажного каркаса апарату і можливий контроль процесу формування мембрани. Проте ці апарати в порівнянні з апаратами, в яких мембрану розташовують усередині трубки, відрізняються великою

матеріаломісткістю (необхідно корпус, що витримує робочий тиск), поганими гідродинамічними умовами; їх складніше очищати від осаду, а при заміні трубчастих мембранних елементів легко пошкодити селективний шар мембран.

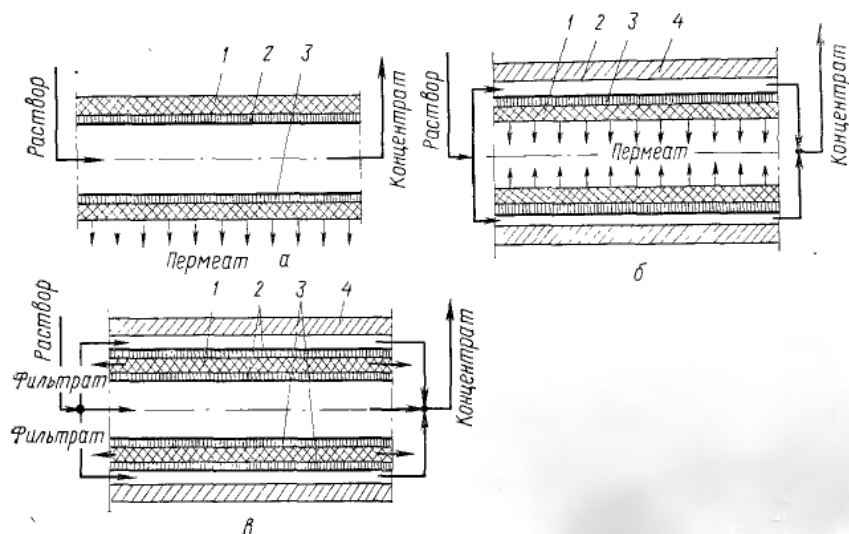


Рис.1.5. Трубчасті мембранні елементи: а - з мембранами усередині трубки; б - з мембранами зовні трубки; в - комбінована конструкція; 1 - трубка; 2 - мембрана; 3 - підкладка; 4 - корпус.

У апаратах з комбінованим розташуванням мембран в трубчастих мембранних елементах мембрани поміщаються на дренажному каркасі як усередині труб, так і зовні них. Апарати цього типу мають найбільшу питому поверхню мембран. Проте окрім недоліків, характерних для апаратів з трубчастими мембранними елементами, в яких мембрани розташовані усередині або зовні труб, в апаратах цього типу значний гідравлічний опір через великий шляху пермеата усередині трубки.

Трубчаті мембранні елементи розрізняються також конструкцією дренажного каркаса і способом кріплення на ньому мембрани. Трубки для дренажного каркаса виготовляють з поропластів, а також накручуванням на оправу декількох шарів філаментного синтетичного волокна або скловолкна (стрічок з різних матеріалів) з наступним частковим просоченням смолою, плетінням рукавів з синтетичних ниток або нержавіючого дроту,

перфоруванням металевих труб, пресуванням керамічних, металокерамічних або пластмасових порошкових матеріалів, просоченням наповнювача термопластами.

Щоб понизити гідравлічний опір потоку пермеата, в плетених і витих трубах іноді укладають повздовжні волокна, а при використанні непористих труб на їх поверхні роблять подовжні пази. З цією ж метою пористі труби іноді виготовляють з пучків волокон або з гофрованої тканини, що утворює після її просочення смолою та затвердіння жорсткий дренажний каркас з повздовжніми канавками для відведення пермеата.

Як мікропористі підкладки використовують папір, просочений смолами, філаментні волокна і волокнисті матеріали, текстильні тканини, пластмасові сітки, поропласти, різні пористі матеріали. Підкладки зазвичай виготовлюють на трубах, що мають канали для відведення пермеата, в єдиному технологічному процесі.

Мембрани для трубчастих елементів готують, як правило, з концентрованих розчинів полімерів (ацетатів целюлози, поліамідів та ін.) нанесенням формувального розчину на гладку циліндричну поверхню шаблону з наступною коагуляцією і зніманням готової мембрани, литвом формувального розчину з кільцевої фільери в осадову ванну, отриманням трубчастої мембрани з плоскої.

Мембрани можна формувати також безпосередньо на трубчастих пористих підкладках вказаними вище способами, а також нанесенням на них двох шарів мономерів та наступною тепловою полімеризацією, що призводить до освіти з першого мономера великопористого шару, а з другого мономера - активного шару мембрани. Полімеризацію можна здійснювати дією на мономер безелектродного розряду (плазмова полімеризація).

Щоб запобігти попаданню розчину, що розділяється, в пермеат, торці мембранних елементів герметизуються клейовим швом або спеціальними деталями ущільнювачів.

Аналіз способів виготовлення трубчастих мембранних елементів показує, що найбільш перспективне поєднання операцій отримання дренажних каркасів і формування на них мембран в єдиний безперервний технологічний процес.

Перевагу слід віддавати тим трубчастим елементам, в яких мембрани міцно сполучені з пористим каркасом (не здираються при високих - до 3-5 м/с - швидкостях прокачування розчину, що розділяється). В той же час, оскільки термін служби мембран зазвичай не перевищує 1 року, необхідно передбачити повторне використання дренажного каркаса після видалення з нього відпрацьованої мембрани.

Порівняно короткий термін служби трубчастих мембранних елементів визначає головну вимогу, що пред'являється до апаратів, - легкість заміни мембранних елементів та надійна їх герметизація. Це завдання вирішується використанням роз'ємних сполучних деталей і створенням трубчастих мембранних елементів у вигляді легко замінюваних блоків.

Схема апаратів з використанням кілець ущільнювачів для герметизації трубчастих мембранних елементів фірми Рамікон (США) показана на рис.1.6. У двох трубних плитах 2 апарати закріплено декілька корпусів 5, що повідомляються між собою за допомогою каналів 8. У кожному корпусі встановлено по блоку трубчастих мембранних елементів 4, маючому на торцевому фланці 7 кільце ущільнювача 6, розділяючи напірну порожнину і порожнину збору пермеата. Монтажні отвори 9 в трубних плитах 2 закривають заглушками 1 з герметизацією їх кільцями ущільнювачів 10. Для ущільнення трубчастих мембранних елементів в блоках 4 використовують ніпелі або пружні втулки. У апаратах здійснюється послідовний рух розчину, що розділяється, по усіх корпусах апарату.

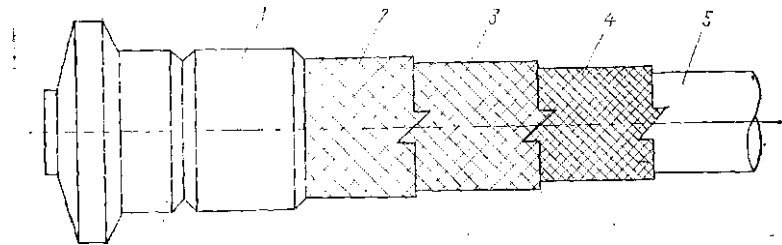


Рис.1.6. Гнучкий трубчастий мембранний елемент "Філко Форд": 1 - фланець; 2-4 - обплетення з волокна; 5 - мембрана.

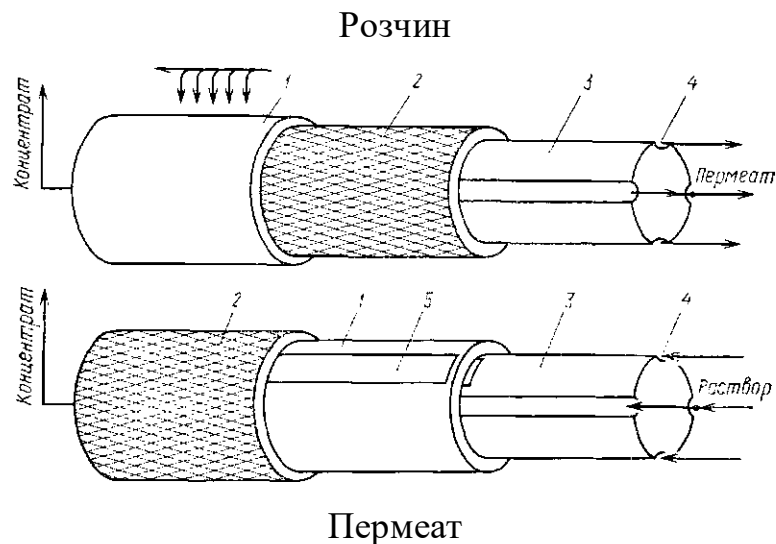


Рис.1.7. Пристрій стержневих трубчастих мембранних елементів з мембраною на каркасі (а) і без каркаса (б) :

1 - Мембрана; 2 - підкладка; 3 - сердечник; 4 - подовжні канали; 5 - склеююча стрічка.

Трубчастий мембранний елемент цього апарату показаний на рис.1.7, а. Сердечник 3, що має канали 4 для проходу розділюваного розчину, покритий мембраною 1 (активним шаром до сердечника) і підкладкою 2, обплетенням мембрани, що виготовляється, синтетичним волокном. Трубчасту мембрану 1 отримують з листової, накладаючи на стик знизу і згори смуги закріплюваної стрічки 5.

Використовуючи трубчасті мембранні елементи фірми Міцубісі (Японія), можна отримати мембрани з великою питомою поверхнею

(рис.1.7). Сердечник 3 цих елементів має подовжні канали 4 для відведення пермеата. На ньому розташована сітчаста підкладка 2 і згори - трубчаста мембрана 1 активним шаром назовні.

Істотний недолік апаратів з мембранними елементами фірм Рамікон і Міцубісі трудомісткість зборки апаратів. Герметизація трубчастих мембранних елементів при великій їх кількості в апараті гумовими кільцями або манжетами не завжди надійна і вимагає підвищеної точності обробки поверхонь, що сполучаються. Такі ущільнення найчастіше використовують для герметизації блоків трубчастих мембранних елементів. В цьому випадку кінці мембранних елементів заправляють в гнізда, виконані в трубних плитах, і заливають їх смолою, що полімеризується. Оскільки ущільнюючі кільця охоплюють торці усіх трубчастих мембранних елементів блоку, відпадає необхідність їх герметизації окремо

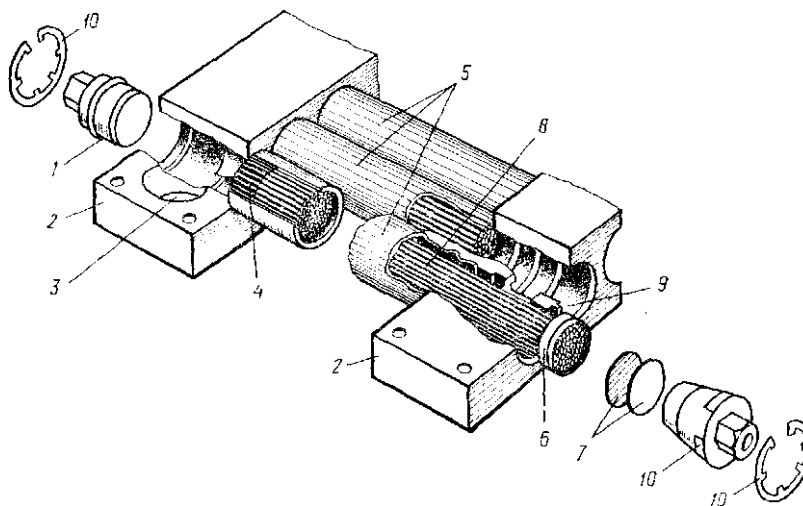


Рис. 1.8. Апарат фірми "Рамікон" :

1 - заглушка; 2 - трубні плити; 3 - введення початкового розчину; 4 - блок елементів; 5 - корпус; 6, 10 - кільця ущільнювачів; 7 - шайба; 8 - канал; 9 - монтажні отвори.

Для зменшення кількості роз'ємних з'єднань фірма Філко Форд (США) використовує в мембранних апаратах довгі трубчасті мембранні елементи. Ці елементи завдовжки в декілька десятків метрів намотують на катушку багат шаровою спіраллю, що має розділові 1 перегородки і укладають в

безнапірний кожух. На кінцях трубчастого мембранного елемента закріплюють штуцер для подачі розчину, що розділяється, і штуцер для виводу концентрату.

Мембранний елемент складається з трубчастої мембрани 5 (рис.1.9), трьох обплетень 2-4 і фланців 1.

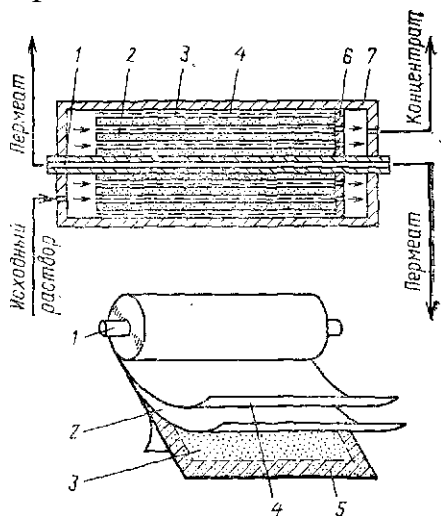


Рис. 1.9. Апарат з рулонними мембранними елементами: 1 – пермеатовідвідна трубка; 2 - мембрана; 3-дренажний лист; 4 - сітка-сепаратор; 5 - область склеювання; 6 - фіксатор; 7 - корпус.

Внутрішнє обплетення 4 виконують з тонкого синтетичного волокна типу дакрон, зовнішнє обплетення роблять з найбільш грубого волокна, що забезпечує мембранному елементу одночасно необхідну міцність і достатню гнучкість.

Переваги апарату фірми Філко Форд - його компактність, мала матеріаломісткість і технологічність виготовлення. У апаратах фірми Філко Форд питома поверхня мембран порівняно невелика, в них не можна прокачувати розчин, що розділяється, з великою швидкістю (великі втрати робочого тиску). Дренажний каркас мембранних елементів не підлягає повторному використанню.

Апарати з трубчастими мембранними елементами знайшли широке застосування для розподілу ультра- та мікрофільтрацією розчинів, в яких можливе утворення осаду, а також для опріснення зворотним осмосом води з високою концентрацією солей.

### **1.3. Апарати з рулонними мембранними елементами**

Принципова схема пристрою апаратів з рулонними мембранними елементами приведена на рис.1.10. В корпусі послідовно встановлено декілька рулонних мембранних елементів. Рулонний мембранний елемент складається з трубки 1, що має прорізи для проходу пермеата, і герметично приєднаного до неї пакету з двох мембран 2, розташованого між ними дренажного листа 3 і сітки-сепаратора 4, що утворює міжмембранні канали. В процесі скручування пакету для герметичного розподілу напірної порожнини і порожнини збору пермеата кромки дренажного листа просовують спеціальним клеєм.

Для запобігання телескопічному ефекту (зрушення шарів в рулоні уздовж його осі), що виникає внаслідок різниці тисків у торців мембранного елементу, в корпусі 7 апарату встановлюють фіксатори 6 (диски з отворами для проходу розчину, що розділяється). Розчин, що розділяється, рухається по міжмембранному каналу, сітка-сепаратор 4 в якій не лише визначають його висоту, але і є турбулізатором.

Апарати з рулонними мембранними елементами мають високу питому поверхню мембран (300- 800 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>), малу металоємність; багато операцій при зборці мембранних елементів можуть бути механізовані . Недоліки апаратів цього типу - складність монтажу пакетів деяких конструкцій, необхідність заміни усього пакету при ушкодженні мембрани, високий гідравлічний опір як міжмембранних каналів, так і дренажного листа.

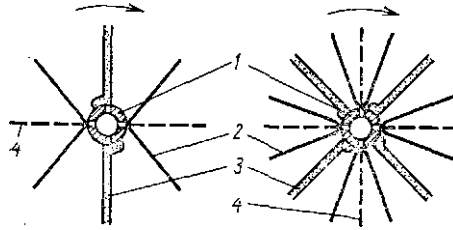


Рис. 1.10. Розташування матеріалів в рулонних мембранних елементах фірм "Эстман Кодак" (а) і "Галф Дженерал Атомик" (б):

1 - пермеатовідвідна трубка; 2 - мембрана; 3- дренажний лист; 4 - сітка-сепаратор.

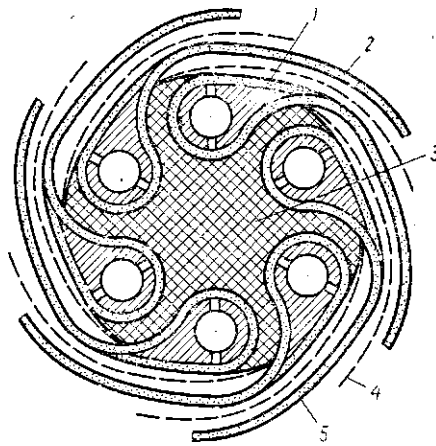


Рис. 1.11. Апарат із спільно навитими рулонними мембранними елементами:

1 - пермеатовідвідна трубка; 2 - дренажний лист; 3 - утримувач; 4 - сітка-сепаратор; 5 - мембрана.

Апарати з рулонними мембранними елементами широко використовують для розподілу розчинів зворотним осмосом. Вони відрізняються високою продуктивністю. Так, в установці для знесолювання близько 400000 м<sup>3</sup> води в добу використовуються апарати з рулонними мембранними елементами продуктивністю до 95 м<sup>3</sup> пермеата в добу. Розрізняють чотири типи апаратів з рулонними мембранними елементами: з рулонними мембранними елементами з декількома пакетами і однією пермеатовідводною трубкою; із спільно навитими рулонними мембранними

елементами; з рулонними мембранними елементами з декількома пермеат трубками, що відводять; з рулонними мембранними елементами, що мають канали для збору пермеата.

### **1.3.1 Апарати з рулонними мембранними елементами з декількома пакетами і однією пермеатовідводною трубкою.**

Ці апарати знайшли найбільш широке промислове застосування. Фірмою Естман Кодак (США) випускаються апарати та мембранні елементи, з яких їх складають спільним накручуванням на пермеатовідводну трубку 1 двох пакетів, що складаються з мембрани 2, дренажного листа 3 і сітки-сепаратора 4 (рис.1.12). Його збирають за допомогою спеціальної намотувальної машини.

Довжина елемента 0,5 м, діаметр 0,095 м. Апарат з цим рулонним елементом має робочу поверхню мембран 3 м<sup>2</sup>. При тиску 4,2 МПа і використанні мембран з селективністю по хлориду натрію 97, 92 і 88 % його продуктивність дорівнює відповідно 1,2; 2,0 і 2,8 м<sup>3</sup>/добу

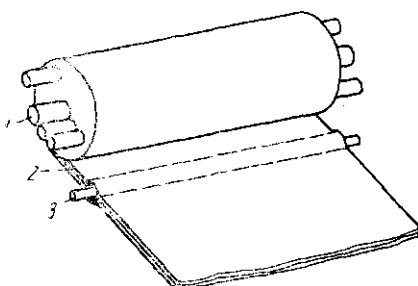


Рис. 1.12. Рулонний мембранний елемент з допоміжними пермеатовідводними трубками:

1 - пермеатовідводна трубка; 2 - пакет; 3 - допоміжна трубка.

У апаратах фірми Галф Дженерал Атомік (США) на пермеатовідводну трубку мембранного елемента сумісно навивають чотири пакети. Апарат відрізняється технологічністю зборки і надійністю роботи.

Збільшення числа пакетів на одній пермеатовідводній трубці дозволяє збільшити поверхню мембран в рулонному мембранному елементі. Для збільшення поверхні мембран в апаратах встановлюють декілька рулонних елементів. Так, фірма Дженерал Дайнемік Корпорейшн (США) випускає апарат з трьома рулонними мембранними елементами, аналогічними по конструкції елементам фірми Естман Кодак, але великих розмірів (довжина 0,85 м, діаметр 0,1 м). Продуктивність установки з десятьма такими апаратами при робочій поверхні мембран 126 м<sup>2</sup> близько 60 м<sup>3</sup>/добу.

Фірма Торей (Японія) випускає апарати з широким набором рулонних мембранних елементів, що містять до шести пакетів, що одночасно навиваються на пермеатовідводну трубку. Довжина елементів 1,016 м, діаметр 0,1-0,2 м. При тиску 3,5 МПа і селективності мембрани по хлориду натрію не менше 95% продуктивність апарату фірми Торей становить 20-25 м<sup>3</sup>/добу.

Фірма Дор Олівер (США) запропонувала спосіб виготовлення рулонних мембранних елементів, при якому мембрани відливаються безпосередньо на дренажному листі. Попередньо збирають каркас елемента, що складається з пермеатовідводної трубки і герметично приєднаних до неї чотирьох дренажних листів. При згортанні рулону між дренажними листами розміщують спеціальні вставки, якими регулюють висоту проміжку, необхідного для наступного утворення мембран і каналів між ними, по яких прокачують розчин, що розділяється.

### **1.3.2 Апарати із спільно навитими рулонними мембранними елементами.**

Фірмою Галф Дженерал Атомік запропонований апарат, що складається з корпусу, утримувача 3, закріплених в його гніздах мембранних елементів і сіток-сепараторів 4, поміщених між цими елементами. Рулонні мембранні елементи зібрані з пермеатовідводних трубок 1 спеціальної

форми, що водять, обернутих дренажними листами 2 з відформованими на їх поверхні мембранами 5. Пермеатовідводні трубки 1 мають форму, при якій значно зменшується напруга в місцях кріплення трубок 1 після навивки мембранних елементів на утримувач 3. Апарати цього типу мають високу продуктивність в результаті спільної навивки великого числа мембранних елементів.

### **1.3.3. Апарати з рулонними мембранними елементами, що мають канали для збору пермеата.**

У апаратах цього типу (рис. 1.13) використовують рулонні мембранні елементи, що мають в радіальному напрямі канали для відбору пермеата 2. Вони утворені шайбами ущільнювачів 3, поміщеними в отвори сіток-сепараторів 6, і отворами в пермеатовідводній трубці 1. При навиванні пакету на пермеатовідводну трубку 1 шайби 3 приклеюються до мембран, герметизуючи міжмембранні канали. Після навивки пакету та частина мембран, яка перекриває отвори в ущільнювачах шайбах, видавлюється спеціальним стержнем, що проганяється через канал 2.

Розчин, що розділяється, проходить уздовж міжмембранного каналу, обтікаючи розділові шайби 3. Пермеат з дренажних листів 4 безперешкодно потрапляє в канали 2, звідки поступає в пермеатовідводну трубку 1, по якій виводиться з мембранного елемента. Ці апарати можуть мати більшу продуктивність, якщо навивати довгі пакети і розміщати в корпус декілька рулонних мембранних елементів. Проте вони мають істотні недоліки: наявність клейових з'єднань, складність поєднання отворів в пакеті для утворення допоміжних каналів, велике число інших ручних трудомістких операцій при зборці елементів.

З апаратів розглянутих типів найбільш перспективні апарати із спільно навитими рулонними мембранними елементами. При порівняно невеликих габаритних розмірах вони мають велику продуктивність.

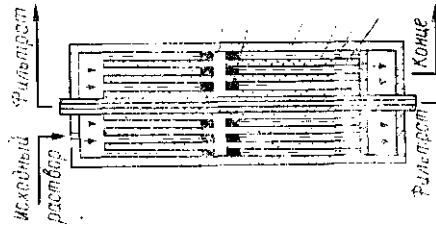


Рис.1.13. Схема апарату з рулонними мембранними елементами з торцевим виведенням пермеата і центральною пермеатовідвідною трубкою:

1 - пермеатовідводна трубка; 2 - канал для відбору пермеата; 3 - ущільнююча шайба; 4 - корпус; 5 - мембрана; 6 - сітка-сепаратор; 7 - дренажний лист.

#### 1.4. Апарати з порожнистими волокнами

Ці апарати знайшли широке застосування для розподілу розчинів зворотним осмосом і ультрафільтрацією. Мембрани у вигляді порожнистих волокон для зворотного осмосу зазвичай мають зовнішній діаметр 45-200 мкм і товщину стінки 10-50 мкм, а для ультрафільтрації відповідно до 200-1000 мкм і 50 - 200 мкм. При таких розмірах забезпечується необхідна міцність волокон під дією робочих тисків, що використовуються при зворотному осмосі і ультрафільтрації (відповідно до 10 і 1 МПа).

Апарати з порожнистими волокнами прості по устрою, технологічні у виготовленні; вони легко збираються і зручні в експлуатації. У цих апаратах внаслідок малих діаметрів волокон забезпечується дуже висока питома поверхня мембран - до 20-30 тис. м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Тому вони знайшли широке застосування у великотоннажних хімічних виробництвах, у виробництві особливо чистої води, в харчовій промисловості і т. д. Проте при експлуатації цих апаратів пред'являють підвищені вимоги до попереднього очищення розчинів, що розділяються, від суспензій.

У разі виходу з ладу частини порожнистих волокон доводиться замінювати увесь пучок порожнистих волокон.

Апарати з порожнистими волокнами можна розділити на наступні групи: з паралельним розташуванням порожнистих волокон" з циліндричними мембранними елементами, з U-подібними розташуванням порожнистих волокон; з сферичними мембранними елементами. Апарати останнього типу не знайшли широкого застосування, і тому не розглядаються.

Апарати з порожнистими волокнами можуть бути як безопорними, так і з опорно-розподільчими трубками. Безопорні апарати простіше по пристрою, але гідродинамічні умови в них і розподіл розчину, що розділяється, по перерізу і довжині апарату гірші, ніж в апаратах з опорно-розподільчими трубками. Для поліпшення гідродинамічних умов в апаратах застосовують різні розподільні пристрої і турболізатори.

Отже, в даному розділі були розглянуті основні типи апаратів, що використовуються на сьогоднішній день для баромембранних процесів. Як бачимо з огляду обладнання, всі апарати мають ряд недоліків, тому актуальним є питання про створення нових якісно відмінних зразків обладнання, які дозволять інтенсифікувати процес розділення рідких продуктів.

## 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Проблема ефективної переробки молока стає все більш актуальною у зв'язку зі збільшенням промислового виробництва сирів кисломолочних та виробів на їх основі.

Частина невикористаного молока потрапляє в стічні води, що завдає шкоди навколишньому середовищу. Крім того, при їх потраплянні у каналізацію, очищення 1 м<sup>3</sup> стічних вод з високим вмістом компонентів молока дорівнює очищенню 400 м<sup>3</sup> типових промислових стоків.

Біологічну і харчову цінність молока важко переоцінити, а її потрапляння в поверхневі води може призвести до серйозних екологічних наслідків. Тому проблема його ефективного і повного перероблення є актуальною і досі невирішеною.

На всіх етапах виробництва сиру кисломолочного, велика увага приділяється створенню нових ресурсозберігаючих технологій і удосконаленню існуючих. Особливу роль серед них відіграють мембранні методи: мікрофільтрація та ультрафільтрація, які на сьогоднішній день використовуються в усіх галузях промисловості. Молочна промисловість була однією з перших галузей, в якій на початку 70-их років за кордоном з'явилися мембранні системи. Застосування мембранних процесів є дуже перспективним, тому що дозволяє очищати та концентрувати харчові рідини без впливу високої температури, дає можливість зберігання нативних властивостей харчових нутрієнтів, використання окремих компонентів сировини і їх фракціонування, отримувати продукти харчування підвищеної якості і цінності, знижувати енергоємність процесів тощо.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Техніко- економічне, соціальне</b>	<b>210718.KP.03.002 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимук ІВ		<i>Інд.</i> змін	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/2

Мембранна технологія – метод розділення, який здійснюється на молекулярному та іонному рівнях, який базується на мікро-, ультрафільтраційних та зворотно осмотичних процесах, є основою для створення нових технологій переробки молочної сировини.

Як бачимо з огляду літературних джерел, мало інформації про процес переробки молока за допомогою мікро- та ультрафільтрації. Це легко пояснити – відсутність таких досліджень і напрацювань. Тому розроблення мембранних установок для покращення якості виробленої продукції є актуальним.

В даному дипломному проекті необхідно розробити мембранну установку, яка поєднує в собі процеси мікро- та ультрафільтрації. Проектна продуктивність установки по молоку повинна складати 5 м<sup>3</sup>/год.

Передбачається, що установка буде двох стадійною. На першій стадії знежирене молоко розділятиметься на керамічних мікрофільтраційних мембранах, а на другій стадії на капілярних полімерних ультрафільтраційних мембранах.

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ І ГОТОВОГО ПРОДУКУ

#### 3.1. Молоко

Молоко́ (лат. *lasc*, род. відм. *lactis*; грец. γάλα) — секрет молочних залоз, що виробляється під час лактації у ссавців жіночої статі та призначений для грудного годування дітей. Молоко є емульсією крапель жиру у воді. Молоко матері особливо важливе для підтримки імунної системи впродовж перших днів, також воно забезпечує дитинча поживними речовинами.

За ДСТУ 2212-93[2]: Молоко — продукт нормальної секреції молочних залоз.

У центральній Європі слово молоко — синонім коров'ячого молока.

#### 3.1.2. Органолептичні властивості молока

Свіже сире молоко характеризується певними органолептичними або сенсорними показниками: зовнішнім виглядом, консистенцією, кольором, смаком і запахом. Згідно з нормативною документацією молоко повинно бути однорідною рідиною без осаду і пластівців, від білого до слабо-кремового кольору, без сторонніх, невластивих йому присмаків і запахів.

Білий колір і непрозорість молока обумовлює розсіювання світла колоїдними частинками білків і кульок жиру, кремовий відтінок — розчинений у жирі каротин, приємний, солодкувато-солонуватий смак — лактоза, хлориди, жирні кислоти, а також жир і білки. Жир надає молоку певну ніжність, лактоза — солодкуватий смак, хлориди — солонуватий, білки і деякі солі — повноту смаку.

До числа ароматичних і смакових речовин сирого молока можна віднести невелику кількість диметилсульфіду (<0,01 мг%) і метилсульфіду (<0,001 мг%), ацетону (<2 мг%), диацетилу (<0,1 мг%), вільних жирних

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Павліва ІВ	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>ХАРАКТЕРИСТИКА</b> <b>ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ І</b> <b>ГОТОВОГО ПРОДУКУ</b>	210716.KP.02.003 .ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Яремук ІВ		<i>Інд.</i> 000000	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/4

кислот (до 10 мг%), у тому числі летких жирних кислот (до 5 мг%), а також незначна кількість ацетальдегіду та інших монокарбонільних сполук, карбонових кислот (піровиноградної і молочної), аміносполук (вільних амінокислот, пептидів, амінів, аміаку).

Підвищення вмісту в молоці хлоридів, перерахованих вище і деяких інших летких речовин призводить, як правило, до зміни нормального смаку і запаху молока і виникнення вад. Причини та строки їх виникнення різноманітні. Так, ряд вад смаку і запаху може з'явитися в молоці перед доїнням. До них належать вади, викликані зміною хімічного складу молока при порушенні фізіологічних процесів в організмі тварини і надходженням в молочну залозу з кров'ю речовин корму, що мають специфічний смак і запах. Наприклад, яскраво виражені присмаки (гіркий, солоний) мають молозиво, стародійне молоко та молоко, отримане від тварин, хворих маститом, кетозом та іншими захворюваннями.

Інші вади смаку і запаху можуть з'явитися в молоці після доїння — при порушенні правил зберігання, транспортування та первинної обробки молока. Прогірклий, окислений, мильний та інші присмаки і сторонні запахи молока викликаються ліполізом та окисненням жиру. Різноманітні вади обумовлюються адсорбцією запахів погано вимитої тари, невентильовані приміщення, випари мастильних олив, бензину і т. д., також забрудненням молока мийними і дезинфікуючими засобами, ліками, пестицидами.

Таким чином, на смак і запах сирого молока впливають численні фактори — стан здоров'я, порода і умови утримання тварин, раціон годівлі, стадія лактації, тривалість і умови зберігання молока, режими первинної обробки.

### **3.2. Вершкóве ма́сло**

**Вершкóве ма́сло** — молочний продукт, який виробляється шляхом збивання свіжого або кислого молока, вершків чи перетворення високожирних вершків.

Вершкове масло — масло, вироблене з вершків та/або продуктів переробки молока, яке має специфічний притаманний йому смак, запах та пластичну консистенцію за температури  $(12\pm 2)$  °С, з вмістом молочного жиру не меншим ніж 61,5 %, що становить однорідну емульсію типу «вода в жирі».

Вершкове масло також називають коров'ячим жиром.

Слово «масло» (прасл. \*maslo, раніша форма \*mazlo) за походженням пов'язане з «мазати» (прасл. \*mazati)

Групи та види вершкового масла

Вершкове масло, залежно від масової частки жиру, поділяють на групи:

Екстра (частка жиру: 80-85 %);

Селянське (частка жиру: 72,5-79,9 %);

Бутербродне (частка жиру: 61,5-72,4 %);

Пряжене (частка жиру: не менше 99 %).

Залежно від технологічних особливостей та органолептичних показників вершкове масло поділяється на такі види:

Солодковершкове;

Солоне солодковершкове;

Кисловершкове;

Солоне кисловершкове.

Солодковершкове масло виробляють з натуральних пастеризованих вершків, а кисловершкове — з пастеризованих вершків, сквашених чистими культурами молочнокислих бактерій. Солоне масло виробляють з додаванням кухонної солі.

### **3.2.1. Вершкове масло в упаковці**

За допомогою перетоплювання, можна отримати продукт який називають топлене масло, яке є майже чистим молочним жиром. Під час зберігання в холодильнику масло залишається твердим, але м'якшає при кімнатній температурі і розтає до рідкої консистенції при температурі 32-

35 °С. Густина масла дорівнює 911 кг/м<sup>3</sup>. Строки придатності до споживання масла в спожитковому пакуванні коливаються для масла вершкового різних сортів від 15 до 90 діб, для топленого масла — від 1 до 6 місяців. Строки зберігання вершкового масла: за температури не вищої ніж 6 °С для масла у моноліті — 10 діб, для топленого масла у транспортній тарі — 15 діб, під час зберігання вершкового масла у спожитковому пакуванні — не більше 3 діб.

Зазвичай масло має блідо-жовтий колір, але він може бути від темно-жовтого до майже білого. Колір масла залежить від способу харчування тварини і у промисловому виробництві його часто коригують за допомогою харчових фарбників, зазвичай ними є аннато або каротин. Також до масла додають вітаміни. При застосуванні вітаміну А масова його частка становить не більше ніж 10 мг/кг, бета-каротину — не більше ніж 3 мг/кг, екстракту аннато — не більше ніж 10 мг/кг.

## 4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ

**Молоко** та **молочні продукти** відіграють значну роль у харчуванні людей. Включення молочних продуктів в будь-який харчовий раціон підвищує його повноцінність, сприяє кращому засвоєнню інших компонентів. Направлений біоенергетичний вплив на **молоко**, як складну полідисперсну систему дозволяє отримати білково-жирові концентрати (сир, **казеїн**) та молочну сироватку, як побічний продукт.

Одним із перспективних напрямків у молочній промисловості є комплексна переробка молока мембранними методами з метою повного використання всіх її компонентів. Метою представленої роботи було удосконалення лінії ультрафільтрації молока.

Мембранні методи - сучасний інструмент реалізації ряду пріоритетних напрямків розвитку науки, технологій і техніки. Їх практичне значення пов'язано перш за все з вирішенням глобальних проблем, що стоять перед людством у ХХІ с. створення високих технологій, забезпечення безпеки проживання, виробництво екологічно чистих продуктів харчування, високоякісної питної води, а також формування належного балансу між рішенням соціально економічних проблем і збереженням оточуючого середовища.

За допомогою мембранних процесів можна охопити практично увесь діапазон виникаючих задач по розділенню: від самих тонких – концентрування ізотопів, до відносно «грубих» – очищення рідин від часточок субмікронних розмірів.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олшешський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи		210718.KP.03.004 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимук ІВ			<i>Інд.</i> Зміи	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

У теперішній час їх використовують в хімічній, нафтохімічній, газовій, фармацевтичній, мікробіологічній, атомній електронній, харчовій промисловості, медицині, підготовці води з різним подальшим використанням, в аналітичному приладобудуванні і в інших областях.

Необхідно відмітити, що існують області, де мембранні технології взагалі не мають конкуренції – наприклад низькотемпературна стерилізація розчинів дозволяє видаляти не лише бактерії, але і віруси, зберігаючи при цьому цінні якості термічно нестійких речовин. Це особливо важливо при отриманні біологічно активних речовин, лікарських препаратів, ферментів та ін.

Інтенсивний розвиток нових технологій і створення нових матеріалів з одного боку, повністю перетворюють усю сферу діяльності людини – стан науки, промисловості, сільського господарства, побуту, медицини, охорони здоров'я та ін., з іншого боку – приводять до інтенсивного накопичення відходів. Світова статистика свідчить, що лише 7 – 12% вихідної сировини перетворюється у кінцевий продукт, а приблизно 90% на різних стадіях виробництва і споживання переходить у відходи, які й самі можуть бути цінною сировиною, і переробка її може бути в кілька разів рентабельнішою, ніж вихідної сировини. У зв'язку з цим можливо стверджувати, що ХХІ століття буде в значній мірі націлене на створення екологічно безпечних і саме головне – економічно мало витратних і технологічно обґрунтованих процесів переробки матеріалів, відходів отримання на їх основі корисних і необхідних для суспільства продуктів. Тому мембранні і комбіновані процеси обробки речовин і матеріалів належить віднести до однієї з самих передових технологій.

Сучасні мембранні процеси відрізняються високою селективністю, низькими енерговитратами, простотою апаратурного оформлення і слугують основою створення безвідходних технологій. До основних мембранних процесів у цій галузі можна віднести: баромембранні (мікрофільтрація,

ультрафільтрація, нанофільтрація, зворотний осмос) та електромембранні (електродіаліз).

Розділення відбувається за допомогою напівпроникних мембран, які встановлюють у відповідні модулі та установки. Підбір мембран за розміром пор дозволяє розділяти високомолекулярні сполуки від низькомолекулярних або одновалентні іони від двохвалентних тощо.

Баромембранний метод - фізичний спосіб поділу розчинів через напівпроникну перегородку з порами від 1 до 1000 нм. Частина розчинених компонентів та розчинник під дією тиску проходить через мембрану, інша частина – затримується. Відбувається концентрування сполук, що не проходять крізь мембрану. Проникність всіх видів мембран під час роботи знижується, що обумовлено концентраційною поляризацією (шар розчину з підвищеною концентрацією біля поверхні мембрани). Осмотичний тиск і гідродинамічний опір збільшуються. Для зменшення цього ефекту розчин перемішують або значно збільшують швидкість його проходження над мембраною.

В даному дипломному проекті було запропоновано схему ультрафільтрації молока. Молоко послідовно проходить такі етапи переробки: спочатку пропускається через мікрофільтраційну установку (видалення казеїну, жиру та бактерій); наступним іде процес ультрафільтрації (згущення мікро фільтраційного пермеату до вмісту сухих речовин 18-20 %).

Мікрофільтрація – процес, який використовують для відділення розчинника від колоїдних, або зважених мікрочасточок, розмір яких становить 0,1 – 1 мкм. Робочий тиск 0,03 – 0,1 МПа. Метод є ефективним для підготовки рідин перед проведенням процесів ультрафільтрації і зворотного осмосу.

Призначення мікрофільтрації для перероблення молока - видалення залишків жиру.

Подальше застосування ультрафільтрації дозволить отримати високоякісний концентрат білків з вмістом сухих речовин 18-20 %. Початковий вміст сухих речовин знежиреного молока в межах 11 %. Концентрат молока в подальшому доцільно використати при виробництві сиру, що підвищить вихід продукту на 2-3 %, знизить використання сичуга на 20-30%, підвищить продуктивність сировиготовлювачів на 50% тощо.



Рис.4.1 Установа для мембранного розділення молока

При цьому отриманий пермеат можна використовувати для нормалізації питного молока по білку.

## 5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вибір матеріалів застосовуваних у харчовому машинобудуванні, і при виготовленні фільтраційних установок зокрема, обумовлений наступними основними факторами: допустимістю контакту з харчовими продуктами, економічною доцільністю застосування, а також вимогами до надійності і довговічності устаткування. При проектуванні машин і апаратів харчового машинобудування ці задачі вирішуються шляхом застосування конструкційних матеріалів дозволених для контакту з харчовими продуктами, використання найбільш дешевих з відповідних вимогам конструкції матеріалів, а також сполученням пари конструкційних матеріалів, що забезпечує найменший можливий знос, тертя.

Довговічність машин визначається головним чином зносостійкістю деталей, тому одним з основних шляхів збільшення терміну служби і надійності роботи устаткування є підвищення зносостійкості деталей третьових поверхонь.

Зі зношенням деталей збільшуються зазори, порушується нормальна робота апарата, виникають ударні навантаження на поверхні деталей.

Вихід деталей з ладу внаслідок зношування приводить до простоїв устаткування, порушення ритму виробництва, що не припустимо в період виробництва на харчовому заводі. У цьому випадку питання надійності устаткування набувають особливо важливе значення, тому що від роботи фільтраційної установки залежить робота всього іншого устаткування.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олшєвський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко АВ	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ</b>		<b>210718.KP.03.005 .ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимук ІВ			<i>Інд.</i> 000000	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/2

Матеріали для виготовлення нанофільтраційної установки повинні забезпечити її надійну роботу протягом всього строку служби з урахуванням заданих вимог експлуатації (розрахунковий тиск, мінімальна і максимальна температура), складу і характеру середовища (корозійна активність, вибухонебезпечність, токсичність та ін.).

В даному дипломному проекті в нанофільтраційній установці застосовується корозієстійка сталь. Всі труби, вузли, арматура, корпуси нанофільтраційних модулів, що контактують з молочною сироваткою, виготовлені з нержавіючої сталі марки 10X18H10T, ГОСТ 10543– 82. Ця сталь характеризується високою корозійною стійкістю й окалиностійкістю, має підвищену стійкість проти міжкристалітної корозії. Сталь володіє задовільними властивостями міцності, гарними пластичними властивостями і жароміцністю до 650°C. Сталь технологічна в обробці, добре зварюється всіма видами зварювання.

Трубопровідна арматура, коліна, вентилі, крани використовуються ті ж самі, що і в харчовій промисловості вітчизняного та зарубіжного виробництва. Весь кріпильний матеріал – гайки, болти, шайби та ін. - повинні застосовуватися тільки з захисним антикорозійним покриттям (наприклад, покриттям з нікелю).

Всі ущільнення (у нанофільтраційних модулях та ін.) зроблені з силіконової гуми, яка допускається до контакту з харчовими середовищами.

## 6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Початкові дані :

- продуктивність 5 м<sup>3</sup>/ год.
- коефіцієнт згущення  $k = 1.5$
- кінцевий вміст сухих речовин у концентраті  $C_k=18\%$
- початковий вміст сухих речовин у концентраті  $C_n=11\%$

Таблиця 6.1 – Початкові дані

	Склад, мас.доли, %								
	сухих речовин	білка	Лактози	Небілковий азот	Молочної кислоти	Води	Зольність	Жири	Мінеральних солей
Вихідне молоко	11,0	3,5	3,74	0,17	0,13	89	0,42	0,05	0,6
Концентрат	18,0	10,82	4,7	0,42	0,47	82	1,47	0,18	0,6
Фільтрат	5,10	-	4,7	0,08	-	94	0,02	-	0,6

### 6.1 Вибір мембрани

Розрахуємо середню концентрацію розчиненої речовини в фільтраті:

$$X_2 = X_{1n} \frac{1 - \varphi}{1 - K\varphi} \quad (6.1.1)$$

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Розрахункова частина</b>	<b>210718.KP.03.006 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Яцук ІВ		<i>Інд.</i> змін	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/19

$$x_2 = 0,05 \frac{1 - 3,6 \frac{1 - 0,959}{0,959}}{1 - 3,6 \frac{1}{0,959}} = 0,00107 \text{ кг молока/ кг розчину};$$

Визначаємо витрати фільтрату:

$$L_{\phi} = L_H (1 - K_{\phi}^{\frac{1}{\phi}}) \quad (6.1.2)$$

Витрата початкового розчину  $L_H$  задана. Звідси :

$$L_{\phi} = 4,16 \cdot (1 - 3,6 \frac{1}{0,959}) = 3,009 \text{ кг/с}$$

Витрата молока з початковим розчином рівна :

$$L_H \cdot x_{1H} = 4,16 \cdot 0,05 = 0,208 \text{ кг/с}$$

Втрата молока з фільтратом :

$$L_{\phi} \cdot x_2 = 3,009 \cdot 0,00107 = 0,00321$$

Втрати молока :  $(0,00321 / 0,208) \cdot 100 = 1,54 \%$

Ця величина знаходиться в допустимих межах, тому вибираємо для подальших розрахунків мембрану УПМ-50 , що має селективність по білкам  $\phi = 0,959$  та проникність  $G_o = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

## 6.2 Наближений розрахунок робочої поверхні мембран

Проникність  $G$  мембран по відношенню до розчину молока знаходимо з рівняння :

$$G = A \cdot (\Delta p - \Delta \pi) = A \cdot [\Delta p - (\pi_3 - \pi_2)] \text{ , де} \quad (6.2.1)$$

$\Delta p$  – перепад робочого тиску через мембрану, МПа ;

$\pi_3$  – осмотичний тиск розділяемого розчину біля поверхні мембрани, МПа ;

$\pi_2$  — осмотичний тиск фільтрату , МПа;

$A = G_o / \Delta p$  – константа проникності мембрани по воді,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{МПа})$ .

В першому наближенні нехтуємо впливом концентраційної поляризації та будемо рахувати, що осмотичний тиск у поверхні мембран дорівнює осмотичному тиску в об'ємі розділюваного розчину :  $\pi_3 = \pi_1$

Приймем також, що осмотичний тиск фільтрату знехтувально малий :  
 $\pi_2=0$ .

З врахуванням цих допущень маємо вираз:

$$G=G_o\left(\frac{1-\pi_1}{\Delta p}\right) \quad (6.2.2)$$

Приймаємо, що :  $\pi_{1Н}= 0,46$  МПа ;  $\pi_{1К}= 2,0$  МПа.

Проникність на вході розділяє мого розчину в ультрафільтраційному апараті та на виході відповідно рівна :

$$G_H=G_o\left(\frac{1-\pi_{1Н}}{\Delta p}\right) = 2,78 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{0,46}{1,7}\right) = 2,52 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с});$$

$$G_K=G_o\left(\frac{1-\pi_{1К}}{\Delta p}\right) = 2,78 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{2}{1,7}\right) = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

Приймаємо в першому наближенні, що середня проникність мембран в апаратах може бути взята як середня арифметична величина :

$$\bar{G} = \frac{G_H + G_K}{2} = \frac{2,52 + 1,67}{2} = 2,09 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

Тоді робоча поверхня мембран F рівна :

$$F = \frac{L_{\Phi}}{\bar{G}} = \frac{3,009}{2,09 \cdot 10^{-3}} = 144 \text{ м}^2.$$

### 6.3 Вибір апарату

Визначимо основні параметри апарату. Робоча поверхня мембран в одному елементі :

$$F_e = 2 \cdot l_{\Pi} \cdot l_M, \text{ де} \quad (6.3.1)$$

$l_{\Pi}$  - довжина пакету, м ;  $l_{\Pi} = 1$  ;

$l_M$  - довжина модуля, м ;  $l_M = 1$  .

$$F_e = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2 \text{ м}^2.$$

Робоча поверхня мембран в одному модулі :

$$F_M = n_e \cdot F_e, \text{ де} \quad (6.3.2)$$

$n_e$  – число спільно навитих рулонних елементів;  $n_e = 6$

$$F_M = 6 \cdot 2 = 12 \text{ м}^2.$$

Робоча поверхня мембран в апараті :

$$F_a = n_m \cdot F_m, \text{ де} \quad (6.3.3)$$

$n_m$  – число модулів в корпусі апарату ;  $n_m = 6$

$$F_a = 6 \cdot 12 = 72 \text{ м}^2.$$

Переріз апарату по якому проходить розділюваний розчин :

$$S_c = n_c \cdot l_{\pi} \cdot \delta_c, \text{ де} \quad (6.3.4)$$

$\delta_c$  – товщина сітки-сепаратора , м ;  $\delta_c = 1 \cdot 10^{-3}$

$$S_c = 6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Переріз апарату зайняте пакетами :

$$S_{\pi} = n_c \cdot l_{\pi} \cdot \delta_{\pi}, \text{ де} \quad (6.3.5)$$

$\delta_{\pi}$  – товщина пакету (двох мембран з розташованим між ними дренажним шаром), м ;  $\delta_{\pi} = 1,5 \cdot 10^{-3}$

$$S_{\pi} = 6 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Загальний переріз апарату становить :

$$S_a = (S_c + S_{\pi})1,1 = 15 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 16,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Внутрішній діаметр апарату :

$$d_a = \sqrt{\frac{4 \cdot S_a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,5 \cdot 10^{-3}}{3,14}} = 0,15 \text{ м.}$$

Загальне число апаратів в мембранній установці :

$$n = \frac{F}{F_a} = \frac{1440}{72} = 20$$

#### 6.4 Розрахунок селективності мембран

Спостережувану селективність розраховуємо за формулою :

$$\lg \frac{1-\varphi}{\varphi} = \frac{U}{2,3\beta} + \lg \frac{1-\varphi_H}{\varphi_H}, \text{ де} \quad (6.4.1)$$

$U$  - швидкість руху розчину в напрямку мембрани. викликаного відводом фільтрату ;

$\beta$  – коефіцієнт масовіддачі розчиненої речовини від поверхні мембрани до ядра потоку розділюючого розчину.

Коефіцієнт масовіддачі  $\beta$  визначаємо з дифузійного критерію Нусельта  $Nu'$ .

При розрахунках рахуватимемо канал, по якому рухається розчин, що розділяється, порожнистим.

При цьому ми робимо помилку у бік заниження спостерігаючої селективності, що забезпечує деякий запас селективності на можливі дефекти в мембрані.

Розрахунки проведемо для двох перерізів: на вході початкового розчину в апарати першої секції і на виході концентрату з апаратів останньої секції.

Переріз на вході в першу секцію. Визначимо режим течії розчину. Швидкість течії рівна :

$$\omega_H = \frac{L_H}{\rho \cdot S_C \cdot n_1}, \text{ м/с} \quad (6.4.2)$$

$$\omega_H = \frac{4,16}{1004 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 4} = 0,168$$

Еквівалентний діаметр для кільцевого каналу:

$$d_e = 2 \cdot \delta_c, \text{ м}$$

$$d_e = 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3}$$

Критерій Рейнольда :

$$Re_H = \frac{\omega_H \cdot d_e}{\nu_H} = \frac{0,168 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{0,914 \cdot 10^{-6}} = 367$$

Таким чином, в апараті відбувається ламінарна течія розчину, що розділяється. Для знаходження  $Nu'$  в випадку ламінарного потоку в каналах помірної довжини можна використовувати рівняння:

$$Nu' = \alpha_1 (Re \cdot Pr \cdot d_e/l)^1, \text{ де} \quad (6.4.3)$$

$Pr = \nu/D$  – дифузійний критерій Прандтля;

$l$  – довжина каналу, м ;

$\alpha_1$  - коефіцієнт рівний 2,24.

Рівняння справедливе при умові  $100 < Re \cdot Pr \cdot d_e/l < 5000$

Знайдемо добуток  $Re \cdot Pr \cdot d_e/l$ , враховуючи, що в даному випадку довжина каналу рівна довжині одного модуля  $l = l_m$ .

$$Pr_H = \frac{\vartheta_H}{D_H} = \frac{0,914 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-3}} = 780$$

$$Re_H \cdot Pr_H \frac{d_e}{l_m} = 367 \cdot 780 \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1} = 572$$

Звідси бачимо, що умови виконуються. Тоді :

$$Nu'_H = 2,24 \cdot 572^{1/3} = 15$$

$$\beta_H = \frac{Nu_H \cdot D_H}{d_e} = \frac{15 \cdot 1,287 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,9 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$$

$$U_H = \frac{G_H}{\rho_H} = \frac{2,52 \cdot 10^{-3}}{1004} = 2,51 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

$$\lg \frac{1-\varphi}{\varphi} = \frac{2,51 \cdot 10^{-6}}{2,3 \cdot 0,9 \cdot 10^{-5}} + \lg \frac{1-0,959}{0,959} = 2,6914$$

Звідси  $\varphi_H = 0,953$ .

Переріз на виході концентрату з останньої секції.

Витрата концентрату:

$$L_K = L_H - L_\Phi = 4,16 - 3,009 = 1,151 \text{ кг/с}$$

$$\omega_K = \frac{L_K}{\rho_K \cdot S_C \cdot n_S} = \frac{1,151}{1027 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 4} = 0,046 \text{ м/с}$$

$$Re_K = \frac{\omega_K \cdot d_e}{\vartheta_K} = \frac{0,046 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{0,956 \cdot 10^{-6}} = 97,7$$

$$Pr_K = \frac{\vartheta_K}{D_K} = \frac{0,956 \cdot 10^{-6}}{1,292 \cdot 10^{-9}} = 739$$

$$Re_K \cdot Pr_K \frac{d_e}{l_m} = 97,7 \cdot 739 \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1} = 144,4$$

$$Nu'_K = 2,24 \cdot 144,4^{1/3} = 10$$

$$\beta_K = \frac{Nu_K \cdot D_K}{d_e} = \frac{10 \cdot 1,292 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,6 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$$

$$U_K = \frac{G_K}{\rho_K} = \frac{1,67 \cdot 10^{-3}}{1027} = 1,62 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

$$\lg \frac{1-\varphi}{\varphi} = \frac{1,63 \cdot 10^{-6}}{2,3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-5}} + \lg \frac{1-0,959}{0,959} = 2,6726$$

Звідси  $\varphi_k = 0,955$ .

Таким чином, спостережувана селективність мало змінюється в установці (від 0,953 на виході в першу секцію до 0,955 на виході з останньої секції). Для наступних розрахунків використовуватимемо середньоарифметичне значення:

$$\varphi = \frac{\varphi_n + \varphi_k}{2} = \frac{0,953 + 0,955}{2} = 0,954$$

Перевіримо придатність вибраної мембрани. Для цього) визначимо концентрацію молока у фільтраті, використовуючи отримане значення спостережуваної селективності:

$$\bar{x}_2 = 0,05 \frac{1 - 0,954}{1 - 3,6 \cdot 0,954} = 0,00106 \text{ кг молока/ кг розчину};$$

Знайдемо витрати фільтрату :

$$L_\phi = 4,16 \cdot (1 - 3,6 \frac{1}{0,954}) = 3,012 \text{ кг/с}$$

Втрата молока з фільтратом :

$$L_\phi \cdot \bar{x}_2 = 3,012 \cdot 0,00106 = 0,00319$$

Втрати молока :  $(0,00319/0,208) \cdot 100 = 1,53$  % що менше допустимих 10%, тому немає необхідності переходу до більш селективних мембран.

### 6.5 Уточнений розрахунок поверхні мембран

Перевіримо розрахунок проникності з урахуванням осмотичного тиску розчину у поверхні мембрани і фільтрату. Необхідні для розрахунку концентрації  $x_2$  і  $x_3$  знайдемо наступним шляхом. Згідно визначенню:

$$\varphi = \frac{x_1 - x_2}{x_1} ; \quad \varphi_n = \frac{x_2 - x_3}{x_3} ;$$

Звідси для кожного поперечного перерізу можна записати :

$$x_2 = (1 - \varphi) \cdot \varphi_{1n} = (1 - \varphi_n) x_3 \text{ чи } x_3 = x_2 / (1 - \varphi_n) \quad (6.5.1)$$

Розглянемо два кінцевих переріза. Переріз на вході в апарати першої секції :

$$x_{2n} = (1 - \varphi) \cdot \varphi_{1n} = (1 - 0,954) \cdot 0,05 = 0,0023 \text{ кг молока /кг розчину}$$

Приймаємо, що  $\pi_{2H} = 0,02$  МПа ;  $\pi_{3H} = 0,52$  МПа ;

$$G_H = A[\Delta\rho - (\pi_{3H} - \pi_{2H})] = \frac{G_o}{\Delta\rho} [\Delta\rho - (\pi_{3H} - \pi_{2H})] = G_o \left(1 - \frac{\pi_{3H} - \pi_{2H}}{\Delta\rho}\right) =$$

$$= 2,78 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{0,52 - 0,02}{1,7}\right) = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

Переріз на виході з апаратів останньої секції :

$$x_{2K} = (1 - \varphi) \cdot \varphi_{1K} = (1 - 0,954) \cdot 0,18 = 0,0082 \text{ кг молока /кг розчину}$$

$$x_{3K} = \frac{x_{2K}}{1 - \varphi_H} = \frac{0,0082}{1 - 0,959} = 0,2 \text{ кг молока /кг розчину}$$

Приймаємо, що  $\pi_{2K} = 0,09$  МПа ;  $\pi_{3K} = 2,24$  МПа ;

$$G_K = 2,78 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{2,24 - 0,09}{1,7}\right) = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

Виразимо проникність у вигляді функції від концентрації розчину за рівнянням :

$$G = G_o - cx_1, \text{ де}$$

$c$  – константа для даної системи. Знайдемо значення  $c$  для кінцевих перерізів :

$$c_H = \frac{G_o - G_H}{x_{1H}} = \frac{2,78 \cdot 10^{-3} - 2,5 \cdot 10^{-3}}{0,05} = 0,0056$$

$$c_K = \frac{G_o - G_K}{x_{1K}} = \frac{2,78 \cdot 10^{-3} - 1,58 \cdot 10^{-3}}{0,18} = 0,0066$$

Різниця між розрахованими значеннями, виражена у відсотках, складає:

$$\frac{c_K - c_H}{c_K} \cdot 100 = \frac{0,0066 - 0,0056}{0,0066} \cdot 100 = 15\%$$

Ця розбіжність невелика, тому рівняння застосоване до усієї установки при використанні середньоарифметичного значення  $c$  :

$$c = \frac{c_K - c_H}{2} = \frac{0,0056 + 0,0066}{2} = 0,0061$$

Робочу поверхню мембран необхідно визначити по формулі :

$$F = \frac{L_H x_H}{G_o} \left[ -\frac{c}{G_o} 2,31g \frac{(G_o - cx_{1k})x_{1H}}{(G_o - cx_{1H})x_{1k}} + \frac{1}{x_{1H}} - \frac{1}{x_{1r}} \right], \text{ м}^2 \quad (5.5.2)$$

$$F = \frac{4,16 \cdot 0,05}{0,00278} \left[ -\frac{0,0061}{0,00278} 2,31g \frac{(0,00278 - 0,0061 \cdot 0,18)0,05}{(0,00278 - 0,0061 \cdot 0,05)0,18} + \frac{1}{0,05} - \frac{1}{0,18} \right] = 132,5$$

Розбіжність зі значенням, отриманим в першому наближенні, складає:

$$\frac{144 - 132,5}{132,5} 100 = 8,9 \%$$

Отримана різниця не перевищує 10%, тому перевірочний розрахунок не робимо. Якби розбіжність перевищила 10%, необхідно було б наново визначити число апаратів, провести секціонування і розрахунок спостережуваної селективності, визначити робочу поверхню мембран і зіставити її з отриманою в попередньому розрахунку.

## 6.6 Розрахунок гідравлічного опору

Гідравлічний опір необхідно розрахувати для визначення абсолютного тиску в апаратах ультрафільтрації (значення якого вимагається при механічних розрахунках) і для визначення потрібного натиску насоса.

Тиск  $\Delta p_n$ , що розвивається насосом, витрачається на створення перепаду робочого тиску через мембрану, подолання гідравлічного опору потоку розділюваного розчину в апаратах і потоку фільтрату в дренажах, а також на компенсацію втрат тиску на тертя і місцевий опір в трубопроводах і арматурі і підйом розчину на геометричну різницю висот установки апарата і насоса. Останні складові в установках ультрафільтрації знехтувально малі в порівнянні з трьома першими, тому розрахунки можна вести по рівнянню:

$$\Delta p_n = \Delta p + \Delta p_a + \Delta p_d, \text{ де} \quad (6.6.1)$$

$\Delta p$  - перепад робочого тиску через мембрану;

$\Delta p_a$ ,  $\Delta p_d$  - гідравлічний опір відповідно потокам розчину і фільтрату.

Гідравлічний опір при течії рідини в каналах, утворених сітками-сепараторами і дренажним шаром, можна визначати по формулах:

$$\Delta p_a = \Delta p_{п.к.} \cdot \xi_1 \quad (6.6.2)$$

$$\Delta p_d = \Delta p_{п.к.} \cdot \xi_2, \quad (6.6.3)$$

де  $\Delta p_{п.к.}$  - гідравлічний опір порожнистих каналів;

$\xi_1$  та  $\xi_2$  - коефіцієнти, залежні від виду сепаруючої сітки і дренажного матеріалу. Зазвичай  $\xi_1=5-10$ ,  $\xi_2=100-200$ .

$$\Delta p_{п.к} = \lambda \frac{1}{d_e} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (6.6.4)$$

У ламінарному режимі течії в кільцевих і плоских щілинних каналах

$$\lambda = \frac{96}{Re}, \text{ тоді } \Delta p_{п.к} = \frac{96}{Re} \frac{1}{d_e} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{96 \cdot \vartheta \cdot l \cdot \rho \cdot \omega^2}{\omega \cdot d_e \cdot d_e \cdot 2} = 48 \frac{\vartheta \cdot l \cdot \rho \cdot \omega}{d_e^2}$$

Визначення.  $\Delta p_a$ . Розчин тече від першої до останньої секції в каналах кільцевого перерізу уздовж вісі апаратів. Загальна довжина каналів  $l$  дорівнює добутку довжини модуля, числа модулів в апараті і числа секцій :

$$l = 1 \cdot 6 \cdot 20 = 120 \text{ м}$$

Оскільки швидкість, щільність і в'язкість розчину мало змінюються від першої до останньої секції, підставляємо середньоарифметичні значення цих параметрів на вході в першу секцію і на виході з останньої:

$$\omega = \frac{\omega_n + \omega_k}{2} = \frac{0,068 + 0,046}{2} = 0,107 \text{ м/с}$$

$$\rho = \frac{\rho_n + \rho_k}{2} = \frac{1004 + 1027}{2} = 1015,5 \text{ кг/м}^3$$

$$\vartheta = \frac{\vartheta_n + \vartheta_k}{2} = \frac{0,914 \cdot 10^{-6} + 0,956 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,935 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\Delta p_{п.к} = 48 \frac{0,935 \cdot 10^{-6} \cdot 120 \cdot 1015,5 \cdot 0,107}{2 \cdot 10^{-6}} = 0,29 \text{ МПа}$$

Прийmemo  $\xi_1 = 7$ . Тоді  $\Delta p_a = 0,096 \cdot 7 = 0,672 \text{ МПа}$

Визначення  $\Delta p_d$ . Фільтрат проходить в каналах, утворених дренажним шаром, причому його швидкість змінюється від нуля на зовнішній поверхні елемента (спіралі) до максимального значення при вході у фільтратовідводу трубку. Загальна довжина каналу  $l_n$ , ширина  $l_m$ .

Оскільки дренажний матеріал характеризується значно великими порами, чим підкладка під мембрани, то його опір у багато разів менше, і можна вважати, що фільтрат тече тільки по каналу, утвореному дренажним шаром ( $\delta_d = 0,4 \text{ мм}$ ).

Еквівалентний діаметр рівен :

$$d_e = 2 \cdot \delta_d = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Перепад тиску в довільному перерізі на ділянці нескінченно малої довжини для порожнистого каналу складе:

$$dp = 48 \frac{\vartheta \cdot \rho \cdot \omega}{d_e^2} dl \quad (6.6.5)$$

Швидкість в довільному перерізі пов'язана з довжиною каналу таким чином:

$$\omega = \frac{G \cdot 2 \cdot l_m \cdot l}{\rho \cdot \delta_d \cdot l_m} = \frac{2G \cdot l}{\rho \cdot \delta_d}, \text{де} \quad (6.6.6)$$

$2 \cdot l_m \cdot l$  - поверхня мембрани від зовнішньої поверхні спіралі до довільного перерізу на відстані  $l$ ;

$\delta_d \cdot l_m$  - площа поперечного перерізу каналу.

Підставимо вирази, та отримаємо:

$$dp = 48 \frac{\vartheta \cdot \rho \cdot 2 \cdot G \cdot l}{d_e^2 \cdot \rho \cdot \delta_d} dl = 192 \frac{\vartheta \cdot G}{d_e^2} l dl$$

Проінтегруємо ліву частину від 0 до  $\Delta p_{п.к}$ , а праву – від 0 до  $l_n$

$$\Delta p_{п.к} = 96 \frac{\vartheta \cdot G \cdot l_n^2}{d_e^2} \quad (6.6.7)$$

Проведемо розрахунок використовуючи середньоарифметичне значення проникності в установці:

$$G = \frac{G_H + G_K}{2} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} + 1,58 \cdot 10^{-3}}{2} = 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

$$\Delta p_{п.к} = 96 \frac{0,9 \cdot 10^{-6} \cdot 2,04 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2}{0,8^2 \cdot 10^{-9}} = 344 \text{ Па}$$

Прийmemo  $\xi_2 = 150$ . Тоді  $\Delta p_d = 344 \cdot 150 = 51600 \text{ Па} = 0,052 \text{ МПа}$

Визначимо тиск, який повинен розвивати насос. З урахуванням зроблених допущень цей тиск дорівнює тиску на вході в апарати ультрафільтрації, тобто є максимальним робочим тиском:

$$\Delta p_n = 1,7 + 0,672 + 0,052 = 2,4 \text{ МПа}$$

Напір насосу при цьому становить:

$$H = \frac{\Delta p_n}{\rho_n \cdot g} = \frac{2,4 \cdot 10^6}{1004 \cdot 9,81} = 243 \text{ м}$$

Загальні втрати напору в ультрафільтраційній установці визначається за формулою :

$$h_n = \left( \lambda \frac{l}{d_e} + \sum \xi_{m.o.} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2g} \quad (6.6.8)$$

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

$Re = \frac{\omega \cdot d_e \cdot \rho}{\mu}$ , де  $\mu$  - коефіцієнт динамічної в'язкості молока,

$$\mu = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$\omega$  - середня швидкість руху розчину в трубопроводі,  $\frac{m}{c}$

$d_e$  - діаметр трубопроводу, м

$\rho$  - густина молочної молока,  $\frac{kg}{m^3}$

$$\rho = 1004 \frac{kg}{m^3}$$

$\xi_{m.o.}$  - коефіцієнт місцевого опору приймаємо 30,5

В елементі середня швидкість руху по поперечному перерізу складає 0,35м.

Тоді з формули (6.6.8) загальні втрати напору ультрафільтраційної установки складуть :

$$h_n = \left( \frac{64 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6}}{0,35 \cdot 1004 \cdot 0,2} \cdot \frac{22}{0,2} + 30,5 \right) \cdot \frac{0,35^2}{2 \cdot 9,81} = 29,56 \text{ м}$$

Розрахуємо потужність двигуна за такою формулою:

$$F = \frac{Q \cdot H}{\eta}, \text{ Вт} \quad (6.6.9)$$

де Q- продуктивність по молоку,

$$Q = 900 \frac{l^3}{\text{год}} = 0,0104 \frac{l^3}{\text{h}}$$

H - робочий тиск,

$$H = 2,4 \text{ МПа}$$

З формули (6.6.9) :

$$F = \frac{0,0104 \cdot 2,4 \cdot 10^6}{0,4} = 62400 \text{ А} \approx 62 \text{ А}$$

Вибираємо відцентрові насоси :

Fristam Pumpen FPE 3542/205 А – 2 шт. з номінальною потужністю 15кВт

Fristam Pumpen FPE 3522/145 А– 3 шт. з номінальною потужністю 11кВт.

### 6.7 Розрахунок і конструювання укріплюючого елемента для отвору в ємкості

Дано:

Діаметр отвору  $d=0,063$  м;

Тиск в апараті  $P_H=0,8 \cdot 10^6$  МПа=80000 Па;

Діаметр апарату  $D=0,96$ м;

Допустиме напруження для матеріалу 12ХМ -  $[\sigma]=145 \cdot 10^6$  Па;

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

Визначимо товщину стінки апарату для сталі 12ХМ за формулою

$$\delta_p = \frac{(D_i + \rho \cdot g \cdot H_\delta) \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \gamma - (D_i + \rho \cdot g \cdot H_\delta)} = \frac{(80000 + 1070 \cdot 9,81 \cdot 1) \cdot 0,96}{2 \cdot 145 \cdot 10^6 \cdot 0,7 - (80000 + 1070 \cdot 9,81 \cdot 1)} = 0,0009 \text{ м,}$$

(6.7.1)

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати

$$\delta_k = \delta_p + C = 0,0009 + 0,001 = 0,0019 \text{ м} \quad (5.7.2)$$

де  $C=1$  мм – добавка на корозію.

Товщину стінки приймаємо по ГОСТ, беремо найближче більше значення, тоді остаточно  $\delta=0,002$  м.

Дійсний коефіцієнт міцності ємкості буде дорівнювати

$$k = \frac{\delta_p}{(\delta - C)} = \frac{0,9}{(2 - 1)} = 0,9 \quad (6.7.3)$$

Найбільший діаметр ємкості при якому стінки можна не укріплювати буде дорівнювати

$$d_0 = 0.8 \cdot \sqrt[3]{D \cdot \delta_p \cdot (1-k)} = 0.8 \cdot \sqrt[3]{0.96 \cdot 0.0009 \cdot (1-0.9)} = 0.044 \text{ м.} \quad (6.7.4)$$

Тобто, заданий отвір 0,063 м треба укріпляти.

Для патрубків вибираємо сталю безшовну гарячекатану трубу із сталі 20, для якої границя міцності дорівнює 410 МПа, а коефіцієнт запасу міцності 3,8. Тоді допустиме напруження буде дорівнювати

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\delta}}{k} = \frac{410}{3,8} = 108 \text{ МПа} \quad (6.7.5)$$

Розрахункова товщина стінки патрубків буде дорівнювати

$$\delta_{\delta}^i = \frac{D_i \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \gamma - D_i} = \frac{80000 \cdot 0,96}{2 \cdot 108 \cdot 10^6 \cdot 0,7 - 80000} = 0,0005 \text{ м,} \quad (6.7.6)$$

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати

$$\delta_k = \delta_p + C = 0,0005 + 0,001 = 0,0015 \text{ мм}$$

де C=1 мм – добавка на корозію.

Товщину стінки приймаємо по ГОСТ, беремо найближче більше значення, тоді остаточно  $\delta = 0,0015 \text{ м}$ .

Вибираємо для патрубків трубу з зовнішнім діаметром 630 мм, товщиною стінки 2 мм і внутрішнім діаметром 626 мм

Укріплення стінки при отворі зробимо кільцем на зовні ємкості. Товщину кільця приймаємо рівною  $\delta_k = 10 \text{ мм}$ . Висоту частини патрубків, розміщеного нижче внутрішньої твірної обичайки, приймаємо рівною  $H_2 = 10 \text{ мм}$

Площу перерізу укріплювальних елементів знаходимо за формулою

$$F_y = (d_a^i + 2 \cdot \delta_n^i - d_0) \cdot \delta_p = (626 + 2 \cdot 1 - 44) \cdot 2,3 = 1343 \text{ мм}^2 \quad (6.7.7)$$

Діаметр зони укріплення

$$D_3 = 2 \cdot (d_a^i + 2 \cdot \delta_n^i) = 2 \cdot (626 + 2 \cdot 1) = 1256 \text{ мм} \quad (6.7.8)$$

Висота зони укріплення

$$H_1 = 2,5 \cdot \delta_\delta = 2,5 \cdot 0,9 = 2,25 \text{ мм} \quad (6.7.9)$$

Площа перерізу метала, що дійсно приймає участь в укріпленні отвору, буде дорівнювати

$$\begin{aligned} F_3 &= [D_\delta - (d_a^i + 2 \cdot \delta_n^i)] \cdot \delta_\delta + [D_3 - (d_a^i + 2 \cdot \delta_n^i)] \cdot [\delta - (\delta_p + \delta_c)] + 2 \cdot (H_1 - \delta_k + H_2) \cdot [\delta^i - (\delta_\delta^i + \delta_n^i)] = \\ &= [D_\delta - (626 + 2 \cdot 1)] \cdot 10 + [1256 - (626 + 2 \cdot 1)] \cdot [2 - (0,9 + 1)] + 2 \cdot (2,25 - 4 + 10) \cdot [2 - (0,9 + 1)] = \\ &= 10D_\delta - 6280 + 64,45 = 10D_\delta - 6215,55 \end{aligned}$$

Діаметр кільця знаходимо із рівності площ

$$D_k = \frac{(6215,55 + 1343)}{10} = 756 \text{ мм} \quad (6.7.10)$$

Приймаємо  $D_k = 760$  мм. Конструкція розрахованого укріплення стінки ємкості представлена на рис.5.7.1

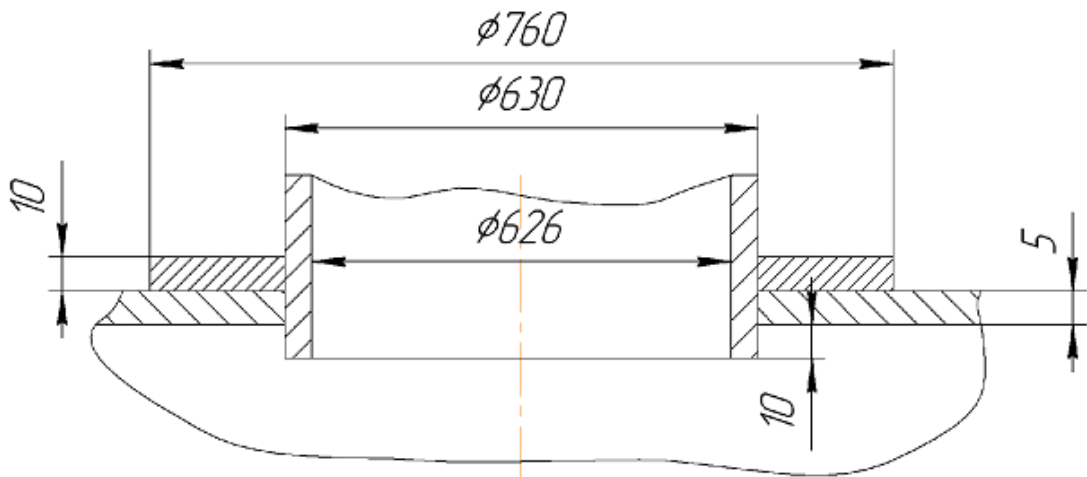


Рис. 6.1 Конструкція укріплення стінки ємкості

### 6.8 Розрахунок і конструювання опор апарата

Приймаємо допустиме напруження фундаменту  $[\sigma_\phi] = 2 \cdot 10^6$  Па

Поверхня опор визначається за формулою (приймаючи, що маса самого апарата дорівнює чверті маси рідини в апараті)

$$F \geq \frac{G_{\max}}{[\sigma_{\delta}]} = \frac{m \cdot g}{[\sigma_{\delta}]} = \frac{(m_{\delta\ddot{a}} + m_{\ddot{a}i}) \cdot g}{[\sigma_{\delta}]} = \frac{(\rho \cdot V_{\delta\ddot{a}} + 0,25 \cdot \rho \cdot V_{\ddot{a}i}) \cdot g}{[\sigma_{\delta}]} = \text{м}^2 \quad (6.8.1)$$

$$= \frac{(1020 \cdot 251,2 + 0,25 \cdot 1020 \cdot 251,2) \cdot 9,81}{2 \cdot 10^6} = 1,57$$

Визначаємо загальний об'єм рідини в апараті

$$V_{\text{rid}} = S_{\text{cul}} + S_{\text{kon}} = (\pi \cdot r^2 \cdot h) + \left(\frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}\right) = (3,14 \cdot 4^2 \cdot 4) + \left(\frac{3,14 \cdot 4^2 \cdot 3}{3}\right) = 200,96 + 50,24 = 251,2 \text{ м}^3$$

Приймаємо кількість опор в апараті рівну  $n=4$

Визначимо площу 1 опори:

$$F_0 = \frac{F}{n} = \frac{1,57}{4} = 0,39 \text{ м}^2 \quad (6.8.2)$$

Навантаження на 1-ну опору буде дорівнювати:

$$G = \frac{G_{\max}}{4} = \frac{(\rho \cdot V_{\delta\ddot{a}} + 0,25 \cdot \rho \cdot V_{\ddot{a}i})}{n} = \frac{(1020 \cdot 251,2 + 0,25 \cdot 1020 \cdot 251,2) \cdot 9,81}{4} = 785486,7$$

Н

Опори будемо виготовляти із сталі Ст3, для якої при заданих умовах роботи апарата допустиме напруження на стиск можна прийняти рівним допустимим напруженням на розтяг, тобто 100 МПа.

Нехай кожна опора буде виготовлена з двома ребрами ( $m=2$ ).

Приймаємо коефіцієнт  $k=0,24$ . Співвідношення  $a:c=0,8889$

$$0,8889 c^2=0,06$$

$$c^2=0,06/0,8889$$

$$c=0,26 \text{ м}$$

$$a=0,8889 \cdot 0,26=0,23$$

Приймаємо

$$c=0,27, a=0,24$$

$$A=0,24+0,01=0,25 \text{ м}$$

$$H=2A=2 \cdot 0,25=0,50 \text{ м}$$

Тоді товщина ребра буде дорівнювати

$$\delta = \frac{2,24 \cdot G}{(k \cdot m \cdot A \cdot [\sigma])} = \frac{2,24 \cdot 785486,7}{(0,24 \cdot 2 \cdot 0,25 \cdot 100 \cdot 10^6)} \approx 0,14 \text{ м} \quad (6.8.3)$$

Гнучкість ребра знайдемо по формулі

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{\sqrt{(A^2 + H^2)}}{r} = \frac{\sqrt{(0.25^2 + 0.50^2)}}{0,289 \cdot 0,04} \approx 48 \quad (6.8.4)$$

По графіку коефіцієнт  $k_d$  буде більше прийнятого. Тобто розрахунок закінчено.

Остаточно приймаємо товщину ребра  $\delta=0,14$  м.

Перевіряємо флангові шви на зріз по умові

$$\frac{G}{(0.7 \cdot h \cdot L)} \leq [\sigma_{ш}] \quad (6.8.5)$$

$$\frac{785486,7}{(0,7 \cdot 0,004 \cdot 2)} = 76 \cdot 10^6 \text{ Їа} < 80 \cdot 10^6 \text{ Їа} ,$$

де  $[\sigma_{ш}] = 80 \cdot 10^6$  - допустима міцність зварного шву.

Тобто умова міцності виконується.

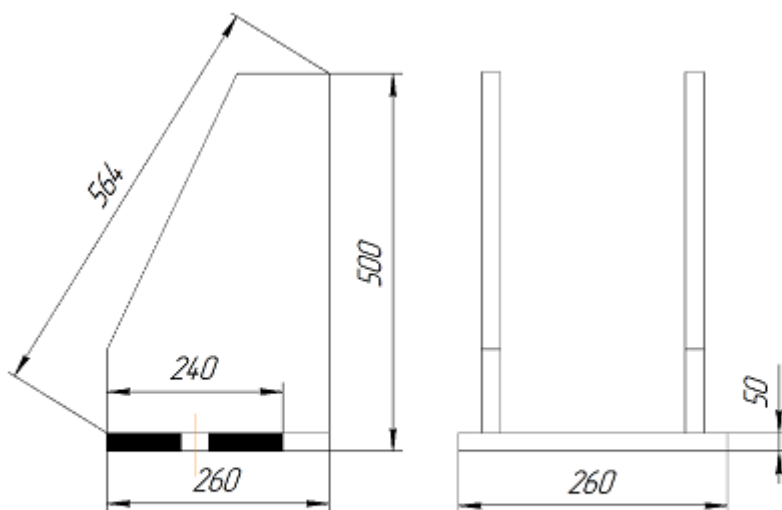


Рис.6.2. Конструкція опор апарата

### 6.9 Розрахунок і конструювання фланцевого з'єднання

Визначаємо конструктивні розміри фланця:

внутрішній діаметр фланця  $D_o^a = D + 2 \cdot \delta = 626 + 20 = 646$  мм;

зовнішній діаметр приварної поверхні  $D_{\zeta}^i = D_o^a + 30 = 630 + 30 = 660$  мм;

діаметр болтового кола  $D_a = \varphi \cdot D^{0,933} = 1,11 \cdot 0,626^{0,933} \cong 0,71$  м;

зовнішній діаметр фланця  $D_o = D_a + \dot{a} = 710 + 30 = 740$  мм;

Приймаємо:

розмір виступу привалочної поверхні 6 мм;

товщина прокладки  $\delta_{\text{п}}=10$  мм;

діаметр болта  $d=22$  мм.

Із цих даних знаходимо геометричну ширину прокладки

$$b = 0,5 \cdot (D_3^i - D_a^{\dot{o}}) = 0,5 \cdot (710 - 630) = 40 \text{ мм}, \quad (6.9.1)$$

Приймаємо привалочні поверхні плоскими з двома рисками. Приведена і ефективна ширина прокладки відповідно будуть дорівнювати

$$b' = 0,5 \cdot b = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ мм}$$

$$b_0 = 2,48 \cdot \sqrt{b'} = 2,48 \cdot \sqrt{20} = 11,09 \text{ мм} \quad (6.9.2)$$

Розрахунковий діаметр прокладки таким чином буде дорівнювати

$$D = D_3^i - 2 \cdot b_0 = 710 - 2 \cdot 11,09 \approx 687,82 \text{ мм} \quad (6.9.3)$$

В якості прокладочного матеріалу візьмемо м'яку резину, коефіцієнт питомого тиску  $m=1$  і посадочне напруження 1.35 МПа.

Навантаження на болти від тиску визначаємо по формулі

$$Q_a^{\dot{o}} = 0,785 \cdot D^2 \cdot p + \pi \cdot D \cdot b_0 \cdot m \cdot p = 0,785 \cdot 688^2 \cdot 0,12 + 3,14 \cdot 688 \cdot 11,09 \cdot 1 \cdot 0,12 = 47464 \text{ Н}$$

Навантаження на болти від затяжки визначаємо по формулі

$$Q_a^{\prime} = \pi \cdot D \cdot b_0 \cdot \sigma_i = 3,14 \cdot 0,688 \cdot 0,011 \cdot 1,35 \cdot 10^6 = 32080,7 \text{ Н}$$

Болти будемо виготовляти із сталі 10. При значенні границі міцності болтів, рівною приблизно 300 МПа допустиме напруження буде дорівнювати

$$[\sigma] = \frac{300 \cdot 10^6}{6,5} = 46 \cdot 10^6 \text{ Па} \quad (6.9.4)$$

Визначаємо допустиме навантаження на один болт

$$q_a = 0,785 \cdot (d_1 - \delta_c)^2 \cdot [\sigma] = 0,785 \cdot (0,022 - 0,0014)^2 \cdot 46 \cdot 10^6 = 15323,6 \text{ Н}$$

Визначаємо необхідну кількість болтів

$$n = \frac{Q_a^\delta}{q_a} = \frac{47464}{15323,6} \approx 3 \quad (6.9.5)$$

Кількість болтів із умови надійного стиску прокладки, тобто розташування їх по болтовому колу на відстані чотирьох діаметрів

$$n = \frac{\pi \cdot D_a}{4 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 0,71}{4 \cdot 0,022} \approx 25,3 \quad (6.9.6)$$

Приймаємо кількість болтів  $n=30$ .

Фланці виготовляємо із сталі Ст 3, для якої можна прийняти  $[\sigma]=80$  МПа. Тоді товщина фланця буде визначатись так

$$\begin{aligned} \delta &= 0,75 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot (D_a - D_a) \cdot D_a}{n \cdot (\pi \cdot D_a - i \cdot d_0) \cdot d_0 \cdot [\sigma_\mu]}} + 0,012 = \\ &= 0,75 \cdot \sqrt{\frac{47464 \cdot (0,71 - 0,626) \cdot 0,71}{30 \cdot (3,14 \cdot 0,626 - 30 \cdot 0,02) \cdot 0,02 \cdot 80 \cdot 10^6}} + 0,012 = 0,017 \text{ м} \end{aligned}$$

Товщину фланця остаточно приймаємо (згідно із стандартом) рівною 20 мм.

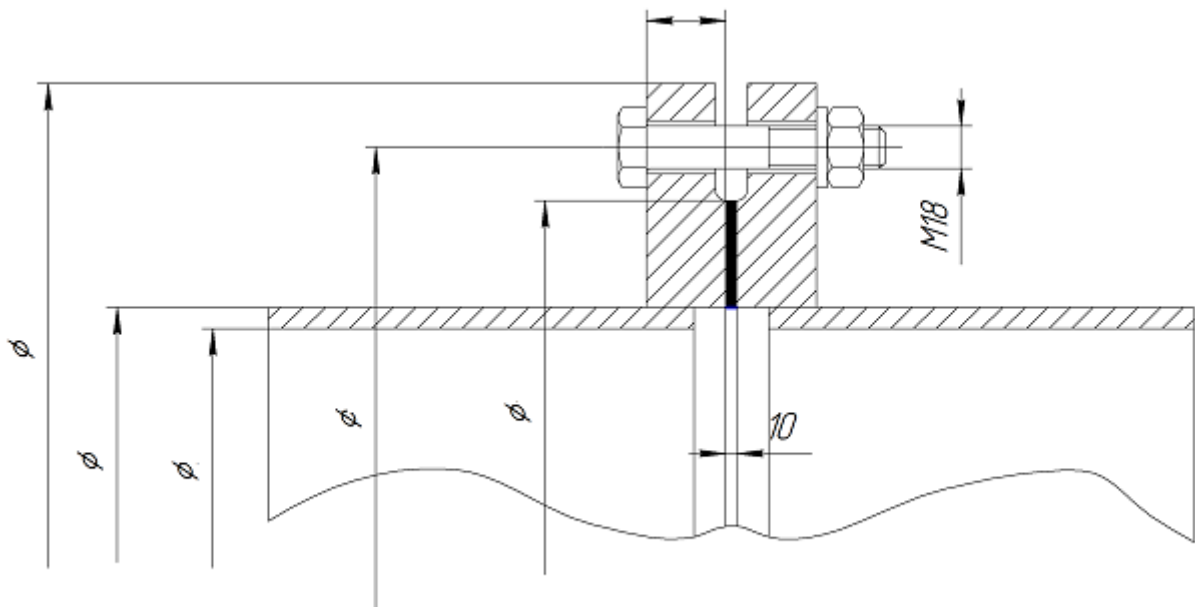


Рис.6.3 Конструкція фланцевого з'єднання

## 7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 7.1. Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріалів

Технологічне обладнання підприємств харчової промисловості різноманітне і багато деталей і вузлів його контактують з середовищем створеним харчовими продуктами.

Безпосередня взаємодія з технологічними і харчовими середовищами, довготривала безперервна робота, абразивна дія деяких домішків, агресивний вплив навколишнього середовища, миючих та дезінфікуючих розчинів, підвищена температура, значні перепади тиску, а також інші специфічні умови, визначають особливі вимоги до вибору і призначення конструкційних матеріалів.

Дана деталь відноситься до деталей типу «кришка», є тілом обертання. Оскільки деталь піддається впливу кислого середовища молочної сироватки, то матеріал з якого буде вироблятися кришка, повинен володіти спеціальними якостями, такими, наприклад, якими володіє нержавіюча сталь – високою корозійною стійкістю, окалиностійкістю та іншими.

Виходячи з аналізу характеристик середовища в якому працює кришка та усіх факторів які впливають на працездатність кришки та враховуючи властивості тих чи інших матеріалів для виготовлення даної деталі найкраще підходить конструкційна сталь, а саме сталь 10X18H10T.

Ця сталь характеризується високою корозійною стійкістю й окалиностійкістю, має підвищену стійкість проти міжкристалітної корозії. Сталь володіє задовільними властивостями міцності, гарними пластичними властивостями і жароміцністю до 650°C. Сталь технологічна в обробці, добре зварюється всіма видами зварювання.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олшєвський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Технологічний маршрут виготовлення деталі</b>	<b>210718.KP.03.007 ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> Якимч ІВ		<i>Інд.</i> змін	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/11	

Інші марки сталі не володіють необхідними властивостями, тож їх використання не є доцільним.

Таким чином, провівши необхідний аналіз можна зробити висновок, що саме конструкційна сталь марки сталь 10X18H10T є матеріалом для виготовлення даної кришки.

## **7.2. Перевірка кришки на відповідність умовам взаємозамінності, надійності та довговічності**

Аналізуючи роботу машини та роботу їх основних вузлів та механізмів, деякі деталі можна згрупувати за призначенням, характером роботи і формою, та іншими властивостями. Такий підхід дає змогу систематизувати комплектуючі та запасні частини.

Враховуючи потоковий метод виготовлення є сенс замовити готові заготовки на заводі виробнику. Так як приведена конвеєрна система досить розповсюджена, а кришка - деталь достатньо розповсюджена, то на заводі виробнику заготовлений запас аналогічних деталей, і є можливість замовляти їх у невеликих тиражах.

Проаналізувавши умови роботи кришки з точки зору надійності і зносостійкості, можна зробити висновки, що факторами які впливатимуть на його роботу будуть місцеві навантаження. Матеріал з якого виготовлений кришка, а саме сталь марки сталь 10X18H10T, не реагує на температурні коливання, має малу чутливість до впливу зовнішніх концентраторів напружень при циклічних навантаженнях та прийнятне відношення межі текучості до межі міцності на розтяг.

## **7.3. Розроблення робочого креслення деталі**

З використанням САД-систем і відповідних стандартів розробляємо робоче креслення деталі.

Після визначення всіх параметрів деталі, вибору матеріалу виготовлення, визначення всіх допусків та посадок приступаємо до виготовлення робочого креслення деталі.

Робоче креслення деталі – це конструкторський документ, який містить зображення деталі, розміри та інші дані, які необхідні для її виготовлення та контролю. Цей документ містить дані про матеріал, технічні вимоги та іншу необхідну інформацію.

Перед початком розробки креслення визначаємо конструкторську програму в якій буде створене креслення та формат. Для виконання застосовуємо програму AUTOCAD або COMPAS; в якості формату вибираємо аркуш формату А1.

Спочатку креслимо рамку в якій буде знаходитись креслення, потім зображуємо ескіз деталі. На готовому зображенню виконаної деталі проставляємо всі необхідні для виготовлення розміри та всі необхідні для розуміння креслення написи. У випадку коли на кресленні деталі деякі елементи не видно, то тоді необхідно робити необхідні перерізи або види.

#### **7.4. Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі**

##### **Розробка плану операцій технологічного процесу виготовлення деталі**

При розробленні технологічного маршруту вибирають методи оброблення кріплення та базування заготовок, що забезпечують надійність їх установаження та точність виготовлення.

При базуванні на необробленій поверхні керуються такими міркуваннями:

- поверхня повинна мати просту форму і розміри, достатні для стійкого положення при обробленні;
- заготовка не повинна деформуватись елементами кріплення;

№	Назва операції, переходу:	Інструмент та обладнання:	Мірильний ін-мент
10	Заготівельна Відрізати заготовку з прокату	Відрізний верстат	
20	Штампувальна. Відштампувати заготовку з прокату методом гарячого об'ємного штампування	Штампувальне обладнання	
30	Токарна. УЗЗ	Верстат 16К20; 3-хкулачковий патрон, упор	
30 1	Торцювати заготовку пов.1 Ø126	Різець прохідний відігнутий правий, φ=45°, Т15К6	ШЦ-1
30 2	Свердлити отвір 2 Ø17.5 мм з припуском під розвертання	Свердло Ø17.5 мм, Р6М5	ШЦ-1
30 3	Розвернути отвір 2 Ø18Н7	Розвертка Ø18Н7, Р6М5	Пробка Ø18Н7
30 4	Розточити отвір 3 Ø22Н8 начорно	Розточний різець для глухих отворів, Т15К6	Пробка Ø22Н8
30 5	Розточити отвір 3 Ø22Н8 начисто	Розточний різець для глухих отворів, Т15К6	Пробка Ø22Н8
40	Токарна. УЗЗ	Верстат 16К20; спеціальний пристрій	
40 1	Торцювати заготовку пов.1 Ø38	Різець прохідний відігнутий правий, φ=45°, Т15К6	ШЦ-1
40 2	Торцювати заготовку пов.2 Ø122	Підрізний різець, φ=90°, Т15К6	ШЦ-1
40 3	Точити пов.3 Ø38, l=8	Різець прохідний упорний правий, φ=90°, Т15К6	ШЦ-1
40 4	Точити пов.4 Ø128e9, l=24 начорно	Різець прохідний відігнутий правий, φ=45°, Т15К6	Калібр Ø128e9
40 5	Точити пов.4 Ø128e9, l=24 начисто	Різець прохідний відігнутий правий, φ=45°, Т15К6	Калібр Ø128e9
40 6	Точити пов.5 Ø122h9, l=16 начорно	Різець прохідний відігнутий правий, φ=30°, Т15К6	Калібр Ø122e9
40 7	Точити пов.5 Ø122h9, l=16 начисто	Різець прохідний відігнутий правий, φ=30°, Т15К6	Калібр Ø122e9
40 8	Точити канавку 6 В=8 мм	Різець канавочний, В=8мм, Т15К6	ШЦ-1

50	Свердлильна. УЗЗ	Свердлильний верстат 2А125, кондуктор	
50 1	Свердлити 4 отвори Ø8.8мм, під різьбу	Свердло Ø8.8, Р6М5	ШЦ1
50 2	Зенкувати фаску 1x45°	Зенковка 45°, Р6М5	ШЦ1
50 3	Різати різьбу М10 в чотирьох отворах	Мітчик М10, Р6М5	Різьбова пробка М10

- бажано чорновими базами вибрати поверхні, що в подальшому не обробляються.

## Технологічний маршрут виготовлення деталі

### 7.5. Розрахунок припусків

Розмір, за яким ведемо розрахунок –  $\phi 18 \text{ H7}$

Поверхня обробляється свердлінням та розвертанням

#### 1. Припуск на розвертання

$$Z_{2\min} := Rz_1 + D_1 + \sqrt{T_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{y2}^2}$$

$Rz_1 := 20$  мкм – висота мікронерівностей

$D_1 := 40$  мкм – глибина дефектного шару

$T_{\text{пр}1} := 100$  мкм – сумарне значення просторових похибок

$\varepsilon_{y2} := 100$  мкм – похибка установлення деталі

$$Z_{2\min} := Rz_1 + D_1 + \sqrt{T_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{y2}^2} \quad Z_{2\min} = 201.421$$

$$Z_{2\max} := Z_{2\min} + T_1 - T_2$$

$T_1 := IT10 \quad T_1 := 84$  мкм

$T_2 := IT8 \quad T_2 := 33$  мкм

$$Z_{2\max} := Z_{2\min} + T_1 - T_2 \quad Z_{2\max} = 252.421 \quad \text{мкм}$$

$$Z_{2\text{ном}} := \frac{Z_{2\max} + Z_{2\min}}{2} \quad Z_{2\text{ном}} = 226.921 \quad \text{мкм}$$

#### 2. Припуск на свердління

$$Z_{1\min} := Rz_0 + D_0 + \sqrt{T_{\text{пр}0}^2 + \varepsilon_{y1}^2}$$

$Rz_0 := 150$  мкм – висота мікронерівностей

$D_0 := 150$  мкм – глибина дефектного шару

$T_{\text{пр}0} := 1300$  мкм – сумарне значення просторових похибок

$\varepsilon_{y1} := 200$  мкм – похибка установлення деталі

$$Z_{1\min} := Rz_0 + D_0 + \sqrt{T_{\text{пр}0}^2 + \varepsilon_{y1}^2} \quad Z_{1\min} = 1.615 \times 10^3 \quad \text{мкм}$$

$$Z_{\text{сум}} := Z_{2\text{ном}} + Z_{1\min} \quad Z_{\text{сум}} = 1.842 \times 10^3 \quad \text{мкм}$$

Приймаємо сумарний припуск

$$Z_{\text{сум}} := 2000 \quad \text{мкм} \quad Z_{\text{сум}} := 2.0 \quad \text{мм}$$

## 7.6. Розрахунок режимів різання

### Токарна операція

#### Перехід 30.1

Торцювати заготовку пов. 2  $\phi 126$

$$D_{\text{заг}} := 126 \quad \text{мм}$$

#### 1. Глибина різання

$$t := 2.0 \quad \text{мм}$$

2. Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об, узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20

$$S_B := 0.5 \quad \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

3. Обираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо емпіричну швидкість різання

$C_v := 250$  - коефіцієнт, що враховує умови різання

$T := 120$  хв - період стійкості інструмента

$$V := \frac{C_v}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S_B^{0.35}} \quad V = 110.233 \quad \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя розрахункова

$$n_p := \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \quad n_p = 278.477 \quad \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

5. Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B := 280 \quad \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6. Фактична швидкість різання

$$V_d := \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \quad V_d = 110.835 \quad \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

7. Довжина обробки

$$L_d := 55 \quad \text{мм}$$

8. Основний час

$$t_{01} := \frac{L_d}{n_B \cdot S_B} \quad t_{01} = 0.393 \quad \text{хв}$$

9. Допоміжний час

$$t_{d1} := 1.3 \quad \text{хв}$$

10. Час виконання переходу

$$T_{\text{оп1}} := t_{01} + t_{d1} \quad T_{\text{оп1}} = 1.693 \quad \text{хв}$$

### Перехід 30.2

Свердлити отвір  $\phi 19.0$   $d_{CB} := 19.0$  мм

1. Глибина різання

$$t := 9.5 \text{ мм}$$

2. Вибираємо подачу узгоджуючи з паспортними даними верстата 2A125

$$S := 0.15 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

3. Обираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання

$T := 25$  хв період стійкості інструмента

$$V := \frac{12.1 \cdot d_{CB}^{0.3}}{T^{0.4} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.65}} \quad V = 17.67 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Розрахункова частота обертання шпинделя

$$n := \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{CB}} \quad n = 296.025 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n := 280 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

5. Дійсна швидкість обертання шпинделя

$$V_D := \frac{\pi \cdot d_{CB} \cdot n}{1000} \quad V_D = 16.713 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

6. Довжина обробки

$$L_D := 33 \text{ мм}$$

7. Основний час виконання перехода

$$t_0 := \frac{L_D}{n \cdot S} \quad t_0 = 0.786 \text{ мм}$$

8. Допоміжний час

$$t_{D1} := 0.7 \text{ хв}$$

9. Операційний час

$$T_{оп} := t_0 + t_{D1} \quad T_{оп} = 1.486 \text{ хв}$$

### Перехід 30.3

Розточити отвір 2  $\phi 18_{\epsilon 9}$

$$D_{\text{заг}} := 18 \quad \text{мм}$$

1. Глибина різання

$$t := 0.5 \quad \text{мм}$$

2. Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об, узгоджуючи з паспортними даними верстата 16K20

$$S_B := 0.5 \quad \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

3. Обираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо емпіричну швидкість різання

$C_v := 250$  - коефіцієнт, що враховує умови різання

$T := 120$  хв - період стійкості інструмента

$$V := \frac{C_v}{T^{0.4} \cdot t^{0.15} \cdot S_B^{0.35}} \quad V = 52.093 \quad \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя розрахункова

$$n_p := \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \quad n_p = 921.213 \quad \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

5. Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B := 860 \quad \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6. Фактична швидкість різання

$$V_d := \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \quad V_d = 48.632 \quad \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

7. Довжина обробки

$$L_d := 33 \quad \text{мм}$$

8. Основний час

$$t_{02} := \frac{L_d}{n_B \cdot S_B} \quad t_{02} = 0.077 \quad \text{хв}$$

9. Допоміжний час

$$t_{d2} := 0.8 \quad \text{хв}$$

10. Час виконання переходу

$$T_{\text{оп}2} := t_{02} + t_{d2} \quad T_{\text{оп}2} = 0.877 \quad \text{хв}$$

### Перехід 30.4

Розточити отвір 3  $\phi 22h9$

$$D_{\text{зар}} := 22 \quad \text{мм}$$

1. Глибина різання

$$t := 2.0 \quad \text{мм}$$

2. Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5мм/об, узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20

$$S_B := 0.5 \quad \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

3. Обираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо емпіричну швидкість різання

$C_v := 250$  - коефіцієнт, що враховує умови різання

$T := 120$  хв - період стійкості інструмента

$$V := \frac{C_v}{T^{0.4} \cdot t^{0.15} \cdot S_B^{0.35}} \quad V = 42.313 \quad \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя розрахункова

$$n_p := \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{зар}}} \quad n_p = 612.211 \quad \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

5. Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B := 630 \quad \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6. Фактична швидкість різання

$$V_d := \frac{\pi \cdot D_{\text{зар}} \cdot n_B}{1000} \quad V_d = 43.542 \quad \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

7. Довжина обробки

$$L_d := 7 \quad \text{мм}$$

8. Основний час

$$t_{02} := \frac{L_d}{n_B \cdot S_B} \quad t_{02} = 0.022 \quad \text{хв}$$

9. Допоміжний час

$$t_{д2} := 0.8 \quad \text{хв}$$

10. Час виконання переходу

$$T_{\text{оп2}} := t_{02} + t_{д2} \quad T_{\text{оп2}} = 0.822 \quad \text{хв}$$

**Загальний операційний час**

$$T_{\text{заг}} := 1.693 + 1.486 + 0.877 + 0.822$$

$$T_{\text{заг}} = 4.878 \text{ хв}$$

**Час на обслуговування робочого місця, перерви, відпочинок і природні потреби**

$$T_{\text{об\_пп}} := \frac{2.5 + 4.0 \cdot T_{\text{заг}}}{100} \quad T_{\text{об\_пп}} = 0.22 \text{ хв}$$

**Штучний час**

$$T_{\text{шт}} := T_{\text{заг}} + T_{\text{об\_пп}} \quad T_{\text{шт}} = 5.098 \text{ хв}$$

**Підготовчо – завершувальний час**

$$T_{\text{пз}} := 17 \text{ хв}$$

**Кількість деталей у серії**

$$n_c := 1000 \text{ шт/зміну}$$

**Калькуляційний час**

$$T_k := T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_c} \quad T_k = 5.115 \text{ хв}$$

**Норма виробітку за 1 год**

$$N := \frac{60}{T_k} \quad N = 11.73 \text{ шт}$$

**Приймаємо**

$$N := 11 \text{ шт}$$

## 8. ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

### 8. Вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту

#### 8.1 Монтаж

Під монтажем розуміється вся кількість операцій, як підготовчих, так і виконавчих, які включають розконсервацію обладнання, ревізію, агрегатне складання, встановлення на фундамент, вирівнювання, підключення до комунікації та індивідуальні випробування. Перед початком монтажу перевірити фундамент на відповідність розмірів габаритам опорних частин установки. Фундамент має бути виконаний на повну проектну відмітку і здаватися під монтаж з вирівняною і вивіреною поверхнею. Монтажник має бути обладнаний необхідними вантажопідіймальними і транспортерними механізмами. Розвантаження і транспортування виробу повинні вироблятися способами, що виключають ушкодження виробу. Строповку виробляти згідно схем строповки. Монтаж електроустаткування і систем автоматики і управління повинен задовольняти діючим правилам пристрою монтажу електротехнічних установок.

При монтажі насоса, що поступив складальними одиницями, після закріплення фундаментних плит слід встановити: опорну частину відведення з виправляючим апаратом; відведення на його опорну частину; вал, з'єднавши його з робочим колесом і відцентрувавши відносно розточувань під підшипники; статор електродвигуна із зборі з нижньою хрестовиною; ротор; верхню хрестовину і п'яту. Необхідно: вивірити вертикальність електродвигуна і перпендикулярність п'яти; прицентрувати електродвигун до насоса; з'єднати вали насоса і електродвигуна; вивірити загальну лінію валів і відцентрувати деталі корпусу відносно його валу.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олшеський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту. Система управління	<b>210718.KP.03.008 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимук ІВ		<i>Інд.</i> змін	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12

*Монтаж нанofільтраційної установки слід ввести в такому порядку:*

- 1) розвантаження і сортування вузлів установки і деталей;
- 2) комплектація деталей і мілких вузлів в збільшені вузли;
- 3) встановлення вузлів ( зібрання вузлів) з виверкою;
- 4) фарбування, наладка, регулювання і перевірка установки на холостому ходу.

Проект організації монтажу повинен мати монтажні креслення для встановлення установки.

## **8.2. Експлуатація**

Апарат нанofільтрації відноситься до посудин які працюють під тиском. Небезпека при експлуатації полягає у можливому раптовому вибуху великої потужності за рахунок вивільнення енергії адиабатичного розширення пари або газу.

Посудини, що працюють під тиском, обладналися так само, як і котли, запобіжними клапанами, манометрами, термометрами, вентилями і т. д. Вимоги, що пред'являються до них, в основному однакові, проте є і відмінності.

Згідно з розрахунками, кількість запобіжних клапанів, їх розміри і пропускна спроможність встановлюються з урахуванням того, щоб в посудині не міг утворюватися тиск, що перевищує робочий, більш, ніж на 0,05 МПа для посудин з тиском до 0,29 МПа включно; на 15%--для посудин з тиском від 0,29 МПа до 5,8 Мпа; на 10% --для посудин з тиском понад 5,8 МПа.

Обслуговування посудин має бути доручене особам, що досягли 18-річного віку і що пройшло виробниче навчання, атестацію в кваліфікаційній комісії і інструктаж по безпечному обслуговуванню посудин. Особам, що здали випробування, мають бути видані посвідчення. На підприємстві ГОЛОВНИМ

інженером розробляється і затверджується інструкція по режиму роботи і безпечному обслуговуванню посудин. Інструкції видаються обслуговуючому персоналу і вивішуються на робочих місцях; не рідше, ніж один раз в рік комісією, що призначається наказом по підприємству, виробляється перевірка знань, яка оформляється протоколом.

Ні в якому разі не дозволяється ремонт посудин під час роботи. Посудина має бути вимкнена при:

- перевищенні тиски в посудині вищі за дозволене;
- виході з ладу запобіжних клапанів, манометра, покажчика рівня рідини, запобіжних блокованих пристроїв контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматики;
- виявленні тріщин, опуклостей, потоншення стінок, заплітіння, течі в заклепувальних і болтових з'єднаннях, розриву прокладень;
- виникненні пожежі, безпосередньо загрозової посудині під тиском;
- зниженні рівня рідини нижче допустимого в посудинах з вогневим обігрівом;
- несправності або неповній кількості кріпильних деталей кришок і люків.

Посудин оглядається під час їх роботи не рідше одного разу в рік. Усі елементи котлів, трубопроводів, пароперегрівачів і допоміжного устаткування з температурою стінки зовнішньої поверхні вище 43° С в доступних для обслуговування місцях мають бути покриті тепловою ізоляцією.

*Основні правила пуску нанофільтраційної установки в експлуатацію*

Пуск нанофільтраційної установки в експлуатацію проводиться наступним чином :

- провести зовнішній та внутрішній огляд ;

- перевірити всі механізми з випробуванням їх на холостому ході, надійність фланцевих з'єднань, наявність та справність захисного заземлення, захисних засобів, засобів вимірювання та автоматичного регулювання ;

- трубопроводи повинні продути інертним газом ( стисненим газом)

*Основні правила планової та аварійної зупинок нанофільтраційної установки:*

Порядок підготовки і планової зупинки нанофільтраційної установки здійснюється у відповідності з вимогами «Положення про систему ППР обладнання підприємств сиро-молочної промисловості».

Перед здачею в ремонт нанофільтраційна установка повинна бути :

- виключена від джерела електроживлення та інших комунікацій ;
- звільнена від залишків продуктів виробництва ,від бруду ;
- промита водою,продута паром ;
- встановлені заглушки на фланцевих з'єднаннях .

Прийом в ремонт і задача з ремонту здійснюється з оформленням відповідних актів.

Порядок аварійної зупинки нанофільтраційної установки :

- негайно відключити силову електроенергію ;
- припинити подачу пари,азоту,води,молочної сироватки ;
- припинити всі технологічні операції ;
- повідомити начальнику ділянки про аварію ;
- при необхідності прийняти міри по наданню медичної допомоги потерпілим при травмуванні чи отруєнні ;
- приступити до ліквідації аварії згідно діючому плану локалізації аварійних ситуацій.

Обслуговуючий персонал зобов'язаний зупинити нанофільтраційну установку в таких випадках :

- виявлення течі через фланцеві з'єднання установки ;
- з'явлення стороннього шуму в насосі , фільтрах ;

- поломка захисних засобів.

### 8.3 Ремонт

Нанофільтраційна установка призначена для фільтрування молочної сироватки. Частина вузлів установки не може бути замінена за допомогою існуючих самохідних монтажних кранів із-за недостатньої їх вантажопідйомності і довжини стріли кранів. Це призводить до необхідності застосування при ремонтах нанофільтраційних установок різних такелажних пристосувань, щогл, порталів і т. д. В той же час застосування кранів замість щогл і порталів дозволяє підвищити продуктивність праці в 3-4 рази при одночасному значному скороченні термінів ремонту.

Для визначення дійсного стану агрегату необхідно проводити виміри експлуатаційних параметрів вузлів і деталей нанофільтраційної установки в її робочому стані, що зв'язано з рядом труднощів. Ретельне обстеження усіх вузлів і деталей нанофільтраційної установки перед зупинкою її на ремонт дозволяє визначити експлуатаційний стан агрегатів, який служить основою для складання відомості дефектів.

При виконанні ремонту нанофільтраційної установки, обов'язкове застосування вузлового методу виробництва робіт. Цей метод передбачає заміну усіх зношених вузлів заздалегідь підготовленими новими або відремонтованими. Вузловий метод вимагає чіткого проведення організаційних заходів і підготовчих робіт, що включають складання номенклатури взаємозамінних вузлів і комплектів деталей по видах устаткування, а також перевірку придатності підготовлених до заміни вузлів і деталей.

При підготовці до ремонту проводяться наступні роботи:

- 1) готуються під'їзні шляхи і засоби доставки вузлів;
- 2) встановлюються вантажопідйомні пристрої, що підтримують;

3) виконується укрупнена зборка вузлів. Підготовчі роботи дозволяють зменшити тривалість капітального ремонту і провести його протягом 18-28 діб.

Найбільш часто ремонтованими вузлами нанофільтраційної установки є запірні арматури, теплообмінні пристрої, відцентрові насоси, системи водяного охолодження.

*Під час розбирання та ремонту насосу виконують:*

- 1) огляд і очищення сталюю щіткою корпусу насоса і робочого колеса від корозії, бруду;
- 2) огляд масляних камер підшипників, промивання їх керосином або маслом;
- 3) перевірку на відсутність відпрацювання загусенців у мастильних кілець при кільцевому змазуванні підшипників та їх вільному обертанні в прорізах вкладишу;
- 4) перевірку на відсутність випрацювання у вкладишах і валом осьового розбігу;
- 5) перебивання сальників та лабіринтних ущільнень

При необхідності замінюється зношене робоче колесо і направляючий апарат, роблять центрування насоса з електродвигуном, а також кріплення болтових з'єднань.

Пробний пуск насоса робиться вхолосту, а потім під навантаженням. Під час пробного пуску повинні бути перевірені робота підшипників і сальників, відсутність вібрації, яку створює насос, напір та ін. При відсутності дефектів насос може бути допущений до експлуатації.

Перед початком експлуатації нанофільтраційної установки необхідно провести встановлення фільтроелементів в корпуси нанофільтраційних модулів. Під час збирання здійснювати контроль за цілісністю ущільнень і прокладок на корпусах модулів.

Перед відкриванням модулю необхідно бути впевненим, що установка не знаходиться під тиском, ущільнення на фільтроелементі.

Виробничий персонал зобов'язаний вести процес згідно з технологічним регламентом, технологічним регламентом, технологічними інструкціями, інструкціями по охороні праці.

Всі технологічні процеси вести при повній герметизації обладнання і трубопроводів.

#### **8.4. Опис блоку управління (автоматика та мікропроцесорна техніка).**

Сучасний розвиток промислового виробництва молочних продуктів супроводжується все більш широким застосуванням автоматизованих систем управління технологічними процесами. Це зумовлено значним економічним ефектом, який досягається завдяки забезпеченню заданих якостей продукції, зниженню витрат сировини і матеріалів, зменшення трудомісткості виробничих процесів, підвищенню культури виробництва тощо.

Застосування систем управління з використанням мікропроцесорної техніки обумовлене універсальністю, високою надійністю, можливістю зміни програми функціонування.

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

Розроблена ультрафільтраційна установка використовується для концентрування молока. За допомогою фільтраційних модулів сироватка проходить процес фільтрування, та при досягненні заданих параметрів надходить далі на виробництво. Установка повинна забезпечити фільтрування всього об'єму розчину, бути надійною в роботі, мати невеликі експлуатаційні витрати, бути компактною.

Система управління установкою забезпечує виконання наступних функцій:

- контроль масової долі сухих речовин в концентрації на виході із кожного модуля установки;
- контроль та регулювання температури продукту на вході до кожного модуля установки;
- контроль і автоматичне регулювання рівня молока в резервуарах, сигналізацію їх граничних значень.

Крім світлової сигналізації в системі управління є звукова сигналізація, яка приводиться в дію при виході з ладу будь-якого з двигунів в будь-якому з модулі установки, рівня в резервуарах для сквашування вище чи нижче заданого значення.

При автоматизації ультрафільтраційної установки були застосовані засоби мікропроцесорної техніки - мікропроцесорні програмовані контролери.

Такі технічні можливості дозволяють по заданій програмі послідовно виконувати операції включення відповідного технологічного обладнання при запуску, своєчасний перехід з одного режиму на інший, управляти регулюючими і перемикаючими клапанами у відповідності з алгоритмом функціонування; виконувати збір і математичну обробку інформації та видавати її оператору в доступній для аналізу формі.

Аналіз інформації про умови роботи установки і поточні технологічні параметри процесу дозволяють виявляти передчасні пошкодження мембран або їх забруднення.

#### **8.4.2. Опис схеми автоматизації**

Контроль концентрації сухих речовин в молоці здійснюється за допомогою датчиків 8а, 9а, 10а, 11а, 12а (8б, 9б, 10б, 11б, 12б їх вторинні перетворювачі). Датчики рефрактометрів працюють в комплексі з показувальними пристроями 8в, 9в, 10в, 11в, 12в.

Температура продукту, вимірюється датчиками 1а, 2а, 3а, 4а, 5а стабілізується регуляторами 1б, 2б, 3б, 4б, 5б, що через електропневмо перетворювачі 1в, 2в, 3в, 4в, 5в регулюють подачу льодяної води в охолоджувач пневматичними клапанами 1г, 2г, 3г, 4г, 5г.

Рівень продукту в збірниках 1 та 2, вимірюється датчиками 6а, 6б, 7а, 7б сигналізується сигналізаторами рівня 6в, 7в та лампочками HL1, HL2 і HL3, HL4, що сигналізують верхній та нижній рівень в збірниках. В залежності від

рівня сигнали від сигналізаторів подаються на електромагнітні клапани 6д та 7д.

Витрата холодної води контролюється витратоміром 13а та показується на щиті приладом 13б.

Стан моторів М1, М2, М3, М4, М5, М6: включений чи виключений, сигналізуються лампочками: HL5 та HL6, HL7 та HL8, HL9 та HL10, HL11 та HL12, HL13 та HL14, HL15 та HL16.

## Технологічні вимоги до системи автоматизації

Апарат	Параметри, що підлягають контролю і сигналізації	Оптимальні значення параметрів	Допустимі технологічні відхилення	Аварійні відхилення параметра	Функції системи контролю і сигналізації			
					Вид контролю	Вид інформації	Сигналізація	
							Світлова	Звукова
Нанофільтраційна установка	Витрата води м <sup>3</sup> /год	5	± 15	± 3	Перервний	П	-	-
	Температура в системі, °C	20	± 5	± 10	Неперервний	П	-	-
	Температура до підігрівника, °C	10	± 4	± 8	Неперервний	П	-	-
	Концентрація сухих речовин	18	± 3	± 6	Неперервний	П	+	-
	Рівень продукту в бункерах	0,7	± 0,2	± 0,4	Неперервний	П	-	+

### Висновок

Розроблена в даному дипломному проєкті схема автоматичного регулювання технологічних параметрів дає можливість проводити процес фільтрування у оптимальному технологічному режимі з оптимальним значенням параметрів. Розроблена схема автоматизації дає змогу попереджувати виникнення аварійних ситуацій і не допускати наближення значень технологічних параметрів до аварійних. Дана схема передбачає можливість автоматичного регулювання параметрів.

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

## Специфікація приладів і засобів автоматизації

Позиція	Параметр	Місце установки	Найменування і коротка х-ка приладу	Тип моделі	К-сть	Завод виготовляч
1	2	3	4	5	6	7
1а 2а 3а 4а 5а	Температура	в агрегаті  на трубопроводі	Датчик термоперетворювач опору ТСП, НСХ-Pt100, діапазон (0 – 100)°С, з уніф. вих. сигнал 4...20 мА	ТСМ-0193-01	5	ЧТП “Теплоприбор” м.Челя-бинск
1б 2б 3б 4б 5б	Температура	на щиті	Індикатор та регулятор температури	ТРМ-151	5	“Овен” м.Москва
1в 2в 3в 4в 5в	Температура	на щиті	Електро-пневмоперетворювач з сигнал 4-20 мА в сигнал 20-100 кПа	Dwyer серія 2700	5	СВ Альтера м.Київ
1г 2г 3г 4г 5г	Температура	по місцю	Регулюючий пневматичний клапан	Dwyer серія Hi-Flow 2001VA3 2-230-L0	5	СВ Альтера м.Київ
6а 6б 7а 7б	Рівень	в агрегатах	Контактний датчик рівня, з вихідним сигналом по напрузі	SITRANS L Pointek CLS 200	4	ДП “Сименс Україна” м.Київ
6в 7в	Рівень	на щиті	Сигналізатор рівня рідини	САУ-М6	2	“Овен” м.Москва
6д 7д	Рівень	по місцю	Електромагнітний регулюючий клапан	JASKA D201	2	СВ Альтера м.Київ
13а	Витрата	на трубопроводі	Показувальний перетворювач з уніфікованим вих. сигналом 4...20 мА, кл.т. 0,25	Sitrans FM MAG FLO	1	ДП “Сименс Україна” м.Київ
13б	Витрата	на щиті	Індикатор та регулятор витрати	ТРМ-151	1	“Овен” м.Москва
8а, 8б 9а, 9б 10а, 10б 11а, 11б 12а, 12б	Концентрація сухих речовини	на трубопроводі	Рефрактометр уніф. вих. сигнал 4...20 мА, кл.т. 0.25	К- PATENTS PR-23-GP	5	ООО “ППМ-СИНТ-РОЛ” м.Москва
8в, 9в	Концент-	на щиті	Індикатор та регулятор	ТРМ-151	5	“Овен”

10в, 1в, 12в	рація сухих речовини		концентрації сухих речовини			м.Москва
-----------------	----------------------------	--	--------------------------------	--	--	----------

## 9. ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЇ ВИСНОВКИ

### Вступ

В Україні 14 жовтня 1992 р. був прийнятий Верховною Радою Закон „Про охорону праці”. Цей закон, а також „Кодекс законів про працю України” є основною законодавчою базою охорони праці. Їх доповнюють державні та нормативні акти про охорону праці – стандарти, правила, нормативні положення, яким надано чинність правових норм, обов’язкових для виконання усіма установами і працівниками України.

### Виробничий травматизм

Стан умов праці на підприємстві, задовільний, оскільки виконуються всі необхідні нормативи для виключення виробничого травматизму.

Основні причини виникнення виробничого травматизму на молочному заводі:

- порушення трудової дисципліни;
- недоліки під час проходження інструктажів;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів.

Основними чинниками, що призвели до нещасних випадків були:

- падіння потерпілого;
- конструктивні недоліки станків та машин;
- падіння, обрушення, обвал предметів, матеріалів, породи, ґрунту;
- порушення правил техніки безпеки на робочому місці;
- погані санітарно-гігієнічні умови праці (захащеність робочого місця, забруднення повітря, неадекватне освітлення);
- особистий стан працівника.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олшєвський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко АВ	<i>Назва, додаткова назва</i> Заходи щодо охорони праці, екології висновки		210718.KP.03.009 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимк ІВ						

## **Організація служби охорони праці на підприємстві**

Організацією роботи по охороні праці займається СУОП(Система управління охороною праці)- підготовка, прийняття та реалізація рішень щодо проведення організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів направлених на збереження життя і здоров'я працюючих. Створення СУОП здійснюється шляхом послідовного визначення мети і об'єкта управління, завдань і заходів щодо охорони праці, функцій і методів управління, побудови організаційної структури управління, складання нормативно-методичної документації.

Головна мета управління охороною праці є:

- створення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці;
- покращення виробничого побуту, запобігання травматизму і профзахворюванням;
- забезпечення працюючих засобами індивідуального та колективного захисту;
- здійснювати професійну підготовку працівників, підвищення їх кваліфікації та перевірку знань з питань охорони праці, вести пропаганду безпечних методів праці.

## **Фінансування заходів з охорони праці**

Фінансування заходів з ОП спрямовані на поліпшення умов праці та підвищення рівня безпеки на виробництві. Фінансування здійснюється власником за рахунок прибутку. Працівники не несуть ніяких витрат на заходи з охорони праці.

Фінансування заходів по охороні праці на молочному заводі здійснюється у розмірі 0,5 % від ФОП, штрафів та спонсорської допомоги.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації нанофільтраційної установки

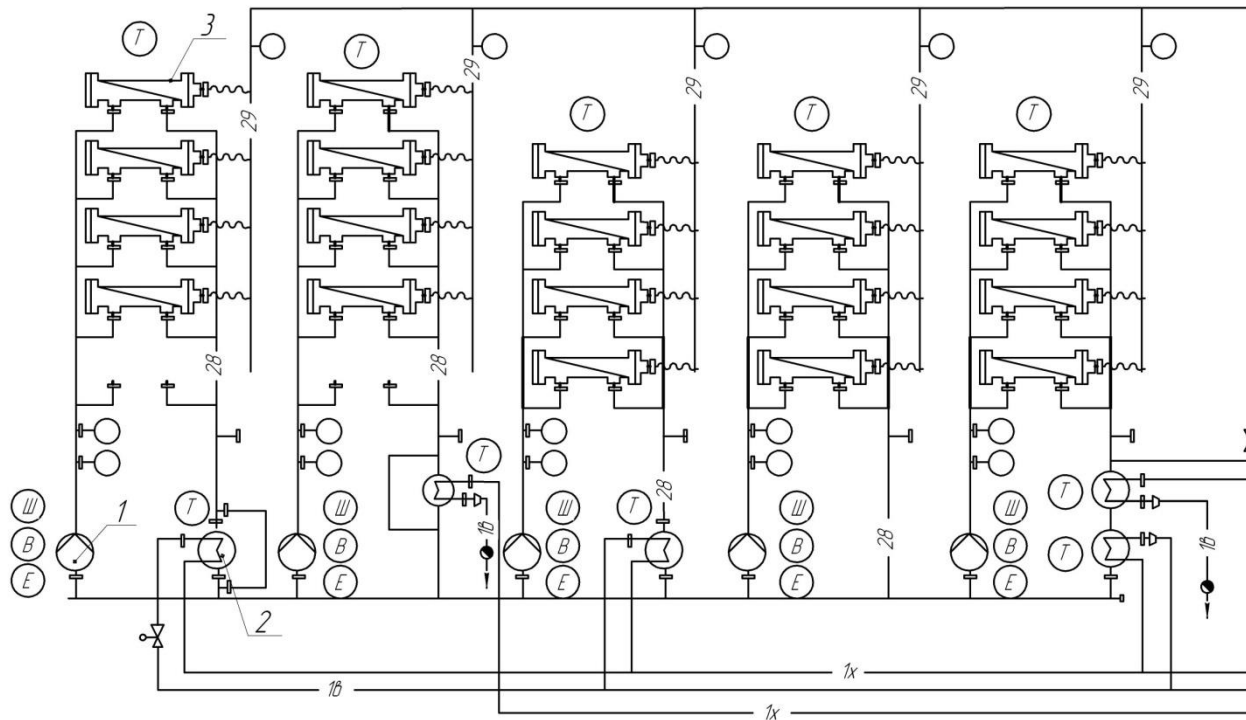


Рис.9.1 Технологічна схема нанофільтраційного апарату

1 - відцентровий насос; - теплообмінник; 2 - фільтраційний рулонний елемент.

Умовні позначення шкідливих небезпечних чинників:

-  - електробезпека;
-  - шум;
-  - вібрації;
-  - тепловиділення;

На апараті присутні насоси, які при виході з ладу можуть спричинити електровраження, тому підходити до працюючого під напругою обладнання

забороняється. Робота нанофільтраційної установки пов'язана з рядом небезпечних факторів, які необхідно виключити під час проектування устаткування і технологічного процесу.

### **Повітря робочої зони**

#### **Мікроклімат**

Мікроклімат виробничих приміщень характеризується - температурою, вологістю повітря, швидкістю переміщення повітряних мас, а також тепловим випромінюванням від нагрітих обладнання, машин, предметів праці. Від комплексного впливу цих елементів залежать теплові відчуття і зумовлені ними фізіологічні та психічні стани працівників. Мікроклімат визначається такими параметрами: температурою повітря в приміщенні, відносною вологістю повітря, швидкістю повітряного потоку. Норми мікроклімату встановлені згідно з ГОСТ 12.1.005 – 088 ССБТ. “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”. Нормування мікроклімату: Температура 18–20С, швидкість повітря 0,1 – 0,2м/с, вологість 40–60%. Всі ці параметри поодиночі, а також у комплексі впливають на фізіологічну функцію організму - його терморегуляцію і визначають самопочуття.

#### **Загазованість**

Під час виробничих процесів відбувається виділенням шкідливих парів і газів. Ступінь і характер впливу парів і газів шкідливих речовин на організм людини залежить від їхнього хімічного складу, шляхів проникнення (через органи дихання, шкіряний покрив або шлунково-кишковий тракт), дози, часу дії, концентрації, біологічної розчинності, стану організму в цілому, а також

мікроклімату робочої зони. Наявність парів (газів) шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинна перевищувати граничне допустимих концентрацій (ГДК) регламентованих за ГОСТ 12.1.005-88. Під час роботі нанофільтраційної установки шкідливі гази не виділяються.

## **Запиленість**

Виробничий пил шкідливо діє на організм людини а також підвищує зношення обладнання, збільшує брак продукції.

Санітарними нормами проектування промислових підприємств (СН 245-71) та ГОСТ І2.І.005-88 (Повітря робочої зони) встановлені граничне допустимі концентрації (ГДК) шкідливих аерозолів, які не мають згубної дії на організм людини.

При роботі нанофільтраційної установки виділення шкідливого пилу не відбувається.

## **Вентиляція**

Стан повітряного середовища забезпечується припливними вентиляційними установками, витяжними та аварійними. Припливна і витяжна вентиляційні системи включають працюючу вентиляційну установку і резервну, яка автоматично вмикається при зупинці працюючої. На спеціальному щиті розміщена світлова сигналізація роботи вентиляційної установки. При зупинці вентилятору подається звуковий сигнал. Всі припливні вентиляційні установки розміщуються в спеціально обладнаних венткамерах. На повітроводах у межах венткамери встановлені зворотні клапани, які виключають можливість проходження повітря через непрацюючі резервні вентилятори. Витяжні вентилятори розміщені на відкритих площадках.

## **Освітлення виробничих приміщень**

В зоні роботи нанофільтраційної установки застосовується природне і штучне освітлення. Освітленість, яка здійснюється штучним освітленням, нормується за СНиП II - 4 - 79, допустиме значення - 0,8%, вимірене 0,5%.

Штучне освітлення здійснюється за допомогою люмінесцентних ламп типу ЛСП - 18. Лампи такого типу мають такі характеристики (для 1 шт.)

потужність лампи, Вт - 40; світловий потік, лм - 1990; коефіцієнт використання, % - 65.

Основними недоліками цих ламп є: складність схеми вмикання; обмежена одинична потужність і великі розміри при даній потужності; залежність характеристик ламп від температури навколишнього середовища і напруження мережі живлення; шкідливі для зору пульсації світлового потоку. Але лампи мають ряд істотних переваг: висока світлова віддача; великий термін служби, тощо.

Для загального освітлення освітлювальна арматура розміщується у верхній зоні приміщення. Також передбачене аварійне освітлення. Управління освітленням здійснюється вимикачами з щита управління, який монтується на висоті 1,2 м. від рівня підлоги.

### **Шум і вібрація**

У нанофільтраційній установці, шум та вібрація утворюється від роботи відцентрових насосів. За ГОСТ 12.1.003 - 83 ССБТ та ГОСТ 12.1.012-90 рівень шуму повинен становити 80, а фактично 85. Основними заходами для ліквідації шуму та вібрації є: організаційний (привальна експлуатація, монтаж та комплектація, проведення санітарно - профілактичних заходів ) та технічний(правильне використання фундаментів, що відповідають динамічним навантаженням, ізоляція фундаментів від конструкцій, теплоізоляція трубопроводів). Головними напрямками боротьби з шумом є його послаблення або ліквідація безпосередньо в джерелі утворення.

### **Випромінювання**

На нанофільтраційній установці є теплове випромінювання. По фізичній природі теплове випромінювання являє собою потік матеріальних частинок, які мають хвильові і квантові властивості. Теплове випромінювання займає область спектра з довжиною хвилі, в межах від 760 нм до 540 мкм.

Теплова ізоляція являється ефективним і самим економічним засобом по зменшенню випромінювання, а також від опіків при доторканні до цих поверхонь і зменшення витрат палива. При виборі матеріалів для ізоляції необхідно приймати до уваги механічні властивості матеріалів, а також їх можливість витримувати високу температуру. Якщо температура ізолюємого об'єкта висока, та застосовується багатосарова ізоляція.

### **Техніка безпеки при обслуговування обладнання**

Для уникнення промислового травматизму потрібно дотримуватись правил техніки безпеки. До роботи допускаються особи не молодші 18 років, які не мають медичних протипоказань, пройшли виробниче навчання та первинний інструктаж з техніки безпеки.

Необхідно проводити інструктажі: вступний; первинний; повторний; позаплановий; цільовий.

Необхідно дотримуватися правил внутрішнього розпорядку: не допускати присутності в робочій зоні сторонніх осіб, розпивання спиртних напоїв і куріння, робота у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також робота в хворобливому або стомленому стані.

Огляд і ремонт нанофільтраційної установки допускається тільки після її остигання до 30 °С. Під час проведення робіт, всі трубопроводи для подачі сироватки та охолоджуючої води повинні бути від'єднанні, а на запірній арматурі повинні висіти таблички: "Не вмикати — працюють люди!".

### **Електробезпека**

В зв'язку з тим, що обладнання працює під напругою (насосні установки), то виникає небезпека ураження персоналу електричним струмом. По степені забезпечення надійності електропостачання електроприймачі нанофільтраційної установки відносяться до II - ї категорії. Відділення, де встановлена нанофільтраційна установка відноситься до категорії "В" по

електробезпеці, а у відношенні до персоналу, до приміщень з підвищеною небезпекою. Експлуатація обладнання, що працює під напругою здійснюється з дотриманням "Правил техніки безпеки при експлуатації електричних установок промислових підприємств." Персонал, який обслуговує ці установки повинен забезпечуватись захисними засобами. Заземлення проводиться згідно СНиП 3,05.06 - 85, в якості основного заходу захисту персоналу від ураження електричним струмом передбачено занулення елементів електрообладнання.

### **Вимоги безпеки до посудин, які працюють під тиском**

Апарат нанофільтрації відноситься до посудин які працюють під тиском. Небезпека при експлуатації полягає у можливому раптовому вибуху великої потужності за рахунок вивільнення енергії адіабатичного розширення пари або газу. Так при вибуху посудини яка знаходь. під тиском 1 МПа, при її об'ємі 1м<sup>3</sup>,вивільняється енергія 10 МВт.

Тому, потрібно дотримуватись вимог безпеки при експлуатації такого обладнання. Залежно від конструкції обладнання його оснащують контрольно - вимірювальними приладами, запобіжними пристроями, засобами автоматизації, запірною арматурою.

Для своєчасного виявлення можливих дефектів об'єктів, що працюють під тиском, проводиться технічний огляд і випробуванню до пуску, періодично у процесі експлуатації та позапланово.

### **Пожежна безпека**

Приміщення, в якому встановлено нанофільтраційну установку, за вибухо- пожежною небезпекою відноситься до категорії Д (пожежонебезпечне). Повітря в приміщення відділення приміщенні сухе.

В приміщенні передбачені шляхи евакуації і виходи, встановлено стаціонарну систему пожежогасіння з швидкодіючими світло - димовими

датчиками. Також у відділенні присутні стенди з первинними засобами пожежогасіння, а саме внутрішньо пожежні крани, вогнегасники, ломи, сокири та відра.

У разі виникнення пожежі в відділенні де знаходиться нанофільтраційна установка, обладнання потрібно гасити порошковими, повітряно - пінними або вуглекислотними вогнегасниками. Також, на молочному заводі передбачено запас води на пожежогасіння.

### Розрахунок води на пожежогасіння

Основні вимоги до улаштування протипожежного водопостачання визначені СНиП 11-31-74.

Розрахунковий запас води при 3 - годинному пожежогасінні визначається із формули, м<sup>3</sup>:

$$Q=3 \cdot 3600(n_1+n_2)/1000$$

де: 3600 і 1000 - переводні коефіцієнти відповідно годин - в секунди і літрів - в м<sup>3</sup>;

$n_1$  - потреба води на внутрішнє (5 л/с) пожежогасіння;

$n_2$  - потреба води на зовнішнє пожежогасіння (табл.1).

Табл. 10.1. Потреба води на зовнішнє пожежогасіння

Ступінь вогнестійкості будівель і споруд	Категорія виробництва по вибухопожеженбезпеці	Витрати води, л/с, на одну пожежу при об'ємі будівлі, тис.м <sup>3</sup> ( $n_2$ )						
		до 3	більше 3 до 5	більше 5 до 20	більше 20 до 50	більше 50 до 200	більше 200 до 400	більше 400
I і II	Г і Д	10	10	10	10	15	20	25
I і II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25			
III	В	10	15	20	30			
IV і V	Г, Д	10	15	20	30			
IV і V	В	15	20	25				

Отже:

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 15)}{1000} = 216 [l^3]$$

Приймаємо об'єм резервуару з водою 250 м<sup>3</sup>.

У разі пожежі або інших непередбачуваних (аварійних) ситуаціях у відділенні є два шляхи евакуації людей. Розташовують виходи з протилежних сторін будівлі або розсерджено. У разі потреби одним шляхом евакуації може бути вікно з пожежною драбиною.

### **Пропозиції щодо покращення умов праці**

Для виконання необхідних обсягів роботи, персоналу підприємства необхідно:

- підтримувати оптимальні параметри мікроклімату;
- забезпечувати оптимальні режими праці і відпочинку працюючих;
- облаштовуючи робочі місця додатковими приладами, які покращать умови праці.

До таких приладів належать:

- засоби автоматизації;
- прилади контролю стану робочого середовища.

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті удосконалено лінію для ультрафільтрації молока продуктивністю 5 м<sup>3</sup>/год за рахунок встановлення мікрофільтраційного апарату на етапі попередньої підготовки молока. Це дозволило знизити рівень забрудненості мембран залишками жиру та крупними фракціями казеїну, що збільшило тривалість роботи обладнання між регенераціями на 35 %.

В роботі проведено розрахунки необхідної площі мембран з врахуванням їх селективності по білковим сполукам, розраховано на міцність елементи, що працюють під тиском, описано заходи монтажу обладнання та заходи з охорони праці під час його експлуатування.

Виконано 5 креслень формату А1, що в повній мірі відображають та пояснюють суть модернізації лінії для ультрафільтрації молока продуктивністю 5 м<sup>3</sup>/год.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Висновки</b>	<b>210718.KP.03.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимук І.В.		<i>Інд.</i> 000000	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Вінниця: Нова книга, 2007. 648с.
2. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. Вінниця: Нова книга, 2004. 288с.
3. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В.Г. Мирончука. К.: НУХТ, 2017. 162с.
4. Заплетніков І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М.Заплетніков, В.Г.Мирончук, В.М.Кудрявцев. К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. 344с.
5. Чепелюк О.О., Єщенко О.А., Доломакін Ю.Ю.. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. К.: НУХТ, 2017. – 311с.
6. Сухенко Ю.Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підруч. для студентів ВНЗ / Ю.Г.Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко. К.: НУХТ, 2010. 547 с.
7. Домарецький В.А. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, М.М.Калакура, Л.Ф. Романенко. – К.: Университет "Україна", НУХТ, 2010. 814 с.
8. Соколенко А.И. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко К.: Арт Эк. 2004 304 с.
9. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов./ М.: Пищевая промышленность, 2007. 580 с.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олшевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ткаченко А.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> ВИСНОВКИ	210718.KP.03.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Явчук ІВ		<i>Інд</i> ---	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

10. Мирончук В.Г. Вибір та розрахунок обладнання цукробурякових заводів. / Мирончук В.Г., Лагода В.А., Пушанко М.М. Київ, УДУХТ, 1999, 56 с.

11. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П.Паламарчук, В.В.Яськов. 32 Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. 336 с.

12. Антипов, С.Т. Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов : в 2-х кн. / под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. М.: Высшая школа, 2001. 1383 с.

13. Соколенко А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / А.І.Соколенко, О.Ю.Шевченко, В.А.Піддубний. Київ, "Люксар", 2008. 443 с.

14. Фокин, В.М. Основы энергосбережения в вопросах теплообмена. / В.М.Фокин, Г.П.Бойков, Ю.В.Видин. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2005. 192 с.

15. Соколенко А.І. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях /А.І.Соколенко, А.А.Мазаракі, О.Ю.Шевченко, В.А.Піддубний, В.О.Сукманов. К.: Фенікс, 2011. 536 с.

16. Пищевая инженерия : справочник с примерами расчетов / К.Дж.Валентас, Є.Ротштейн, Р.П.Сингх. М.: ДеЛи принт, 2004. 848 с.

17. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник /І.П.Паламарчук, П.С.Берник, З.А.Стоцько, В.В.Яськов. Львів: Бескид Біт, 2006. 368 с.

18. Рвачов В.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: навчальний посібник для студентів механічних фахів / В.В.Рвачов. Одеса: Астропринт, 2001. 320 с.

19. Тимингс Р. Л. Справочник инженера-механика / Р. Л. Тимингс / под ред. Ю. И. Шкадиной; пер. с англ. М. : Техносфера, 2008. 632 с.

20. Остриков, А.Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств: учебник / А.Н.Остриков, О.В.Абрамов. – СПб.: ГИОРД, 2003. 352 с.

21. Система управління безпекою харчових продуктів. Вимоги: ДСТУ 4161:2003. – [Чинний від 2003-07-01.]. К.: PELTA.ORG, 2003. 13 с. (Національний стандарт України).



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A1			210718.KP.03.001.3B	Загальний вигляд		
				Складальні одиниці		
		7	210718.KP.03.001.100.CK	Зворотній клапан	2	
		8	210718.KP.03.001.200.CK	Зворотній клапан	1	
		2	210718.KP.03.001.300.CK	Вентиль	4	
		4	210718.KP.03.001.400.CK	Вентиль подачі сироватки	1	
		6	210718.KP.03.001.500.CK	Манометр	2	
A1		3	210718.KP.03.002.CK	Модуль ультрафільтраційний капілярний	12	
		5	210718.KP.03.001.600.CK	Насос відцентровий	2	
		1	210718.KP.03.001.700.CK	Ротаметр	2	
210718.KP.03.001.CK						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разрад.		Ткаченко А.В.				
Пров.		Олішевський В.В.				
Н.контр.						
Утв.		Якимчук М.В.				
Ультрафільтраційна установка				Лит.	Лист	Листов
					1	1
ОХ-4-7СК						