

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
*кафедра процесів, обладнання та енергетичного менеджменту*



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Модернізація пастеризатора для сироватки перед розливом

Здобувача Мадані А.

IV курсу Групи ПМ-41

Керівник: професор Ватренко О. В.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від \_\_\_\_\_ 2023 р., протокол № \_\_\_\_.

Завідувач(ка) кафедри ПО та ЕМ \_\_\_\_\_ Олег Бурдо

Одеса – 2023

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Низькотемпературної техніки та інженерної механіки

Кафедра: Процесів, обладнання та енергетичного менеджменту

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма: «Інженерна механіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри

«    » . \_\_\_\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мадані Аммара

1. Тема роботи: Модернізація пастеризатора для сироватки перед розливом.

Затверджена наказом ОНТУ від 17.08.2022 р. наказ № 463-03.

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 10.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи: продукт: молочна сироватка, початкова температура продукту  $t_n = 6^\circ\text{C}$ , температура пастеризації  $t_{наст} = 76^\circ\text{C}$ .  
продуктивність  $M = 10000$  кг/год.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

опис технологічного процесу;

критичний огляд теплообмінного обладнання;

технічне завдання;

розрахунок підігрівача, розрахунок рекуператора, правила охорони праці.

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

6 аркушів:

1. Схеми технологічні існуюча і нова – 2 листа.

2. Загальний вигляд.

3. Загальний вигляд лист 2.

4. Секція.

5. Лист деталювання.

Специфікації до відповідних креслень.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділи	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1-4	Проф. Ватренко О.В.		.
Розділ 5	Доц. Всеволодов О.М.		

7. Дата видачі завдання: 20.02.2023 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Ватренко О.В.  
Завдання прийняв  
до виконання \_\_\_\_\_ Мадані А.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Опис технологічного процесу; загальний вигляд машини	з 20.02.23 р. до 15.03.2023 р.	
2.	Критичний огляд теплообмінного обладнання, Загальний вигляд 2-й лист.	з 15.03.23 р. до 20.04.23 р.	
3.	Технічне завдання; розрахунок підігрівача. Схеми технологічні.	з 20.04.23 р. до 10.05.23р.	
4.	Розрахунок рекуператора. Секція.	з 20.04.23 р. до 10.05.23 р.	
5.	Правила охорони праці. Деталювання.	з 10.05.23 р. до 30.05.23 р.	
6.	Оформлення роботи та рецензування	з 30.05.23 р. до 10.06.23 р.	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Мадані А.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ватренко О.В.

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Мадані А.

## Зміст

Реферат.....	3
Вступ.....	4
1. Опис технологічного процесу.....	5
2. Критичний огляд теплообмінного обладнання.....	12
2.1. Класифікація та конструктивні особливості.....	
різних видів теплообмінників.....	12
2.2. Основні типи трубчастих теплообмінних апаратів.....	19
3. Технічне завдання.....	28
4. Технічний проект.....	35
4.1. Вихідні данні.....	35
4.2. Розрахунок підігрівача.....	35
4.3. Розрахунок рекуператора.....	40
5. Охорона праці.....	48
Література.....	58

					<i>A9-КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>		
Змн	Арк.	№ докумен.	Підпис.	Дата			
Розроб.		Мадані			Лім.	Лист	Листів
Перев.		Ватренко			2	72	
Н. контр.					<i>Модернізація пастеризатора для сироватки перед розливом</i> <i>КРБ.ПОта ЕМ.1.463-03.4.2</i>		
Затв.		Бурдо					

## Реферат

Проект на тему розробки технологічної лінії та розрахунку пастеризатора для сироватки перед розливом. До проекту входять дві частини - графічна та розрахункова.

Розрахункова частина містить:

- опис технологічного процесу виготовлення сироватки;
- критичний огляд обладнання для теплообмінних процесів;
- технічне завдання на проектування;
- розрахунки підігрівача та рекуператора;
- питання техніки безпеки.

Графічна частина:

- креслення трубчастого пастеризатора;
- креслення секція;
- деталювання;
- технологічні схеми.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						3
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

## Вступ

Теплообмінні апарати в молочній промисловості мають надзвичайно широке технологічне призначення. Це підігрівачі, охолоджувачі, пастеризатори, стерилізатори. Вони входять до складу багатьох технологічних ліній і є окремими елементами інших апаратів, наприклад, вакуум-випарних установок, коагуляторів, стерилізаторів.

Щодо способу передачі теплоти їх можна поділити на два типи: поверхневі (рекуперативні), в яких теплообмін здійснюється через розділювальну стінку, і теплообмінники змішування, в яких теплообмін проходить шляхом безпосереднього змішування продукту з гарячим теплоносієм. За конструктивним виконанням теплообмінники є пластинчасті, трубчасті, ємнісні, зрошувальні. За організацією технологічного процесу — періодично- і неперервнодіючі.

Вибір апарату, який використовується в технологічному процесі, залежить від фізико-хімічних властивостей продукту, режимів обробки і необхідної продуктивності.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						4
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

## 1. Опис технологічного процесу

### 1.1 Харчова цінність сироватки.

Людський організм може існувати лише за умови постійного обміну живильних речовин і води. Обмін води й пов'язані з ним фізіологічні й біохімічні процеси мають важливе значення для життя людини. Відомо, що без їжі людина може прожити більше місяця, а без води тільки кілька діб. Середня потреба дорослої людини у воді становить 2-3 л у добу. Потреба у воді покривається приблизно на 82% їжею й на 18% напоями.

Необхідність повної переробки молочної сироватки і зниження її втрат обумовлена не тільки економічною доцільністю випуску нових молочних продуктів, але також і необхідністю охорони навколишнього середовища.

Сироватка молочна – це плазма молока, яка переважно містить воду, лактозу та мінеральні солі, одержана термомеханічним обробленням молочного згустку чи ультрафільтрацією.

При традиційних способах оброблення молока, які мають місце при виробництві сичужних та кисломолочного сирів, казеїну, білкових концентратів і ґрунтуються на біотехнології з використанням заквасок і ферментів або кислот і солей разом з тепловим обробленням, отримують підсирну, сирну, казеїнову та копреципітатну (хлоркальцієву) сироватку. Нетрадиційні способи оброблення молока базуються на молекулярно-ситовій фільтрації, електрофізичній дії та термодинамічній несумісності казеїнових фракцій молочних білків з полісахаридами. В цьому випадку отримують білковий концентрат і ультрафільтрат або безказеїнову фазу. За своїм складом і властивостями ультрафільтрат і безказеїнова фаза аналогічні молочній сироватці.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						5
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			



майже у 1,5 рази перевищує такий у молоці знежиреному. Сироваткові білки – цінне джерело аргініну, гістидину, метіоніну, триптофану та лейцину; вони використовуються організмом людини для структурного обміну, в основному, для регенерації білків печінки, утворення гемоглобіну та плазми крові. Біологічна цінність сироваткових білків перевищує біологічну цінність білків курячого яйця, тому для забезпечення добової потреби людини в незамінних амінокислотах потрібно 28,4 г загального білка коров'ячого молока, 17,4 яєчного і 14,5 г сироваткових білків у нативному стані.

Мінеральний та вуглеводний склади молочної сироватки практично ідентичні такому у молоці незбираному. До молочної сироватки переходять практично всі водорозчинні вітаміни молока.

Молочного жиру сироватка містить незначну кількість (0,02...0,50 %), однак, «якість» цього жиру висока, в тому числі й у відношенні антиатеросклеротичного напрямлення, оскільки жир сироватки містить підвищену кількість цінних поліненасичених жирних кислот у порівнянні з молоком.

Таким чином, вторинна молочна сировина є цінною у біологічному відношенні, її доцільно використовувати для виробництва молочних продуктів.

## 1.2 Технологічний процес виготовлення сироватки

Пастеризацію молочної сироватки на практиці проводять по одному з режимів: низькотемпературного (повільного), тобто при температурі 63 – 65 °С з витримкою 30 хв, або швидкому при температурі 72 °С з витримкою 15 – 20 с.

Обидва методи мають свої переваги і недоліки. При пастеризації за першим режимом не відбувається інтенсивного утворення пригару на гріючих поверхнях пастеризаційних апаратів, однак метод потребує значних витрат часу або додаткових ємностей для витримки сироватки при температурі пастеризації. При пастеризації за другим режимом процес відбувається досить швидко, однак

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			7

потрібно більш часта чистка пастеризаційних установок від пригару. Той чи інший метод пастеризації молочної сироватки використовують в залежності від конкретних умов на виробництві.

Модернізований пастеризатор трубчастого типу планується встановити в лінії виробництва сухого концентрату сироваткових білків ультрафільтрацією (КСБ-УФ).

### **Технологічний процес виробництва КСБ-УФ**

Для отримання сухого концентрату сироваткових білків застосована лінія APV (Данія) (рис.1.1), що складається з трьох ділянок: теплової обробки сироватки, ультрафільтрації та сушки.

Технологічний процес здійснюється наступна чином. З сирцеху по трубопроводу через лічильник охолоджена підсирна сироватка подається в резервуари 1 для проміжного зберігання.

З резервуара 1 сироватка надходить на підігрівач 2, де підігрівається до температури 35-40 °С, далі на сепаратор для сироватки 3, де відбувається видалення казеїнового пилу і підсирних вершків. Вершки направляють в резервуар РЧ-ОТН-2 4, а знежирену сироватку охолоджують на пластинчастому охолоджувачі 5 та резервують для проміжного зберігання у ємності 6. З резервуару 6 насосом 6-1 знежирену сироватку перекачують для пастеризації у трубчастий пастеризатор, модернізований на кафедрі процесів, обладнання та енергетичного менеджменту ОНТУ 7. Режим пастеризації: температура сироватки 74±2 °С, витримка 15-20 секунд. Трубчастий пастеризатор являє собою теплообмінник типу «труба в трубі».

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

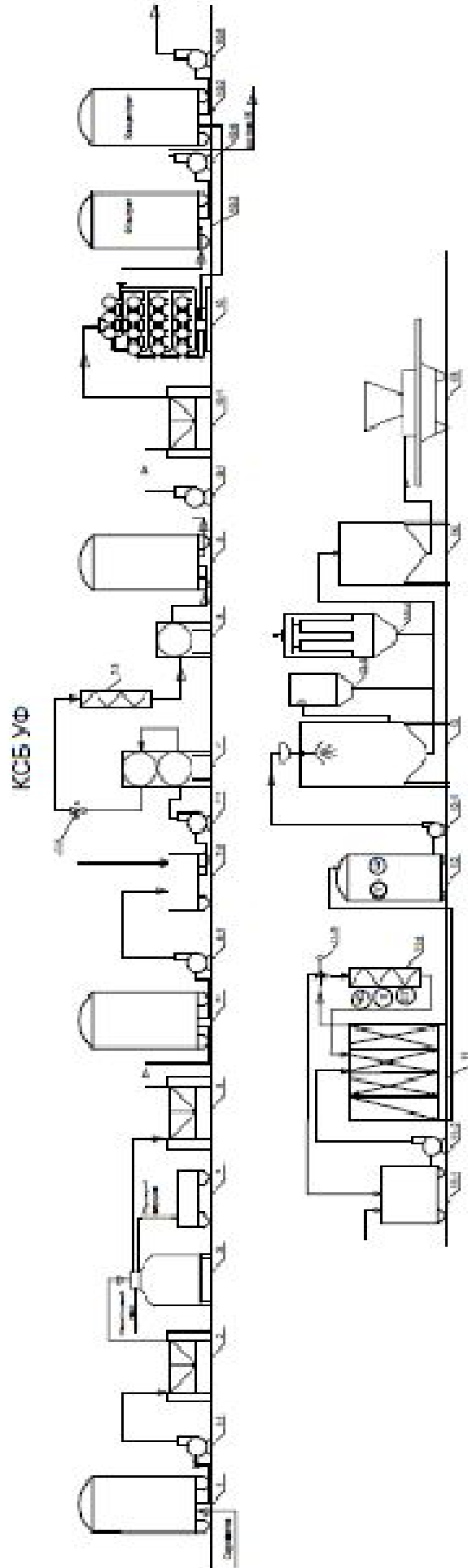


Рис. 1.11 Лінія  
виробництва КСБ-УФ.

Арк.	№ документи	Підп.	Дата	

*A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ*

Арк.

9

Пастеризатор працює наступним чином: продукт подається в бак звідки насосом перекачується в 1 секцію рекуперації, де підігрівається гарячим стерильним продуктом після секцій пастеризації та витримувачів (2 шт). Продукт проходить послідовно усі секції рекуперації і підігрітий до 55°C заходить у секції пастеризації, де пастеризується паром. З секції пастеризації стерильний продукт направляється на витримувачі, звідки іде на останню 14-ту секцію рекуперації. Продукт проходить послідовно усі секції рекуперації і охолоджений до 27°C виходить з трубчастого пастеризатора.

Для доохолодження пастеризовану і частково охолоджену сироватку перекачують у трубчастий охолоджувач, де сироватка охолоджується до температури  $4\pm 2$  °C, а потім її направляють до резервуарів для проміжного зберігання перед ультрафільтрацією.

Ультрафільтрація - це процес баромембранного поділу, а також фракціонування і концентрування речовин, що здійснюються шляхом фільтрування рідини під дією різниці тисків до і після мембрани. Розмір пор ультрафільтраційних мембрани варіюється від 0,01...0,1 мкм, тиск 0,1...1,0 МПа.

Використовуючи ультрафільтрацію при переробці молока, отримують два різних за складом і властивостями продукти: рідкий концентрат білків і фільтрат, який є розчином молочних компонентів (вуглеводи, мінеральні речовини, кислоти, низькомолекулярні азотисті речовини).

В роботі обраний трубчастий ультрафільтраційний модуль з керамічними мембранами. Трубчасті мембранні елементи знаходять більше застосування для фільтрування в'язких середовищ. У таких мембранах можна створити дуже високі швидкості потоку навіть до 15 м/с внаслідок чого негативний вплив концентраційної поляризації в таких мембранах мінімальний. Керамічні мембрани мають вигляд одноканальних трубчастих керамічних елементів.

Ультрафільтраційна мембранна установка складається з декількох фільтрувальних контурів до складу яких входять: мембранний модуль, система

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			10

трубопроводів для подачі рідини й відводу концентрату й фільтрату; циркуляційного насоса, теплообмінника, КВП (контрольно-вимірювальних приладів) й арматури (крани, вентиля...). Мембранна установка має ємності для вихідної рідини, концентрату й фільтрату.

Фільтраційний модуль побудований за принципом циркуляційної петлі для створення режиму фільтрації в поперечному потоці (тангенціальної фільтрації).

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						11
	Арк.	№ документи	Підп.	Дата		

## 2. Критичний огляд теплообмінного обладнання

### 2.1 Класифікація та конструктивні особливості різних видів теплообмінників

Усі теплообмінники діляться за способом передачі теплоти на дві великі групи: поверхневі і змішувальні. Поверхневі теплообмінники характеризуються так званою поверхнею теплообміну або стінкою, яка відокремлює різні теплоносії один від одного, і беручи участь в процесі теплообміну вони по черзі контактують з нею. Залежно від функціонального призначення теплообмінного апарата ця поверхня нерідко може називатись поверхнею нагріву або охолодження. Якщо в апаратах здійснюється безпосереднє змішування теплоносіїв, в цьому випадку теплообмін здійснюється внаслідок безпосереднього контакту і змішування гарячого й холодного теплоносіїв.

У свою чергу поверхневі теплообмінники, ділять на рекуперативні і регенеративні. В рекуперативних теплообмінниках поверхня теплообміну з одного боку безперервно омивається гарячим теплоносієм, а іншого – холодним. Передача тепла між теплоносіями здійснюється через стінку з теплопровідного матеріалу, що їх розділяє. Напрямок теплового потоку в стінці лишається сталим. В регенеративних теплообмінниках одну й ту саму поверхню теплообміну поперемінно омивають то гарячий, то холодний теплоносії. Теплообмінник заповнюється твердими тілами (насадкою), які під час контакту з гарячим теплоносієм, тобто у період нагрівання, акумулюють теплоту. Потім, період охолодження, теплота віддається рухомому холодному теплоносію. Напрямок теплового потоку в стінках періодично змінюється.

У харчовій промисловості в процесах нагрівання й охолодження використовують головним чином рекуперативні теплообмінники. Тому далі під назвою «поверхневі теплообмінники» або просто «теплообмінники» будемо мати на увазі рекуперативні теплообмінники.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			12

Розглянемо класифікацію теплообмінників.

- за видом агрегатного стану теплоносіїв – паро-рідинні, парогазові, газорідинні, газо-газові;
- за видом поверхні теплообміну – трубчасті апарати з прямими трубками, трубчасті апарати з  $U$  - подібним трубним пучком, спіральні;
- пластинчасті, ребристі, змійовикові;
- за компонуванням поверхні теплообміну – трубчасті, типу «труба в трубі», оболонкові, зрошувальні, заглибні.

Окрім вищенаведених головних класифікаційних ознак, теплообмінні апарати можна класифікувати за деякими додатковими ознаками. Залежно від напрямку потоків теплоносіїв усі поверхневі теплообмінні апарати можна класифікувати на:

- прямоточні - обидва теплоносії рухаються паралельно в одному напрямку;
- проти точні - обидва теплоносії рухаються в протилежних напрямках назустріч один одному;
- з перехресною течією – теплоносії рухаються взаємно перпендикулярно;
- із схемами різного поєднання прямотечії, протитечії і перехресної течії.

Крім того, теплообмінники класифікують за призначенням (підігрівачі, охолоджувачі, тощо), за числом ходів теплоносія і т. і.

Найбільш поширеними в харчовій промисловості є трубчасті теплообмінники. Вони, дозволяють створювати значні поверхні теплообміну в одному апараті, конструктивно прості й надійні в експлуатації.

Вертикальний трубний одноходовий теплообмінник містить корпус, приєднані за допомогою фланців або приварені до нього нерухомі трубні решітки, пучок труб, кінці яких закріплені в трубних решітках шляхом розвальцювання або зварювання. Один теплоносій рухається всередині труб, а інший - у міжтрубному просторі.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			13

Оскільки швидкість руху теплоносіїв в одноходових теплообмінниках мала вони мають низький коефіцієнт тепловіддачі. Для збільшення швидкості руху теплоносіїв, використовують багатохідні теплообмінники. В них пучок труб розділений на кілька секцій (ходів), шляхом встановлення у кришках поперечних перегородок, по яких теплоносій проходить послідовно. За допомогою ряду сегментних перегородок швидкість руху теплоносія можна підвищувати. З двох теплоносіїв, які рухаються в трубах, пріоритетним для збільшення швидкості руху є той, який при теплообміні має вищий термічний опір.

Розташування труб в трубних решітках виконується як правило по периметрах правильних шестикутників. За цією схемою, виходять з кількості труб  $a$ , розміщених на стороні найбільшого шестикутника, обчислюють загальну кількість  $n$  труб у теплообміннику.

Апарати типу «труба в трубі». Ці теплообмінники містять кілька послідовно з'єднаних секцій, які складаються з двох концентрично розміщених труб (рис. 2.1). У внутрішніх трубах рухається один теплоносій, а у порожнинах між внутрішніми 1 і зовнішніми 2 трубами – інший. Внутрішні труби окремих секцій послідовно з'єднані колінами (калачами) 3, а зовнішні відповідно – патрубками 4.

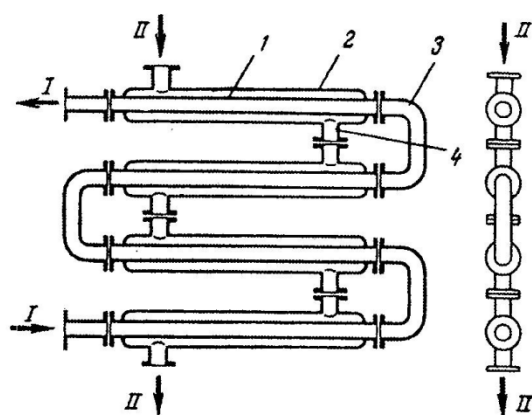


Рис. 2.1 Схема теплообмінника типу «труба в трубі».

Невеликий поперечний переріз в теплообмінниках «труба в трубі» сприяє досягненню високих швидкостей руху теплоносіїв (для рідин 1,0 ... 1,5 м/с) і

					A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			14





До недоліків спіральних апаратів можна віднести складність виготовлення та низький робочий тиск – до  $10^6$  Па.

Пластинчасті теплообмінники. В сучасному виробництві рідких харчових продуктів для пастеризації і охолодження молока, пива, вина та інших продуктів, а також для нагрівання дифузійного соку широко використовуються пластинчасті теплообмінники (рис. 2.5, а). Поверхня теплообміну в них формується рельєфними штампованими пластинами 2, розташованими паралельно. В зборі пластини стиснуті між собою за допомогою нерухої 1 та рухої 3 плит. Ущільнення між пластинами фіксується гумовими прокладками. Велика прокладка 4 (мал. 2.5, б) герметизує канал для руху рідини I між пластинами крізь отвори 5 і 6. У протитечії до рідини I через отвори 8 і 9, які герметизуються малими кільцевими прокладками 7, подається і відводиться рідина II. Рідина, яка обробляється у пластинчастому теплообміннику, переміщується вузькими каналами шаром товщиною 3...6 мм, що сприяє інтенсифікації процесу теплообміну. Переваги пластинчастих теплообмінників сприяють розширенню їх застосуванню на підприємствах харчової промисловості. Основним недоліком цих апаратів є наявність великої кількості довгих ущільнювальних прокладок.

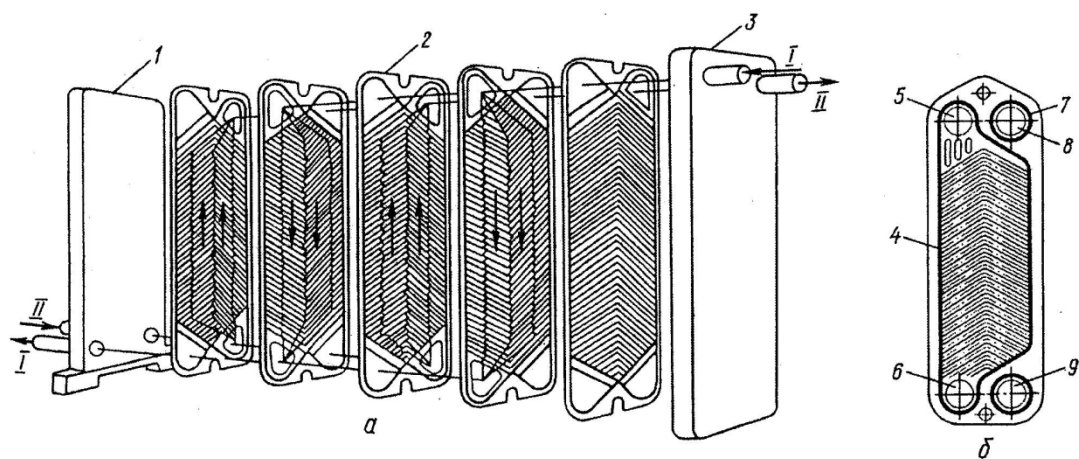


Рис. 2.5. Схема руху робочих теплоносіїв в одно пакетному пластинчастому теплообміннику (а) і схема пластини (б).

					A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			17

Ребристі теплообмінники. Для теплоносія, що характеризується низьким значенням коефіцієнта тепловіддачі, задля більшої компактності теплообмінників використовують вторинні поверхні (ребра) з боку цього теплоносія. На рис. 2.6 зображена поверхня, утворена круглими ребрами 2, закріпленими на зовнішній поверхні труб 1. Подібна конструкція нерідко використовується у теплообмінниках газ - рідина або газ - пара, в яких для оптимізації конструкції поверхня з боку газу повинна мати максимальну протяжність, наприклад в парових калориферах, в сушильних установках, та в апаратах повітряного охолодження.

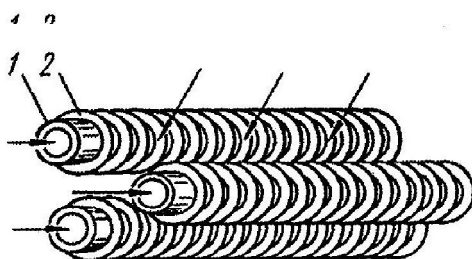


Рис. 2.6. Поверхня труб ребристого теплообмінника

Оболонкові теплообмінники. Крім нагрівання й охолодження вони використовуються для реалізації інших технологічних процесів. В них поверхню теплообміну являють стінки самого апарата (рис.. 2.7). Корпус 2 забезпечується сорочкою 3, яка кріпиться за допомогою фланцевого з'єднання 1. У порожнині між сорочкою і корпусом апарата циркулює теплоносій I, в апараті – теплоносій II. Обмеження для цих апаратів полягає в невеликих поверхнях теплообміну (до 10 м<sup>2</sup>) і тиску в сорочці (до 1 МПа).

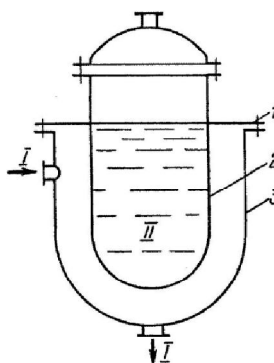


Рис. 2.7. Схема оболонкового теплообмінника

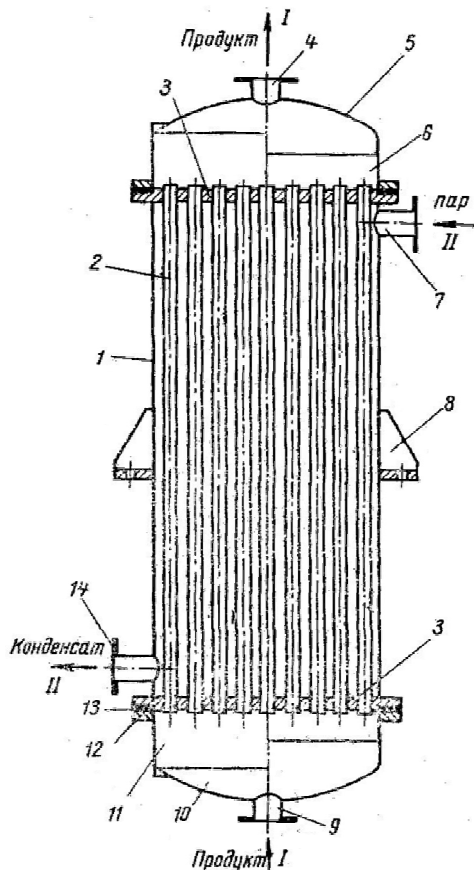
					A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			18

## 2.2. Основні типи трубчастих теплообмінних апаратів.

Апарати цього типу широко застосовуються в харчовій промисловості. Як показує класифікація, вони бувають однокорпусні, і багатокорпусні, однохідні і багатохідні. За жорсткістю конструкції їх ділять на жорсткі, нежорсткі й напівжорсткі.

### Жорсткі апарати

На рис. 2.8 зображений вертикальний однохідний трубчастий апарат жорсткої конструкції. Він складається з кожуху 1 в якому розміщена трубчатка, до складу якої входить пара трубних грат 3 між якими розміщений пучок нагрівальних трубок 2, кінці яких розвальцьовані в отворах грат. В апараті є патрубки 9 і 4 для підведення й виведення продукту. Пара для підігріву надходить через патрубок 7, а конденсат видаляється через патрубок 14. Для встановлення та фіксації апарата служать лапи 8. Верхня та нижня продуктової камери 6 і 11 виконані з циліндричних обичайок з приварними, наприклад еліптичними відбортованими днищами



виконані з циліндричних обичайок з приварними, наприклад еліптичними відбортованими днищами

Рис. 2.8. Однохідний трубчастий апарат жорсткої конструкції:

1 - кожух; 2 - нагрівальні трубки; 3- трубні грати; 4 - патрубок для відводу продукту; 5 - верхнє днище; 6 і 11 - продуктової камери; 7 - патрубок для подачі пари, що гріють; 8 - опорна лапа; 9 - патрубок для подачі продукту; 10 - днище; 12 - фланець; 13 - прокладка; 14 - патрубок для відводу конденсату.



тору, зображена на рис. 2.10. Дві перегородки ділять міжтрубний простір на три секції - А, Б і В так, що теплоносій II, який рухається зовні трубок, проходить їх послідовно.

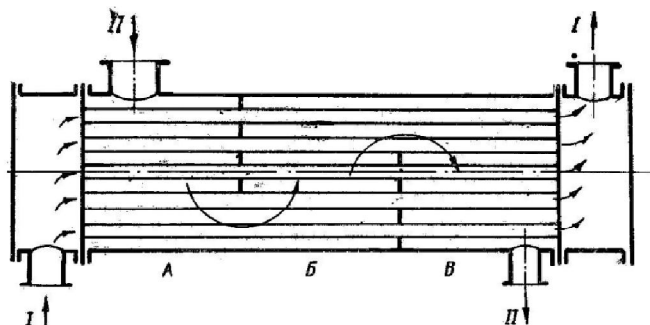


Рис. 2.10. Схема багатогодового апарата в трубчастому просторі

На рис. 2.11 дана конструкція апарата змішаної течії. По руху теплоносія I в трубному просторі цей апарат є двохідним, а по руху теплоносія II в міжтрубному просторі п'ятихідним.

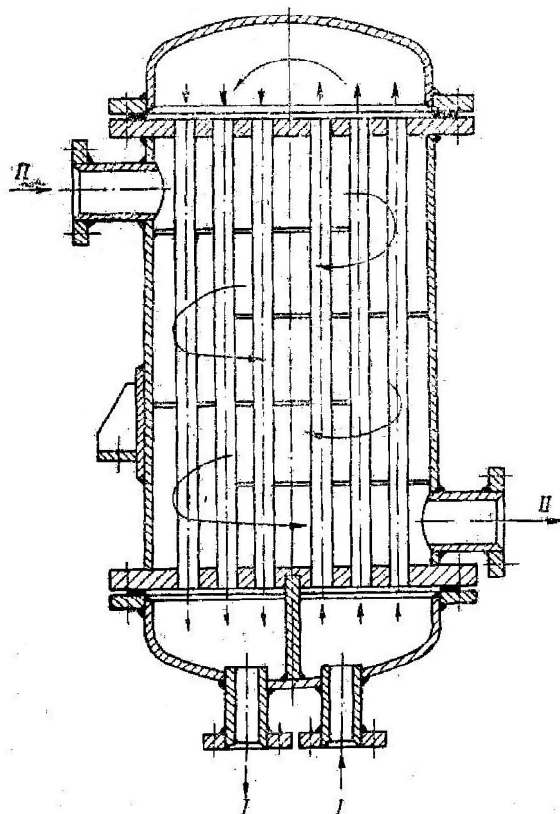


Рис. 2.11. Багатохідний апарат в трубчастому просторі.

Види кріплення трубних ґрат.

Трубки повинні бути міцно і щільно з'єднані із трубними ґратами. Їх з'єднання виконується у різний спосіб. Кінці трубок і отворів в трубних ґратах перед вальцюванням повинні ретельно оброблятися (різниця в зазорі між ними не повинна перевищувати 1% від діаметра). Після того як кінці трубок вставляються в отвори ґрат, роликми вальцювання піддають кінці трубок внутрішньому обкатуванню.

В результаті в стінках трубок виникають залишкові пластичні, а в трубних ґратах - пружні деформації, завдяки чому на поверхні контакту трубок і трубних ґрат після розвальцювання виникає значний контактний тиск і кінці трубок будуть щільно стиснутими. Міцність з'єднання збільшують шляхом застосовують розвальцювання під конус або з канавками в отворах трубної решітки.

Зварювання трубок з ґратами надає з'єднанню високу міцність. Але у випадку пошкодження трубки її заміна неможлива. В апаратах, виготовлених з міді й латуні застосовується припаювання трубок.

Оглядові вікна, які служать для спостереження за рівнем рідини і процесом в теплообмінних апаратах, виконують круглими або прямокутними.

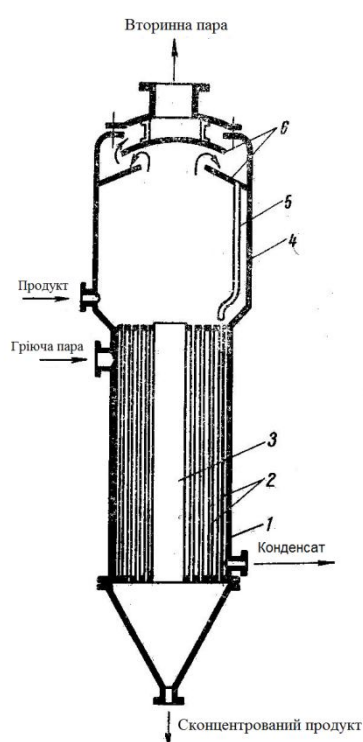
Скло в круглих вікнах приймають діаметром 60 або 165 мм і товщиною відповідно 10 і 20 мм. Для встановлення скла застосовують м'які прокладки між двома кільцями, одне з яких приварено до корпусу, а інше фіксується шпильками.

Застосовуються також вікна з прямокутним склом перетином 17x34 мм і довжиною до 320 мм. На поверхні такого скла виконують поздовжні канавки, які, розсіюють світло і полегшують спостереження.

До трубчастих апаратів жорсткої конструкції відносить випарний апарат із циркуляційною трубою (рис. 2.12). Його схема є основою значної кількості конструкцій апаратів у харчовій промисловості. Камера містить пучок трубок 2,

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			22

які нагрівають зовні паром. Кріплення трубних грат з кожухом 1 – жорстке. Циркуляційна труба 3 розташована по осі камери, що гріє. З парового простру випарної камери 4 вторинна пара, пройшовши сепаратор 6, видаляється до конденсатора, при цьому верхні кінці трубок з'єднані з камерою 4. Піднімаючись з апарата вторинна пара, стикається з відбивною тарілкою сепаратора змінюючи напрямок руху. Захоплені паром краплі продукту, втрачають швидкість і потрапляють на конічну тарілку з трубкою 5, а з неї повертаються в апарат.



*Рис. 2.12. Трубчастий випарний апарат жорсткої конструкції.*

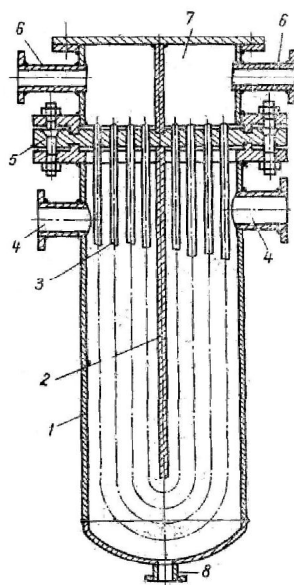
1 - кожух; 2 - нагрівальні труби 3 - циркуляційна труба; 4 - вакуум-камера; 5 - трубка для повернення вловлених крапель продукту; 6 - сепаратор.

Поверхня теплообміну цих апаратів складає  $25 \div 300 \text{ м}^2$ . Діаметр трубок - 38 або 57 мм, а їх довжина - 2000 - 4000 мм.

Апарати нежорсткої конструкції

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						23
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

В цих апаратів передбачена конструктивна можливість компенсації різниці температурних видовжень трубок і корпусу. Розрізняють апарати з U - подібними трубками, апарати з плаваючими головками (в них трубні ґрати, жорстко не скріплені з кожухом) і апарати із чепцевим кріпленням трубок у ґратах. Схема теплообмінника з U - подібними трубками наводиться на рис. 2.13. Цей тип апаратів відрізняється наявністю одних трубних ґрат, завдяки чому їхня вага знижується; значно спрощується обслуговування і догляд за апаратом; зростає надійність апарата. Проте через проблеми з санітарною обробкою внутрішніх поверхонь трубок і складністю їх виробництва ці апарати не знайшли широкого поширення.



*Рис. 2.13. Апарат з U - образними трубками.*

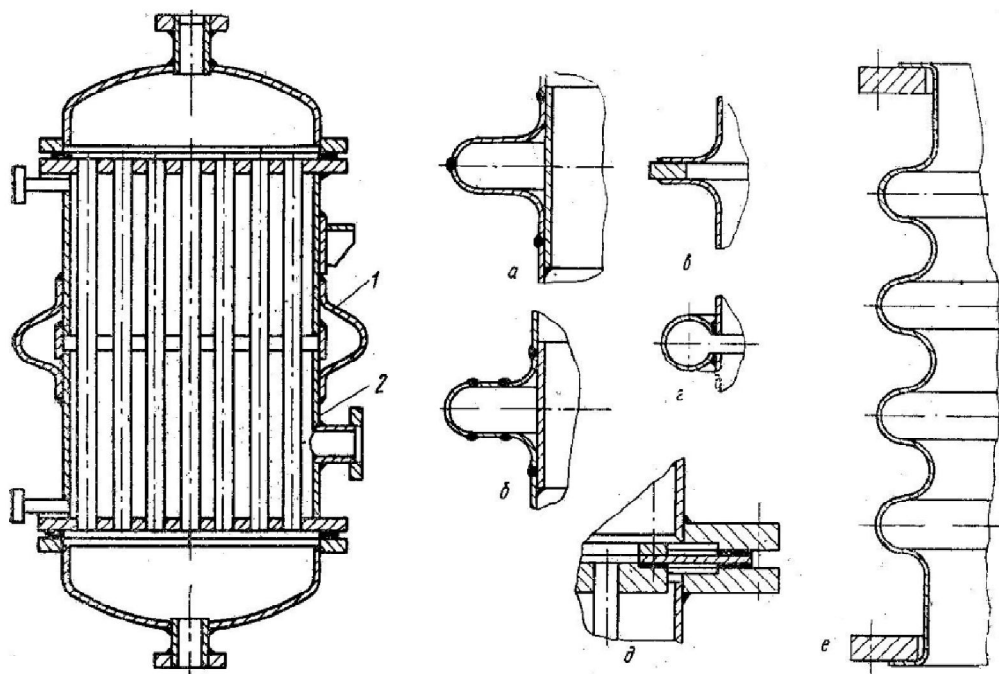
1 - кожух; 2 - перегородка; 3- трубчатка з трубок; 4 - патрубок для підведення пари; 5 - трубні ґрати; 6 - патрубки для підведення й відведення продукту; 7 - продуктова камера; 8 - патрубок для відведення конденсату.

Конструкція плаваючих головок є досить надійною. Трубчатка з нерухомими трубними ґратами розміщена в кожусі і затиснута у його фланці. В цьому ж кожусі розміщені плаваючі ґрати, до яких фланцями прикріплена кришка, що утворює продуктову камеру. Апарати із плаваючими голівками закритого типу витримують робочий тиск до 16 кг/см<sup>2</sup>.

					A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			24

### *Апарати напівтвердої конструкції*

Такі апарати (рис. 2.14) містять спеціальні компенсатори у вигляді деформаційних елементів напівтвердої конструкції - декількох температурних кільцевих хвиль, які називають лінзами 1 на кожусі 2 або пружних кільцевих пластин, які з'єднують трубні грати з фланцем кожуха. Лінзи бувають штампованими, виготовленими з кільцевого тороподібного елемента або мати вигляд кільцевої пластини із приварними частинами корпусу. Окрема лінза може забезпечити компенсації температурних деформацій порядку 4-5 мм, загалом лінзи можуть компенсувати деформації до 15 мм.



*Рис. 2.14. Теплообмінний апарат напівтвердої конструкції*

1 - лінза; 2 - кожух апарата; а - лінза, зварена із двох штампованих частин; б - лінза, виготовлена з тора, розрізаного на три частини, і двох плоских кілець; в - плоске кільце, приварене до відбортованих частин кожуха; г - тор із щільною, приварений до кожуха; д - кільцевий мембранний компенсатор; е - багато хвильовий компенсатор.

Арк.	№ документи	Підп.	Дата	

*A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ*

Арк.

25



зарекондували себе у випадках коли робочі середовища, що знаходяться під високим тиском. Позитивним фактором їх конструкції є відсутність перегородок, які збільшують гідравлічні опори та ступінь забруднення між трубного простору. Однак при цьому елементні теплообмінники більш громіздкі й більше дорогі в порівнянні із багатогодовими трубними теплообмінниками за рахунок високої металоємності. Як правило поверхня теплообміну окремої секції складає  $0,75 \div 30 \text{ м}^2$ , число трубок від 4 до 130.

На рис. 2.15 б схема двохтрубного теплообмінника типу "труба в трубі", що складається з послідовно з'єднаних секцій; кожна з них являє собою дві співвісні труби різних діаметрів. Ці апарати допускають високі тиски теплоносіїв, конструктивно прості і легко монтуються. Через досить високі швидкості рідин їм притаманні високі коефіцієнти теплопередачі. Їхніми недоліками є висока металоємність та складність санітарної обробки.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						27
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			



3.4.2 Досвід експлуатації аналогічного обладнання на заводах харчової промисловості.

### 3.5 Технічні вимоги

#### 3.5.1 Склад: пастеризатора трубчастого типу А9-КСЮ

- приймальний резервуар, 1 шт.;
- насос, 1 шт.;
- теплообмінник, 1 шт.;
- витримував, 2 шт.;
- рама, 1 шт.;
- електропневмообладнання;
- комплект запасних частин і приладдя.

3.5.2. Пастеризатор повинен забезпечувати знищення мікроорганізмів у продукті за допомогою обробки паром.

#### 3.5.3. Габаритні розміри апарату, мм

довжина до 5000

ширина: до 2000

висота: до 2750.

#### 3.5.4. Маса, кг 3100 – не більше.

3.5.5 Машина повинна встановлюватися в технологічних цехах молоко-переробних підприємств.

#### 3.5.6 Вимоги до засобів захисту і стійкості до миючих засобів:

- всі металеві поверхні апарата, які контактують з харчовим продуктом, повинні бути виконані з харчової корозійностійкої сталі;

					<i>А9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						29
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

- всі металеві поверхні апарата, які не контактують з харчовим продуктом, повинні бути виконані з технічної корозійностійкої сталі.

3.5.7 Конструкція машини повинна забезпечувати взаємозамінність, максимальне застосування стандартизованих виробів, уніфікованих деталей.

3.5.8 Вимоги до мийних засобів, мастил:

Машина повинна митися засобами, що застосовуються в харчовій промисловості для миття технологічного обладнання без пошкоджень і псування.

3.5.9 Запасні частини повинні забезпечувати роботу машини до першого капітального ремонту.

3.6 Показники призначення

3.6.1 Продуктивність: 10000 кг/год.

3.6.2 Встановлена потужність 4,0 кВт.

3.7 Вимоги до надійності

3.7.1 Ресурс до першого капітального ремонту, год. 6300

3.7.2 Термін гарантії, міс 18

3.7.3 Коефіцієнт готовності 0,95

3.7.4 Коефіцієнт технічного використання 0,94

3.7.5 Напрацювання на відмову, годину не менше 600

3.7.6 Вимоги до машини в плані стійкості від зовнішніх впливів вібрації та електричних магнітних полів не пред'являються.

3.8 Вимоги до технологічності

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						30
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

3.8.1 Спеціальні вимоги до технологічності не пред'являються.

3.9 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

- Коефіцієнт застосовності %, не менше 35
- Коефіцієнт повторюваності, не менше 2,5.

3.10 Вимоги до безпеки

3.10.1 При модернізації машина забезпечить виконання вимог безпеки обслуговуючого персоналу згідно:

ГОСТ 27-00-216-95 “ Система стандартів безпеки труда, машины и оборудование продовольственные. Общие требования безопасности”.

3.10.2 Звукова потужність, що випромінюється працюючим апаратом в режимі номінальної продуктивності в виробничому приміщенні не повинна створювати на робочому місці рівня звуку і рівня звукового тиску в октавних смугах частот спектра, що перевищують допустимі в гігієнічних нормах звукового тиску і рівня на робочих місцях. Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ГОСТ 8.088 - 93.

3.10.3 Рівні віброшвидкості в октавних смугах частот на робочому місці у жорстко закріпленої машини, що працює в режимі номінальної продуктивності, не повинні перевищувати допустимих "Санітарними нормами СН-245-91".

3.11 Вимоги дизайну й ергономіки

3.11.1 Вимоги дизайну.

- композиційне рішення машини повинно відповідати функціональному призначенню і бути технічно і економічно обгрунтованим;

- забезпечити єдність стильового рішення елементів форми машини;

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						31
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

- форма машини в композиційному відношенні повинна відповідати умовам експлуатації.

### 3.11.2 Ергономічні вимоги.

- допустимі зусилля, прикладені до робочих органів машини, а також допустима вага об'ємних елементів машини по ГОСТ 27-00-216-95.

- конструкція форми машини повинна забезпечити обслуговуючому персоналу легкість доступу до функціональних зон і безпеку роботи з її обслуговування.

### 3.12 Вимоги до складових частин продукції

3.12.1 Основним матеріалом для виготовлення машини нержавіюча сталь ГОСТ 977 - 98.

3.12.2 Застосовувані в машині матеріали і комплектуючі вироби повинні відповідати вимогам державних і галузевих стандартів, технічних умов.

### 3.13 Умови експлуатації

3.13.1 Сировина, що підлягає переробці, має відповідати вимогам стандартів і технічних умов.

3.13.2 Машина повинна забезпечувати якісну теплову обробку сироватки.

3.13.3 Машина повинна працювати на режимах при температурах навколишнього середовища від +10 до + 65°C.

3.13.4 Режим роботи – одна зміна на добу.

3.13.5 Обслуговування машини періодичне.

3.13.6 Обслуговуючий персонал -1 робітник.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						32
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

3.13.7 Після транспортування і зберігання апарат підлягає монтажу.

### 3.14 Вимоги до маркування та упаковки

3.14.1 Маркування та упаковка машини повинна відповідати вимогам ГОСТ 27-00-97-91 "Машини та обладнання продовольчі. Загальні технічні умови".

3.14.2 Консервація машини повинна проводитися відповідно до вимог ГОСТ 13168 - 99.

3.14.3 Апарат підлягає встановленню на полозах з частковою упаковкою.

### 3.15 Вимоги до транспортування і зберігання

3.15.1 Транспортування апарату може здійснюватися будь-яким видом транспорту у відповідності з їх правилами перевезень.

3.15.2 Спеціальні вимоги захисту від ударів при навантаженні і розвантаженні не передбачаються.

3.15.3 Упаковка і консервація повинні забезпечувати збереження апарату протягом 18 місяців з дня її відвантаження споживачеві.

### 3.16 Стадії і етапи розробки

При розробці конструкторської документації повинні бути наступні стадії і етапи розробки відповідно до ГОСТ 2.103-98.

3.16.1 Розробка технічного завдання, його погодження та затвердження.

3.16.2 Розробка документації на дослідний зразок:

- розробка конструкторських документів, призначених для виготовлення та випробування дослідного зразка;

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						33
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

- виготовлення і заводські випробування дослідного зразка;
- коригування конструкторських документів за результатами виготовлення і випробувань дослідного зразка;
- міжвідомчі випробування дослідного зразка;
- перший етап заводських випробувань проводиться на підприємстві виробнику, другий на підприємстві споживача.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						34
	Арк.	№ документи	Підп.	Дата		



$$\varepsilon = \frac{t'_p - t_n}{t_{\text{паст}} - t_n}; \quad (3.1)$$

де:  $t'_p$  - кінцева температура продукту нагрівання в рекуператорі.

$$0,7 = \frac{t'_p - 6}{76 - 6}; \quad 0,7 = \frac{t'_p - 6}{70}; \quad t'_p - 6 = 49; \quad t'_p = 55 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Приймаємо  $t'_p = 55^\circ\text{C}$ .

Корисну витрату тепла в підігрівачі визначаємо за формулою

$$Q_{\text{кор}} = G \cdot c (t_{\text{паст}} - t'_p); \quad (3.2)$$

де:  $G$  – секундна продуктивність підігрівача;

$c$  - теплоємність сироватки;  $c = 4,08 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ .

$$G = M / 3600 = 10000 / 3600 = 2,78 \text{ кг/с}. \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{кор}} = 2,78 \cdot 4,08 (76 - 55) = 238,1 \text{ кВт}.$$

Втрати тепла в навколишнє середовище приймаємо рівні 5% від корисної витрати тепла

$$Q_{\text{втр}} = 0,05 Q_{\text{кор}} = 0,05 \cdot 238 = 11,9 \text{ кВт}. \quad (3.4)$$

Загальні витрати тепла визначаємо як суму корисних втрат тепла та теплових втрат

$$Q = Q_{\text{кор}} + Q_{\text{втр}} = 238,1 + 11,9 = 250 \text{ кВт}. \quad (3.5)$$

Витрати гріючої пари

$$D = \frac{Q}{i'' - i'}; \quad (3.6)$$

де:  $i''$  - ентальпія гріючої пари;  $i'' = 2718 \text{ кДж/кг}$  ;

$i'$  - ентальпія конденсата;  $i' = 525 \text{ кДж/кг}$ .

$$D = \frac{250}{2718 - 525} = 0,11 \text{ кг/с}.$$

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						36
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

Загальні витрати  $V$  продукту, що нагріваємо

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{2,78}{1027} = 0,0027 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.7)$$

Швидкість продукту в нагрівальному каналі

$$v = \frac{V}{\Omega}; \quad (3.8)$$

де:  $v$  – швидкість продукту в нагрівальному каналі 2 (рис. 3.1);

$\Omega$  - площа поперечного перерізу нагрівального каналу.

$$\Omega = 0,785 (d_{вн2}^2 - d_{з2}^2); \quad (3.9)$$

де:  $d_{вн2}$  – внутрішній діаметр зовнішньої труби, яка утворює канал 2 (рис. 3.1),

$$d_{вн2} = 0,083 \text{ м};$$

де:  $d_{з2}$  – зовнішній діаметр внутрішньої труби, яка утворює канал 2 (рис.

$$3.1), d_{з2} = 0,073 \text{ м};$$

$$\Omega = 0,785 (0,083^2 - 0,073^2) = 0,001225 \text{ м}^2;$$

$$v = \frac{0,00270}{0,001225} = 2,2 \text{ м/с}.$$

Критерій Рейнольдса для продукту, який нагріваємо

$$Re = \frac{v \cdot d_e}{\nu}; \quad (3.10)$$

де:  $d_e$  – еквівалентний діаметр каналу;

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості продукту, який нагріваємо;

$$d_e = d_{вн2} - d_{з2} = 0,083 - 0,073 = 0,01 \text{ м}. \quad (3.11)$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}; \quad (3.12)$$

де:  $\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості,  $\mu = 0,0013 \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

$$\nu = \frac{0,0013}{1027} = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			37

$$Re = \frac{2,2 \cdot 0,01}{1,26 \cdot 10^{-6}} = 17460 > 10000.$$

Режим руху сироватки в нагрівальному каналі – турбулентний.

Критерій Прандтля для продукту, який нагрівається

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} \quad (3.13)$$

де:  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності сироватки,  $\lambda = 0,54 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ .

$$Pr = \frac{0,0013 \cdot 4080}{0,54} = 9,82.$$

Критерій Нуссельта для продукту, який нагрівається

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} = 0,023 \cdot 17460^{0,8} \cdot 9,82^{0,4} = 142. \quad (3.14)$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_2$  від стінок трубок до продукту, який нагрівається

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_e} = \frac{142 \cdot 0,54}{0,01} = 7668 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}. \quad (3.15)$$

Теоретичний коефіцієнт теплопередачі

$$K_T = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.16)$$

де:  $\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі від гріючої пари до стінок нагрівальних тру-

бок,  $\alpha_1 = 10000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_{ст}$  – товщина стінок нагрівальних трубок,  $\delta_{ст} = 0,003 \text{ м}$ ;

$\lambda_{ст}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінок, для нержавіючої сталі

$\lambda_{ст} = 17,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ .

$$K_T = \frac{1}{\frac{1}{10000} + \frac{0,003}{17,5} + \frac{1}{7668}} = 2494 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						38
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

$$K = \varphi \cdot K_T; \quad (3.17)$$

де:  $\varphi$  - коефіцієнт використання поверхні теплообміну,  $\varphi = 0,8$ .

$$K = 0,8 \cdot 2494 = 1995 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Температура пари, яка гріє  $t_s = 125^\circ\text{C}$ . Графік зміни температури грючої пари і продукту, який нагрівається представлено на рис. 3.2.

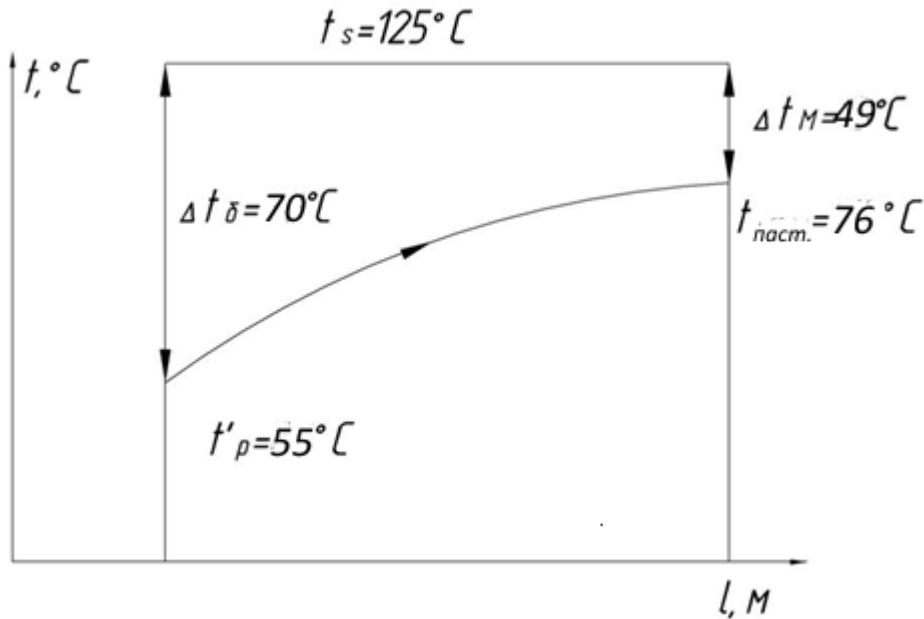


Рис. 3.2 Графік зміни температур теплоносіїв

Середня різниця температур теплоносіїв

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M}} \quad (3.18)$$

де:  $\Delta t$  - середня логарифмічна різниця температур теплоносіїв;

$\Delta t_{\delta}$  - найбільша різниця температур;

$\Delta t_M$  - найменша різниця температур;

$$\Delta t_{\delta} = t_s - t'_p = 125 - 55 = 70^\circ\text{C}; \quad (3.19)$$

$$\Delta t_M = t_s - t_{\text{нас.}} = 125 - 76 = 49^\circ\text{C}; \quad (3.20)$$

$$\Delta t = \frac{70-49}{\ln \frac{70}{49}} = 58,9^{\circ}\text{C}.$$

Поверхня нагріву підігрівача  $F$

$$F = \frac{1000 \cdot Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{1000 \cdot 250}{1995 \cdot 58,9} = 2,1 \text{ м}^2. \quad (3.21)$$

Сумарна довжина елементів нагрівача

$$L_{\Sigma} = \frac{F}{\pi \cdot (D_{cp} + d_{cp})} \quad (3.22)$$

де:  $D_{cp}$  - середній діаметр зовнішньої труби, яка утворює канал 2;

$d_{cp}$  - середній діаметр внутрішніх труб, які утворюють канал 2

$$D_{cp} = d_{вн2} + \delta = 0,083 + 0,003 = 0,086 \text{ м}; \quad (3.23)$$

$$d_{cp} = d_{н2} - \delta = 0,073 - 0,003 = 0,07 \text{ м}; \quad (3.24)$$

$$L_{\Sigma} = \frac{2,1}{3,14 \cdot (0,086 + 0,07)} = 4,3 \text{ м}.$$

Кількість секцій нагрівача

$$n_H = \frac{L_{\Sigma}}{l} \quad (3.25)$$

де  $l$  - довжина однієї секції, м;

$$n_H = \frac{4,3}{2,8} = 1,53.$$

Приймаємо  $n_H = 2$ .

### 4.3 Розрахунок рекуператора

В рекуператорі теплообмін між теплоносіями здійснюється безперервно через стінку.

Температура продукту  $t_p''$  після охолодження в рекуператорі

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						40
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

$$t_{наст} - t_p'' = t_p' - t_n; \quad (3.25)$$

$$76 - t_p'' = 55 - 6;$$

$$t_p'' = 27^\circ\text{C}.$$

Витрати тепла, в процесі рекуперації

$$Q_p = G \cdot c \cdot (t_p' - t_n) = 2,78 \cdot 4,08 \cdot (55 - 6) = 555,8 \text{ кВт}. \quad (3.26)$$

Продукт, який гріє переміщується по каналах 1 і 3. Розрахункова схема переміщення продукту по цим каналам показана на рис. 3.3.

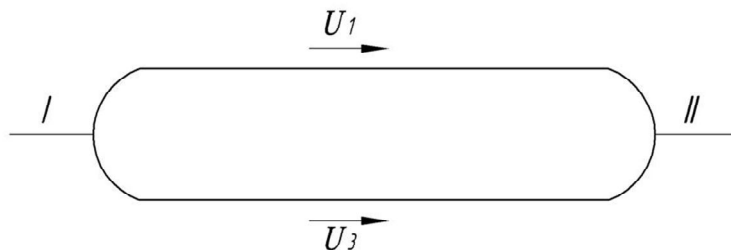


Рис. 3.3 Розподіл гарячого продукту по каналах

Для визначення швидкості  $v_1$  та  $v_3$  продукту в каналах 1 і 3 використовуємо умову

$$h_{W I-II}^{(1)} = h_{W I-II}^{(3)}; \quad (3.27)$$

де:  $h_{W I-II}^{(1)}$  - втрати напору при переході продукту з перерізу I в переріз II по каналу 1;

$h_{W I-II}^{(3)}$  - втрати напору при переході продукту з перерізу I в переріз II по каналу 3.

Втрати  $h_{W I-II}^{(1)}$  та  $h_{W I-II}^{(3)}$

$$h_{W I-II}^{(1)} = \lambda_1 \cdot \frac{L}{d_{e1}} \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g}; \quad (3.28)$$

$$h_{W I-II}^{(3)} = \lambda_3 \cdot \frac{L}{d_{e3}} \cdot \frac{v_3^2}{2 \cdot g}; \quad (3.29)$$

де:  $\lambda_1$  та  $\lambda_3$  - коефіцієнти гідравлічних втрат в каналах 1 та 3;

$L$  – довжина каналів;

$d_{e1}$  та  $d_{e3}$  - еквівалентний діаметр каналів 1 та 3;

$g$  - прискорення вільного падіння.

З урахуванням виразів (3.28) та (3.29) умову (3.27) переписуємо у вигляді

$$\lambda_1 \cdot \frac{L}{d_{e1}} \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \lambda_3 \cdot \frac{L}{d_{e3}} \cdot \frac{v_3^2}{2 \cdot g} \text{ і остаточно}$$

$$\frac{\lambda_1}{d_{e1}} \cdot v_1^2 = \frac{\lambda_3}{d_{e3}} \cdot v_3^2. \quad (3.30)$$

Визначаємо еквівалентні діаметри  $d_{e1}$  та  $d_{e3}$ , які входять в рівняння (3.30)

$$d_{e1} = d_{\text{вн}1} - d_{\text{н}1}; \quad (3.31)$$

$$d_{e3} = d_{\text{вн}3} - d_{\text{н}3}; \quad (3.32)$$

де:  $d_{\text{вн}1}$  = внутрішній діаметр зовнішньої труби, яка утворює канал 1;  $d_{\text{вн}1} = 0,102$  м;

$d_{\text{з}1}$  = зовнішній діаметр внутрішньої ї труби, яка утворює канал 1;  $d_{\text{з}1} = 0,089$  м;

$d_{\text{вн}3}$  = внутрішній діаметр зовнішньої труби, яка утворює канал 3;  $d_{\text{вн}3} = 0,067$  м;

$d_{\text{з}3}$  = зовнішній діаметр внутрішньої труби, яка утворює канал 3;  $d_{\text{з}3} = 0,057$  м;

$$d_{e1} = 0,102 - 0,089 = 0,013 \text{ м};$$

$$d_{e3} = 0,067 - 0,057 = 0,01 \text{ м}.$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя  $\lambda_1$  та  $\lambda_3$  визначаємо з рівняння

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} = 2 \lg \frac{3,7}{\varepsilon_1}; \quad (3.33)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_3}} = 2 \lg \frac{3,7}{\varepsilon_3}; \quad (3.34)$$

де:  $\varepsilon_1$  та  $\varepsilon_3$  відносна шорсткість каналів 1 та 3;

$K$  – абсолютна шорсткість поверхонь труб,  $K = 0,06$  мм.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			42

$$\varepsilon_1 = \frac{K}{d_{e1}} = \frac{0,06}{13} = 0,00461; \quad (3.35)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{K}{d_{e3}} = \frac{0,06}{10} = 0,006. \quad (3.36)$$

Розв'язуємо рівняння (3.33) та (3.34), підставивши в них числові значення  $\varepsilon_1$  та  $\varepsilon_3$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} = 2 \lg \frac{3,7}{0,00461}; \quad \sqrt{\lambda_1} = 0,1721; \quad \lambda_1 = 0,02962;$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_3}} = 2 \lg \frac{3,7}{0,006}; \quad \sqrt{\lambda_3} = 0,1792; \quad \lambda_3 = 0,03211.$$

Підставляємо в рівняння (3.30) числові значення знайдених величин

$$\begin{aligned} \frac{0,02962}{0,013} \cdot v_1^2 &= \frac{0,03211}{0,01} \cdot v_3^2; \\ 2,278 \cdot v_1^2 &= 3,211 \cdot v_3^2; \\ v_3 &= 0,842 \cdot v_1. \end{aligned} \quad (3.37)$$

Друга умова, з якої визначаємо швидкості  $v_1$  і  $v_2$  продукту в каналах 1 і 3

$$v_1 \cdot \Omega_1 + v_3 \cdot \Omega_3 = V \quad (3.38)$$

де:  $\Omega_1$  - площа поперечного перерізу каналу 1;

$\Omega_3$  - площа поперечного перерізу каналу 3;

$$\Omega_1 = 0,785 (d_{вн1}^2 - d_{н1}^2) = 0,785(0,102^2 - 0,089^2) = 0,001947 \text{ м}^2; \quad (3.39)$$

$$\Omega_3 = 0,785 (d_{вн3}^2 - d_{н3}^2) = 0,785(0,067^2 - 0,057^2) = 0,000973 \text{ м}^2. \quad (3.40)$$

З урахуванням знайдених значень  $\Omega_1$  та  $\Omega_3$  рівняння (3.38) приймає вид

$$0,001947 v_1 + 0,000973 v_3 = 0,00270 \quad (3.41)$$

Для остаточного визначення швидкості  $v_1$  та  $v_2$  рівняння (3.41) розв'язуємо спільно з рівнянням (3.37)

$$0,001947 v_1 + 0,000973 v_3 = 0,00270$$

$$0,001947 v_1 + 0,000973 \cdot (0,842 \cdot v_1) = 0,00270$$

$$0,002766 v_1 = 0,00270$$

$$v_1 = 0,976 \text{ м/с};$$

$$v_3 = 0,842 \cdot 0,976 = 0,822 \text{ м/с}.$$

Витрати продукту  $V_1$  та  $V_3$  через канали 1 та 3

$$V_1 = \Omega_1 \cdot v_1 = 0,001947 \cdot 0,976 = 0,001900 \text{ м}^3/\text{с}; \quad (3.42)$$

$$V_3 = \Omega_3 \cdot v_3 = 0,000973 \cdot 0,822 = 0,000800 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.43)$$

Контроль

$$0,001900 + 0,000800 = 0,00270; \quad V_1 + V_3 = V.$$

Теплові навантаження  $Q_{p1}$  та  $Q_{p3}$ , які припадають на канали 1 та 3, розраховуються з системи рівнянь

$$\left. \begin{aligned} Q_{p1} + Q_{p3} &= Q_p \\ \frac{Q_{p1}}{Q_{p3}} &= \frac{V_1}{V_3} \end{aligned} \right\} \quad (3.44)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{p1} + Q_{p3} &= 555,8 \\ \frac{Q_{p1}}{Q_{p3}} &= \frac{0,0019}{0,0008} \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{p1} + Q_{p3} &= 555,8 \\ Q_{p1} &= 2,375 Q_{p3} \end{aligned} \right\}$$

$$2,375 Q_{p3} + Q_{p3} = 555,8; \quad 3,375 Q_{p3} = 555,8; \quad Q_{p3} = 164 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 2,375 \cdot 164 = 389 \text{ кВт}.$$

Критерій Рейнольдса для каналу 1

$$Re_1 = \frac{v_1 \cdot d_{e1}}{\nu}; \quad (3.45)$$

$$Re_1 = \frac{0,976 \cdot 0,013}{1,26 \cdot 10^{-6}} = 10070 > 10000.$$

Режим руху продукту в каналі 1 – турбулентний.

Критерій Нуссельта для продукту, який рухається уздовж каналу 1

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						44
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

$$N_{ul} = 0,023 R e_1^{0,8} \cdot Pr^{0,4} = 0,023 \cdot 10070^{0,8} \cdot 9,82^{0,4} = 91,4 \quad (3.46)$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1^{(1)}$  від продукту в каналі 1 до стінок внутрішньої труби

$$\alpha_1^{(1)} = \frac{N_{u1} \cdot \lambda}{d_{e1}} = \frac{91,4 \cdot 0,54}{0,013} = 3797 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.47)$$

Теоретичний коефіцієнт теплопередачі від продукту в каналі 1 до продукту в каналі 2

$$K_{T1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1^{(1)}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{3797} + \frac{0,003}{17,5} + \frac{1}{7668}} = 1773 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.48)$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі від продукту в каналі 1 до продукту в каналі 2 визначаємо аналогічно з формулою (3.17)

$$K_l = \varphi \cdot K_{T1} = 0,8 \cdot 1773 = 1418 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.49)$$

Критерій Рейнольдса для каналу 3

$$Re = \frac{v_3 \cdot d_{e3}}{\nu} \quad (3.50)$$

$$Re = \frac{0,822 \cdot 0,01}{1,26 \cdot 10^{-6}} = 6524 < 10000.$$

Режим руху продукту в каналі 3 – перехідний.

Критерій Нуссельта для продукту, який рухається уздовж каналу 3 визначаємо аналогічно з формулою (3.46).

$$N_{u3} = 0,023 R e_3^{0,8} \cdot Pr^{0,4} = 0,023 \cdot 6524^{0,8} \cdot 9,82^{0,4} = 64,6. \quad (3.51)$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1^{(3)}$  від продукту в каналі 3 до стінки зовнішньої труби

$$\alpha_1^{(3)} = \frac{N_{u3} \cdot \lambda}{d_{e3}} = \frac{64,6 \cdot 0,54}{0,01} = 3488 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.52)$$

Теоретичний коефіцієнт теплопередачі від продукту в каналі 3 до продукту в каналі 2, аналогічно з формулою (3.48)

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						45
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

$$K_{T1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1^{(3)}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{3488} + \frac{0,003}{17,5} + \frac{1}{7668}} = 1704 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.53)$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі від продукту в каналі 3 до продукту в каналі 2 визначаємо аналогічно з формулою (3.49)

$$K_3 = \varphi \cdot K_{T3} = 0,8 \cdot 1704 = 1363 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.54)$$

Відносна похибка  $\delta_K$  коефіцієнтів теплопередачі

$$\delta_K = \frac{K_1 - K_3}{K_1} \cdot 100\% = \frac{1418 - 1363}{1418} \cdot 100 = 3,8 \%, \text{ що допустимо.} \quad (3.55)$$

Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі для рекуператора  $K_p$  визначається, як середнє арифметичне коефіцієнтів теплопередачі  $K_1$  та  $K_3$ .

$$K_p = \frac{K_1 + K_3}{2} = \frac{1418 + 1363}{2} = 1391 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.56)$$

Графік зміни температури продукту в рекуператорі показаний на рис. 3.4.

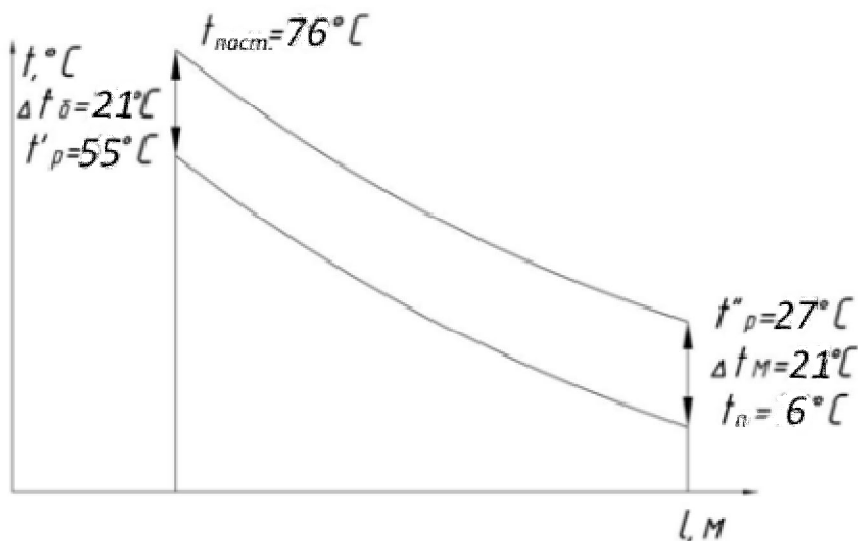


Рис. 3.4 Графік зміни температури теплоносіїв

З малюнку 3.4 бачимо, що найбільша і найменша різниця температур в рекуператорі  $\Delta t_в^p = \Delta t_M^p = 21^\circ\text{C}$ . Тому середня різниця температур теплоносіїв в рекуператорі

$$\Delta t^p = \frac{\Delta t_6^p + \Delta t_m^p}{2} = \frac{21+21}{2} = 21^\circ\text{C}. \quad (3.57)$$

Поверхню теплообміну в рекуператорі  $F_p$  визначаємо по аналогії з формулою (3.21)

$$F_p = \frac{1000 \cdot Q_p}{K_p \cdot \Delta t^p} = \frac{1000 \cdot 555,8}{1391 \cdot 21} = 19 \text{ м}^2. \quad (3.58)$$

Сумарна довжина елементів рекуператора визначається по аналогії за формулою (3.22)

$$L_\Sigma^p = \frac{F_p}{\pi \cdot (D_{cp} + d_{cp})} = \frac{19}{3,14 \cdot (0,086 + 0,07)} = 38,7 \text{ м}. \quad (3.59)$$

Кількість секцій рекуператора

$$n_p = \frac{L_\Sigma^p}{l} \quad (3.25)$$

де  $l$  - довжина однієї секції, м;

$$n_p = \frac{38,7}{2,8} = 13,8.$$

Приймаємо  $n_p = 14$ .

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			47

## 5. Охорона праці

### 5.1 Загальні положення

Організація навчання та вимоги до персоналу.

Посадові особи і спеціалісти, інші працівники підприємств, а також приватні особи, які зайняті веденням технологічних процесів виробництва, виготовленням, ремонтом, монтажем, налагодженням та експлуатацією технологічного обладнання, виконанням робіт обумовлених Правилами, проходять підготовку (підвищення кваліфікації), інструктаж та перевірку знань Правил у порядку, передбаченому Д Н А О П 0.00-4.12-94 та Д Н А О П 0.00-8.01-93.

Допускати до роботи осіб, які у встановленому порядку не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці та пожежної безпеки, не дозволяється.

Працівники, що виконують роботи на пастеризаторах згідно з переліком Д Н А О П 0.00-8.02-93, повинні проходити попереднє спеціальне навчання та один раз на рік перевірку знань відповідних нормативних актів про охорону праці.

Не дозволяється допускати особи віком до вісімнадцяти років до виконання робіт, передбачених Д Н А О П 0.03-8.07-94. Не дозволяються використовувати працю жінок на роботах, передбачених Д Н А О П 0.03-8.08-93.

Навчання, інструктаж і перевірку знань по пожежній безпеці працівники проходять відповідно до вимог "Типового положення про спеціальне навчання, інструктажі та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України", затвердженого наказом України від 17.11.94 р. N 628.

Порядок розслідування аварій та нещасних випадків.

Розслідування аварій та нещасних випадків, що мали місце на підприємстві проводиться відповідно до вимог Д Н А О П 0.00-4.03-98.

Обов'язки, права та відповідальність за порушення Правил

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			48

Особи, винні в порушенні цих Правил, несуть дисциплінарну, адміністративну, матеріальну або кримінальну відповідальність згідно з чинним законодавством.

За якість монтажу, налагодження та ремонту технологічного обладнання, безпечність ведення технологічних процесів виробництва, а також відповідність об'єкта цим Правилам відповідає підприємство, установа, організація (незалежно від форм власності та відомчої належності), що виконує відповідні роботи.

Керівники підприємств, установ, організацій та інші посадові особи несуть персональну відповідальність за виконання вимог Правил в межах покладених на них завдань та функціональних обов'язків, згідно з чинним законодавством.

На підприємствах, з кількістю працюючих 50 чол. і більше, по рішенням трудового колективу повинні бути створені пожежно-технічні комісії, а також добровільні пожежні дружини та добровільні пожежні команди відповідно до вимог Д Н А О П 0.01-1.01-95, "Положення про добровільні пожежні дружини (команди)" та "Типового положення про пожежну комісію" затверджених Наказом N 521 МВС України від 27.09.94 р.

На підприємствах, з кількістю працюючих менше, ніж 50 чол., функції по охороні праці та пожежній безпеці можуть покладатися за сумісництвом на особи, що мають відповідну професійну підготовку.

Вводити в експлуатацію нові та реконструйовані підприємства, цехи ділянки, а також виготовляти та передавати в виробництво нові машини, механізми, технологічне обладнання та впроваджувати нові технології без дозволу органів Державного нагляду за охороною праці та органів Державного пожежного нагляду відповідно до вимог Д Н А О П 0.00-4.02-92, Д Н А О П 0.00-4.04-93, Д Н А О П 0.00-4.05-93, Д Н А О П 0.00-5.13-94, Д Н А О П 0.00-6.01-94 та Д Н А О П 0.01-1.01-95 - не дозволяється.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			49

## 5.2 Вимоги безпеки під час експлуатації технологічного обладнання

Обладнання, апаратура, інвентар після закінчення роботи повинні підтягтися миттю та дезінфекції. Під час миття технологічного обладнання не дозволяється обливати водою електродвигуни та інші електротехнічні пристрої та прилади.

Без наявності води в сорочках ванн і резервуарів для сироватки та під час заповнення ванн і баків менше, ніж на 50 % - працювати не дозволяється. Під час експлуатації ємнісних теплообмінних апаратів пара в парову сорочку повинна подаватися після того, як вона буде заповнена рідиною.

Під час експлуатації пастеризаторів слід контролювати тиск пари, систематично перевіряти запобіжні пристрої, дотримуватись обережності під час зливання гарячих продуктів.

В цехах і дільницях, де експлуатують технологічне обладнання з підвищеним рівнем небезпеки, біля кожної такої машини та апарату повинні бути вивішені на помітних і доступних місцях інструкції по безпечному технічному обслуговуванню та догляду за ними, а також інструкції по наданні першої допомоги при нещасних випадках.

Перед початком роботи працівник повинен оглянути та перевірити робоче місце, видалити всі непотрібні предмети, а також переконатись у справності основних вузлів обладнання та перевірити його роботу на холостому ході. Залишати без нагляду працююче обладнання не дозволяється.

Контрольно-вимірювальні прилади повинні пред'являтися на повірку відповідно до вимог ГОСТ 8.001-90 та ГОСТ 8.002-98.

Точність показань приладів і автоматичних пристроїв повинна відповідати паспортним даним заводу-виготовлювача.

Вимоги безпеки під час експлуатації:

- на трубопроводах для пари, води, конденсату повинна бути установлена запірна арматура, яка без зусиль відкривається від руки;

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						50
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

- накривки трубчастих пастеризаторів повинні відкриватись та мати герметичне ущільнення;
- пастеризатор повинен бути забезпечений манометром і запобіжним клапаном, тиск пари в сорочці пастеризатора не повинен перевищувати 0,05 М Па;
- під час роботи слід контролювати температуру підігрівання або пастеризації та тиск пари (без манометра або з несправним манометром, а також з таким, термін чергової повірки якого вийшов, працювати не дозволяється);
- парові вентилі слід відкривати поступово (при погано набитих сальниках може статися прорив пари та опік рук), парова труба повинна бути завжди відкритою, а надлишковий тиск пари має бути не вище, ніж 0,05 М Па;
- у випадку припинення подачі електроенергії слід негайно закрити пару та вимкнути всі електродвигуни, що пов'язані з роботою пастеризаційної установки;
- під час роботи на пастеризаторі не дозволяється вішати додатковий тягар;
- на запобіжний клапан, відгвинчувати затискувачі накривки, послабляти стяжні болти секцій та пластин до припинення роботи апарату, перекривати кран на нагнітальному трубопроводі.

Вимоги безпеки під час експлуатації трубчастих пастеризаторів:

- пастеризатор повинен бути забезпечений справним манометром і запобіжним клапаном, відрегульованим на гранично допустимий робочий тиск;
- дросельний клапан повинен бути відрегульований так, щоб виключалась можливість скипання в стерилізаторі;
- під час роботи слід слідкувати за тим, щоб температура стерилізації не перевищувала установлену.

### 5.3 Вимоги до виробничої санітарії

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			51

Працівники допускаються до роботи тільки після попереднього медичного огляду відповідно до вимог Д Н А О П 0.03-4.02-94, в подальшому вони повинні проходити періодичний медичний огляд.

Працівники виробничих цехів перед початком роботи повинні прийняти душ, надіти чисту санітарну одягу таким чином, щоб вона повністю закривала особисту одягу, підібрати коси під косинку або ковпак, старанно вимити руки теплою водою з милом, продезінфікувати їх розчином хлорного вапна або хлораміну.

Слюсарі, електромонтери та інші працівники, що зайняті ремонтними роботами в виробничих, складських приміщеннях підприємства, повинні виконувати правила особистої гігієни, працювати в виробничих цехах у санітарній одягу, інструменти переносити в спеціальних закритих ящиках з ручками.

Під час виходу із будівлі на територію та відвідання невиробничих приміщень (туалету, їдальні, медпункту), санітарну одягу слід знімати. Не дозволяється надівати на санітарну одягу будь-яку верхню одягу.

Приймати їжу дозволяється тільки в їдальнях, буфетах, кімнатах для приймання їжі або інших пунктах харчування, розміщених на території підприємства або поблизу від нього.

Спецодягом, спецвзуттям і індивідуальними засобами захисту працівники повинні забезпечуватися відповідно до вимог Д Н А О П 0.00-4.26-96, Д Н А О П 0,05-3.03-81 та Д Н А О П 0.00-3.03-98.

Під час роботи працівникам не дозволяється зашпилювати шпильками спецодяг, зберігати в кишенях речі особистого туалету, носити намисто, сережки, обручки, годинники, приймати їжу та палити в виробничих цехах.

#### **5.4 Вимоги охорони праці під час проведення окремих видів робіт**

Монтаж і ремонт

Під час розміщення пастеризатора, обслуговування якого пов'язане з переміщенням персоналу, слід забезпечувати наявність місць для безпечних і

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			52

зручних проходів, а також для пристосувань та пристроїв, які необхідні для безпечного ведення технологічних процесів виробництва (робочі площадки, переходи, сходи, поруччя) відповідно до вимог ДНАОП 0.03-1.07-73 та ГОСТ 12.2.003-91.

Технологічне обладнання повинно бути розміщене таким чином, щоб забезпечувалась безпечність його обслуговування під час експлуатації та зручність під час проведення огляду та ремонту. Проходи між обладнанням і підходи до нього не дозволяється захащувати будь-якими предметами та матеріалами.

Мінімальна відстань між виступаючими частинами обладнання, де не передбачений рух працівників, повинна бути 0,5 м. Мінімальна відстань між виступаючими частинами апаратів, з урахуванням одностороннього проходу, повинна бути 0,8 м. Під час установа апаратів фронтально один до одного, мінімальна відстань між ними повинна бути не менше, ніж 1,5 м.

Технологічне обладнання повинно бути установлене так, щоб відстань від верху обладнання до низу стельових балок була не менше, ніж 0,5 м. У виключному випадку дозволяється устанавлювати обладнання в між балочному просторі, але в даному разі відстань від верху обладнання до низу плит повинна бути не менше, ніж 0,5 м.

В технологічному обладнанні, де використовується місцеве охолодження, повинні бути установлені блокуючі пристрої, що виключають можливість пуску обладнання під час неподання холодоагенту.

Всі механізми (привідні) та проміжні передачі повинні бути оснащені відповідними зручними та доступними для обслуговування пусковими та зупиняючими пристроями.

Для запобігання від опіків паропроводи та трубопроводи для гарячої води, приєднані до технологічного обладнання, парові та пароводяні сорочки апаратів, що мають температуру вище, ніж 45 °С, повинні бути теплоізовані відповідно до вимог ГОСТ 12.2.124-90, а трубопроводи, по яких гарячі рідини

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			53

подаються на охолодження, повинні проходити в безпечних для працюючих місцях.

Виступаючі клинці, болти, гайки, шпонки та інші елементи частин обладнання та проміжних передач, які обертаються, повинні бути закриті круглими та гладкими оболонками або футлярами.

Паси, вали, шківни та інші елементи приводів, які знаходяться на висоті до 2 м від підлоги, робочої площадки або проходять через перекриття повинні мати суцільні загородження висотою не менше, ніж 2 м, крім того, отвори в перекриттях по периметру повинні мати бортики висотою 0,2 м.

Паси, що мають нахил, слід огороджувати на повну висоту. Зшивання транспортних стрічок і пасів повинно бути міцним і гладким.

Під час монтажу та ремонту обладнання, для промивання деталей не дозволяється застосовувати органічні розчинники. Перед ремонтом обладнання повинно бути від'єднань від продуктопроводів і трубопроводів, при цьому слід вивісити попереджувальний напис: "НЕ ВКЛЮЧАТИ, РЕМОНТ!".

Під час демонтажу обладнання деталі та його вузли повинні укладатися так, щоб не захаращувати проходи.

Під час ремонту, миття, очищення технологічного обладнання, парової та водяної арматури на пускачах електродвигунів, вентилях і засувках головних магістралей пару та води повинні бути вивішені таблички з попереджувальними написами: "УВАГА! НЕ ВКЛЮЧАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ!", "РЕМОНТ!", "МИТТЯ!", "ОЧИЩЕННЯ!".

Не дозволяється проводити ремонтні роботи поблизу рухомих механізмів, біля неогороджених відкритих люків і отворів у між етажних перекриттях.

Робочі місця під час ремонту, випробування та експлуатації технологічного обладнання повинні бути забезпечені засобами протипожежного та індивідуального захисту.

Під час технічного обслуговування технологічного обладнання, установок і приладів освітленість робочих місць повинна бути в межах від 110 до 320 лк.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			54

Під час виконання робіт середньої складності, освітленість на робочому місці повинна бути не менше, ніж 500 лк. Під час виконання робіт малої точності та грубих робіт освітленість в приміщенні та на робочих місцях повинна бути не менше, ніж 200 лк.

Після ремонту та налагодження обладнання, останнє дозволяється вмикати з дозволу механіка та в його присутності.

Трубопроводи для соку, що прокладені на стінах або біля них і під підлогою, повинні бути закріплені на розбірних спеціальних підвісках, підставках або кронштейнах і монтуватися (магістральні) на висоті від 2 до 2,2 м. По закінченні монтажу трубопроводи соку повинні підтягатись гідравлічному випробуванню тиском, збільшеним в 1,5 рази відносно робочого. Тиск при цьому повинен бути постійний протягом 10 хвилин.

#### Роботи з застосуванням зварювання

Зварювальні пости для газового зварювання повинні бути укомплектовані балонами зі справними редукторами та манометрами, шлангами на відповідний тиск, пальниками з наконечниками, різачками, захисними окулярами та брезентовими рукавицями. Газозварювальні роботи слід проводити за умовою, коли на інструменті, спецодязі та руках, а також на деталях машин, апаратів і комунікацій немає жирових плям.

Електрозварювальні установки для зварювання усередині металевих ємкостей повинні бути укомплектовані пристроєм автоматичного вимикання холостого ходу або обмеженням його до напруги 12 В з часовим інтервалом 0,5 с, обладнані ізольованими спеціальними проводами, держачками, захисними ширмами та щитками з відповідними силі струму скельцями.

До роботи на газозварювальних апаратах допускаються особи, що мають посвідчення на право виконання зварювальних робіт і II групу допуску по електробезпеці.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						55
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

Під час підготування та проведення газозварювальних робіт слід дотримуватись вимог Д Н А О П 0.00-5.11-85, Д Н А О П 0.01-1.01-95, Д Н А О П 0.03-1.06-73, Н А О П 1.4.10-1.04-86 та ГОСТ 12.3.003-86.

Під час проведення зварювальних робіт по ремонту фреонових установок, відповідно до вимог Н А О П 2.2.00-1.10-88, слід користуватись ізолюючими протигазами.

#### Електробезпека

Побудова, монтаж і безпечна експлуатація електроустановок регламентуються Д Н А О П 0.00-1.21-98, Д Н А О П 1.1.10-1.01-97, ГОСТ 12.1.019-79.

Для вирівнювання електричного потенціалу на території, де встановлене електрообладнання, повинні бути прокладені поздовжні та поперечні горизонтальні елементи заземлення, з'єднані між собою зверху, а також з вертикальними елементами заземлення відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81.

Занулення повинно виконуватися електричним з'єднанням металевих частин електроустановок з заземленою точкою джерела живлення електроенергією за допомогою нульового захисного провідника відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81.

Приєднання обладнання, що заземлюється, до заземлюючої магістралі, на якій за допомогою зварювання кріпиться необхідна кількість болтів, повинно здійснюватись за допомогою окремих провідників паралельно.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.2.007.0-75 та ГОСТ 10434-82 робити послідовне приєднання обладнання до заземлюючої магістралі не дозволяється.

Значення опору між заземлюючим болтом (гвинтом, шпилькою) і кожною доступною дотику металевою не струмоведучою частиною обладнання, що може виявитись під напругою, відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81 та ГОСТ 12.2.007.0-75, не повинно перевищувати 0,1 Ом.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			56

Корпус електродвигуна та пускового пристрою повинен бути заземлений. Заземлення повинно бути приєднане до загальної мережі заземлюючого контуру, а місця з'єднань повинні бути зварені або скріплені болтом.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						57
Арк.	№ документи	Підп.	Дата			

## Література

1. *Стабникова. В. Н.* Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств / Под ред. В.Н. Стабникова. — К.: Вища школа, 1982.
2. *Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / Под ред. П.Г.Романкова. — 9-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1981.
3. *Лунин О. Г.,* Теплообменные аппараты пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1987. - 239 с.
4. *Лащинский А. А., Толщинский А.Р.* Основы конструирования и расчеты химической аппаратуры. – Л.: Машиностроение, 1970.
5. *Малежик І. Ф.* Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред.. проф. І. Ф. Малежика. – К.: НУХТ, 2003. – 400 с.: іл.

					<i>A9 – КСЮ 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						58
	Арк.	№ документи	Підп.	Дата		