

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення конструкції пластинчастої пастеризаційної
установки ОПЛ-10 для кисломолочних продуктів з дослідженням
процесу теплообміну

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МОм-61
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Баглай Н.І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Шинкарик М.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Ворощук В.Я.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Вітенько Т.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОХ
Вітенько
Т.М.

(підпис)

(прізвище та
ініціали)

« 25 » вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Баглай Назарій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення лінії розливу пива у габаритну тару з дослідженням дозувальної установки

Керівник роботи Шинкарик Марія Миколаївна, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 25 » вересня 2020 року № 4/7-672.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного

обслуговування і ремонту дозувальної установки для пива. Існуюча технологія виготовлення пива.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення нових технічних вирішень для модернізованої ППОУ. 4. Математичне моделювання технічної системи, що розглядається в роботі. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1 Заходи з охорони праці. 5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

Додатки.

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворощук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 28 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження		
4	2. Методи та методика досліджень		
5	3. Розроблення нових технічних вирішень для модернізованої ППОУ		
6	4. Математичне моделювання технічної системи, що розглядається в роботі		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
8	5.1 Заходи з охорони праці		
9	5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях		
10	Висновки		
11	Додатки		
12	Графічна частина		
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			

Студент

_____ (підпис)

Баглай Н.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Шинкарик М.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Баглай Назарій Ігорович.

Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення конструкції пластинчастої пастеризаційної установки ОПЛ-10 для кисломолочних продуктів з дослідженням процесу теплообміну.

Кваліфікаційну роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2020 році

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки обсягом 85 сторінок (20 рисунків) та графічної частини 8 креслень формату А1.

В кваліфікаційній роботі пропонуються заходи з модернізації Удосконалення конструкції пластинчастої пастеризаційної установки ОПЛ -10 для кисломолочних продуктів з дослідженням процесу теплообміну при виробництві кефіру.

Основними задачами, які вирішуються в даній кваліфікаційній роботі, є:
аналіз конструкцій обладнання для пастеризації в молочній промисловості;

технологічні, конструктивні, гідравлічні розрахунки установки ОПЛ -10;
математичне моделювання гідродинамічних і теплообмінних процесів у каналах теплообмінника при виробництві кефіру;

науково-технічні рекомендації щодо результатів досліджень;

розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки;

вирішення питань охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: кефір, пластина, нагрів, теплообмінник.

Abstract

Bahlai N.I. Improvement of fermented dairy products plate pasteurizer OPL-10 design including the study of heat exchange process. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2020.

The thesis suggests measures for modernization and improvement of fermented dairy products plate pasteurizer OPL-10 design including the study of heat exchange process. The research addresses and resolves the following tasks:

- analysis of pasteurization equipment design in the dairy industry;
- technological, constructive, and hydraulic calculations of the OPL-10 installation;
- mathematical modeling of hydrodynamic and heat exchange processes in heat exchanger channels for kefir production;
- scientific and technical recommendations on the results of research;
- development in measures for occupational safety and health engineering;
- issue resolution in occupational safety and health engineering.

Keywords: kefir, plate, heating, heat exchanger.

Зміст

Анотація	5
Abstract.....	6
Зміст	7
Вступ.....	9
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....	11
1.1. Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень.	11
1.1.1 Аналіз способів підведення теплоти та конструкцій теплообмінників в молочній промисловості промисловості.....	11
1.1.2. Пластинчасті пастеризаційно – охолоджувальні установки(ППОУ) ...	18
1.2. Техніко – економічне обґрунтування модернізації	21
1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи	22
2. Методи та методика досліджень.....	24
2.1. Вибір та обґрунтування теоретичних і експериментальних методів та засобів досліджень	24
2.2. Аналіз застосування інформаційних технологій в дипломній роботі.	26
2.3. Вибір методів аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.....	26
3. Розроблення нових технічних вирішень для модернізованої ППОУ	28
3.1 Розрахункова частина	28
3.2. Аналіз отриманих рішень та рекомендації по їх використанню.....	37
3.4. Особливості експлуатації і технічного обслуговування ППОУ.....	37
4. Математичне моделювання технічної системи, що розглядається в роботі	41
4.1. Розроблення математичної моделі гідродинаміки і теплообміну в плоских хвильових каналах.....	41
4.1.1. Математична модель і чисельний метод рішення	42

4.2. Перевірка моделі	44
4.2.1. Хвильовий канал постійної ширини	44
4.2.2. Хвильовий канал змінної ширини.....	50
4.3. Результати теоретичних та експериментальних досліджень.....	55
4.3.1. Регресійний і кореляційний аналіз	58
4.3.1.1. Лінійний регресійний аналіз для одного параметра.....	58
4.3.1.2. Регресійний аналіз для параболи.....	60
4.4 Застосування методу множинної кореляції у роботі.....	62
4.5. Динамічне рівняння процесу теплопередачі	63
4.6. Заходи з оптимізації технологічного процесу.....	66
4.7. Висновки по розділу	67
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	70
5.1 Заходи з охорони праці.....	70
5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	75
5.2.1. Основні задачі підвищення стійкості переробних підприємств	75
5.2.2. Оцінка небезпеки і розробка заходів підвищення стійкостіпроти аварій природного та техногенного характеру на молокозаводі ЗАТ “Тернопільський молокозавод”	77
5.2.3. Висновки	83
Висновки	84
Перелік посилань.....	85
Додатки.....	87

Вступ

Актуальність теми. Кефір – широкоживаний дієтичний продукт, об'єми виробництва якого постійно зростають. Машинно – апаратурні схеми виробництва цього продукту загально відомі і містять технологічне обладнання для приймання молока, охолодження, зберігання, очищення або сепарування, теплової обробки, обладнання для розфасування. Частина цього обладнання відноситься до приймальних відділень і використовується для всієї продукції, яка виготовляється з незбираного молока. Особливістю виробництва кефіру, як і іншої кисломолочної продукції, є підвищені температури пастеризації, що вимагає великих затрат енергоресурсів для нагрівання, а після - для охолодження. Так технологічні інструкції виробництва кефіру рекомендують температури пастеризації 80 – 85° С при витримці 5-10хв або 90 – 92° С при витримці 2 -3хв. Тому дослідження направлені на зменшення енерговитрат при виробництві кефіру є актуальними.

- Провести розрахунки модернізованого пластинчастого теплообмінника;
- Розробити математичну модель теплообміну у поверхні з рифлями.
- Розробити питання охорони праці і техніки безпеки при експлуатації установки;
- Розробити заходи з безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження були теплові процеси обробки молока при виробництві кефіру.

Предмет дослідження. Предметом дослідження був пластинчастий теплообмінний апарат пастеризаційно – охолоджувальної установки.

Методи досліджень. В роботі використані експериментальні і теоретичні методи досліджень процесу теплообміну між двома рухомими середовищами через розділяючу перегородку.

Наукова новизна.

- Встановлено, що в пластинчастому теплообміннику із збільшеною секцією регенерації одержати температуру необхідну для заквашування молока

при виробництві кефіру можна без додаткового охолодження у секції водяного і розсільного охолодження.

- Встановлено, що використання рифлів дозволяє значно інтенсифікувати процес теплообміну.

- Розроблена математична модель гідродинаміки і теплообміну в плоских хвильових каналах для кефіру.

Практичне значення отриманих результатів.

-Зменшення температури пастеризації при збільшенні часу витримки дозволить зменшити енерговитрати при виробництві кефіру.

-Розроблена конструкція пластинчастого теплообмінника дозволяє економити витрату робочого середовища (води). При тепловій обробці молока для виробництва кефіру воду і льодяну воду в теплообмінник не подають.

- Розроблений пластинчастий теплообмінник можна використовувати для пастеризації молока при невеликих об'ємах виробництва продукції з незбираного молока.

-Встановлення витримувача зверху теплообмінника дозволяє економити виробничу площу.

Результати магістерської роботи доповідались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 25-26 листопада 2020 року.

Магістерська робота складається з п'яти розділів, додатків та графічної частини обсягом 8 листів формату А1.

1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.

1.1. Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень.

1.1.1 Аналіз способів підведення теплоти та конструкцій теплообмінників в молочній промисловості промисловості

Пастеризація в молочній промисловості використовується для знищення вегетативної форми мікроорганізмів шляхом дії на них високої температури. При цьому можна виділити два фактори, які впливають на ефективність процесу – величина температури та тривалість витримки при цій температурі. Ключовим елементом у загальній технологічній схемі пастеризації є теплообмінний апарат.

В харчовій промисловості теплообмінні апарати використовуються для підігрівання, пастеризації та стерилізації сировини та продукції. Їх можна класифікувати за способом підведення теплоти, за конструкцією та за місцем в технологічному процесі.

За способом передачі теплоти можна виділити два типи: поверхневі, в яких теплообмін проходить через розділяючу поверхню, і теплообмінники з безпосереднім контактом гарячого і холодного теплоносія так звані паро контактні.

Для пастеризації молока при виробництві кисло – молочної продукції в, основному, використовуються поверхневі теплообмінники, які за формою виконання розділяючої поверхні є трубчасті та пластинчасті.

Пластинчасті теплообмінники в молочній промисловості мають широке використання. Вони використовуються для нагрівання, пастеризації і стерилізації молока, вершків, та іншої молочної сировини. Основною конструкції теплообмінників є пластини виготовлені з нержавіючої сталі марок 18Н10Т, або Х14Г14НЗТ, товщиною від 0,7 до 1,5 мм. Для штучної турбулізації потоку на поверхні містяться рифлі. Рифлі сприяють підвищенні жорсткості пластини і

запобігають злипанню пластин при значній різниці тисків між робочим середовищем і молоком. Розміщення рифлів на теплообмінних пластинах різних фірм досить різне – перпендикулярно до потоку і паралельно між собою, під кутом, у вигляді ялинки, або з комбінованим розміщенням

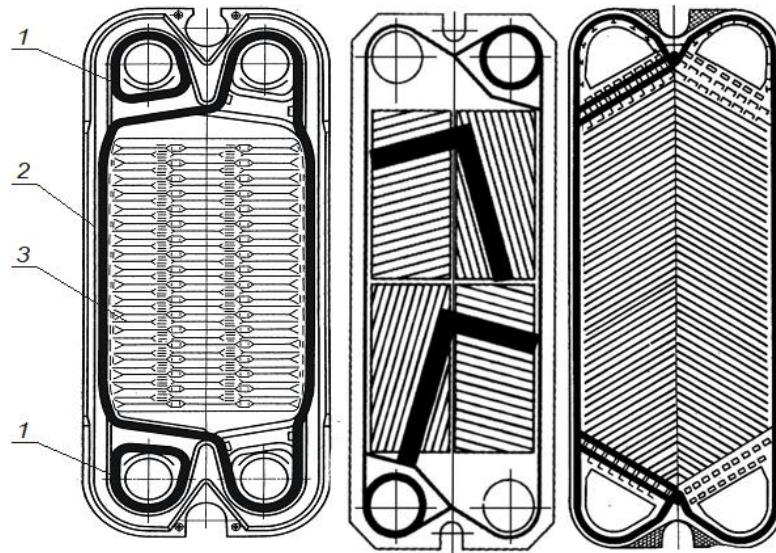


Рис. 1.1. Схеми пластин пластинчатих теплообмінників: 1 – мала прокладка; 2 – велика прокладка; 3 – пластина.

Важливим фактором у виконанні і розміщенні рифлів є підвищення коефіцієнту тепловіддачі при незначному зростанні гідравлічного опору. Типовими для вітчизняних теплообмінників є пластини П1, П2, П3.

Для пастеризації молока при виробництві продукції з незбираного молока пластинчасті апарати розділені на секції, які виконують певну технологічну операцію і розділені плитами для підведення і відведення робочих середовищ.

На рис. показана схема пластинчастого апарату. Пластини встановлюються вертикально і вільно набираються на прикріплені до станини дві тяги 7 і притискаються плитою 6. Між пластинами встановлюються невеликі зазори 4 – 8мм, в результаті чого утворюються канали для руху молока та

робочого середовища. Таким чином з однієї сторони пластини буде протікати молоко, з іншої – робоче середовище.

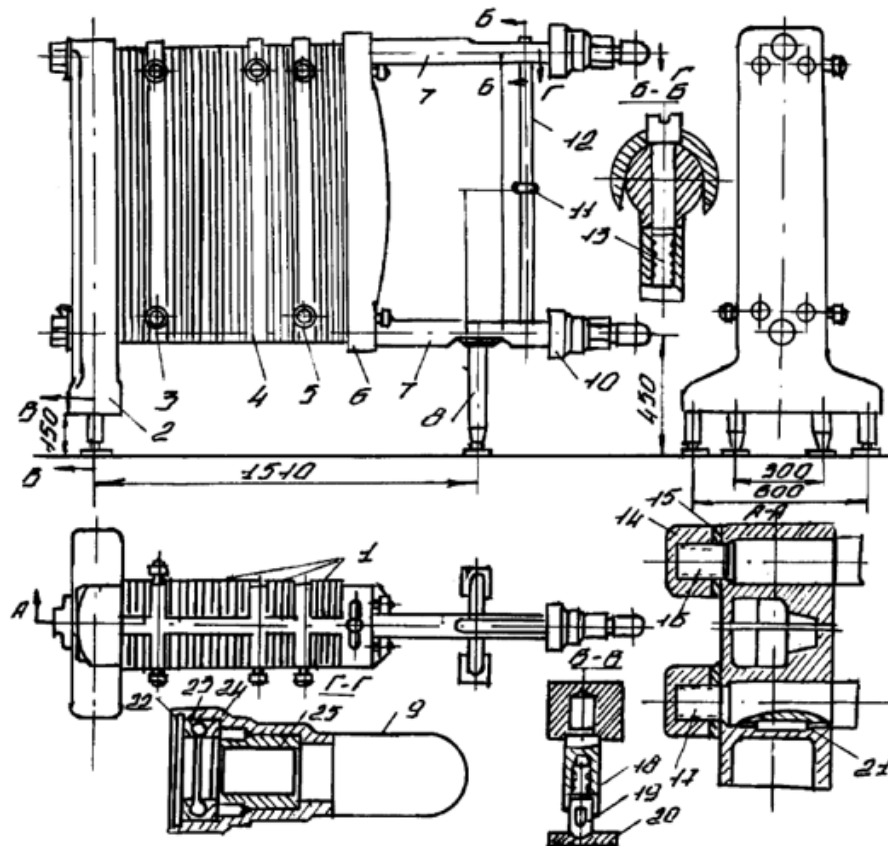


Рис. 1.2. Схема пластинчатого теплообмінника установки ОП2-У5:

1 – секції; 2 – станина; 3,4,5 – секції; 6 – затискна плита; 7 – розпорки; 8 – опора;
 9 – ковпак; 10 – муфта; 11 – амортизатор; 12 – стійка; 13 – болт; 14 – гайка; 15 –
 шайба; 16, 17 – штанги; 18 – втулка; 19 – опора; 20 – плита; 21 – шпонка; 22 –
 корпус; 23 – упорні шарикопідшипники; 24 – упорні кільця; 25 – різьбова
 втулка.

Для забезпечення високого коефіцієнту теплообміну і необхідної швидкості руху продукту (для виключення утворення пригару) пластини комплектуються в пакети. В загальному в пластинчастих теплообмінниках для теплової обробки молока виділяють секцію пастеризації (молоко - гаряча вода), регенерацію (молоко - молоко), водяного охолодження (молоко - вода), розсільного охолодження (молоко - розсіл).

В пакетах між двома пластинами рідина рухається в одному напрямі. На виході з пакету рідина змінює свій напрям руху. Число пакетів зі сторони молока і робочого середовища може бути однаковим або різним. Компоновку пакетів записують для кожної секції і позначають дробом. В чисельнику дробу цифри відносяться до продукту, в знаменнику – до робочого середовища. Кількість цифр відповідає кількості пакетів, а сама цифра - числу каналів в кожному пакеті. Так запис $\frac{4+4+4}{12}$ означає, що зі сторони продукту є 3 пакети по 4 канали в кожному, а зі сторони робочого середовища 1 пакет, в якому є 12 каналів., або дріб $\frac{6+6}{6+6}$ вказує що у секції симетрична компоновка -зі сторони продукту і робочого середовища є однакове число пакетів і каналів. Для пластинчастих теплообмінників для пастеризації молока при виробництві кисло молочної продукції є типовою симетрична компоновка секції регенерації, секції пастеризації, водяного і розсольного охолодження є багатопакетними зі сторони продукту і однопакетними зі сторони робочого середовища.

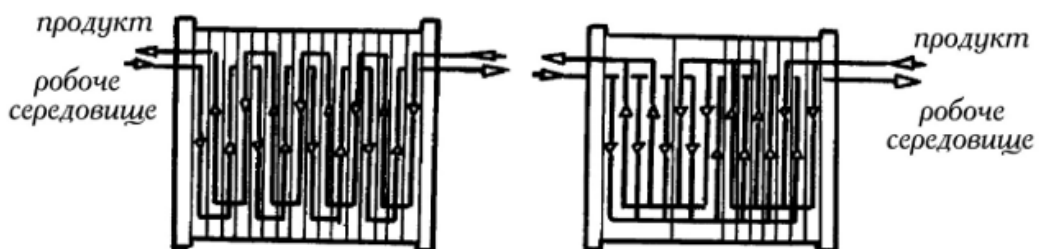


Рис. 1.3. Схеми компоновки пластинчатих теплообмінників.

а) одноканальна симетрична протитечійним напрямом руху $\frac{1+1+1+1+1+1+1}{1+1+1+1+1+1+1}$;

б) чотиріпакетна зі сторони молока з 2 двома каналами в кожному пакеті і

двопакетна з 4 каналами зі сторони робочого середовища $\frac{2+2+2+2}{4+4}$.

Як робочі середовища використовують гарячу вода або пару, водогінну воду, розсіл і льодяну воду.

Пластинчасті теплообмінники мають ряд переваг:

- технологічний процес пастеризації можна здійснювати в закритому потоці,
- продуктивність теплообмінників можна змінювати шляхом встановлення нових пластин,
- дозволяють проводити регенерацію теплоти.
- гарячий теплоносій циркулює по замкнутому контурі,
- займають невеликі виробничі площі при великій поверхні теплообміну;
- конструкція апаратів дозволяє проводити безрозбірне миття, ефективно контролювати технологічний процес, а також працювати в автоматичному режимі.

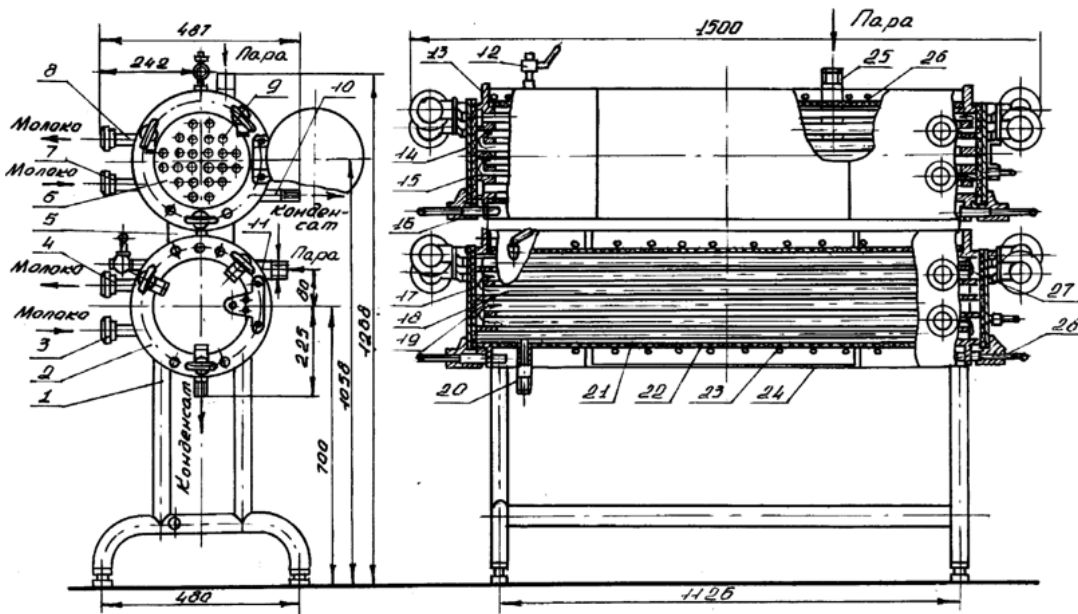


Рис. 1.4. Трубчастий теплообмінник.

1 – стійка; 2 – нижній барабан; 3,7 – вхідні патрубки; 4,8 – вихідні патрубки; 5 – з'єднувальна планка; 6 – верхній барабан; 9,17,27 – з'єднувальні камери; 10, 20 – патрубок виходу конденсату; 11,25 – патрубок поступлення пари; 12 – кран випуску повітря; 13, 19 – трубна дошка; 14 – кришка; 15 – прокладка; 16 – притискна планка; 18 – решітка; 20 – патрубок відведення конденсату; 21 – циліндр; 22 – ізоляція; 23 – дріт; 24 – кожух; 26 – перфорований паророзподільвач; 28 – гайка.

Проте, пластинчасті теплообмінники можна використовувати в обмежених значеннях температур і тисків. Не рекомендується в пластинчастих теплообмінниках використовувати в якості гріючого середовища водяну пару.

Наявність великої кількості ущільнень ускладнює розбірне миття теплообмінника.

Трубчасті теплообмінники мають просту конструкцію і прості в експлуатації і можуть експлуатуватися при високих значеннях температури і тиску.

Їх доцільно використовувати парі з регенератором, або в тих випадках, коли не передбачено охолодження в процесі подальшої обробки

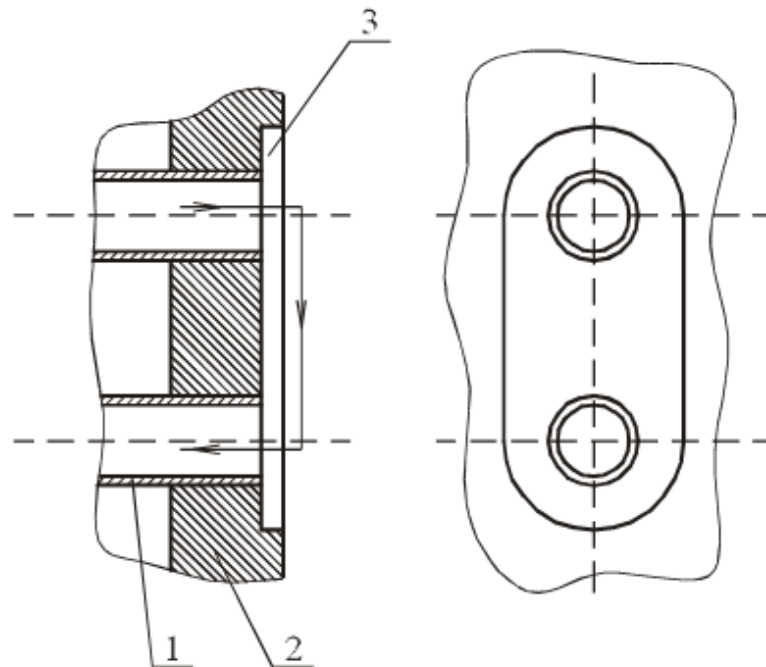


Рис. 1.5. Схема з'єднання труб в трубній решітці.

1 – труба; 2 – трубна решітка; 3 – камера.

В трубчастому теплообміннику по трубах рухається молоко, в міжтрубний простір подається пара.

Трубчастий теплообмінник ТПУ – 2,5 складається з двох однакових циліндрів, з торців яких приварені трубні дошки. В трубні дошки ввальцовані 24 труби з внутрішнім діаметром 26 мм. В трубних дошках (рис. 1.5) є пази, які послідовно з'єднують сусідні труби. При закриванні трубних дошок (рис. 1.4) кришками 14 з прокладками 15 утворюються камери для переходу молока з

однієї труби в іншу. Молоко, яке подається в нижній циліндр, розділяється на два потоки і послідовно проходить всі труби. Аналогічно влаштований і верхній циліндр.

Використання трубчастих теплообмінників для пастеризації молока при виробництві кефіру мало ефективно, оскільки додатково необхідно встановити ще пластинчастий теплообмінник для регенерації теплоти та охолодження до температури заквашування.

Серед теплообмінників трубчастого типу ефективними є теплообмінники типу “Spiraflo” модульного типу. Модулі можуть бути встановлені паралельно, послідовно або послідовно-паралельно, а також можуть інтегруватися з пластинчастими теплообмінниками.

Теплообмінники можна використовувати для високотемпературної обробки, а також при стерилізації.

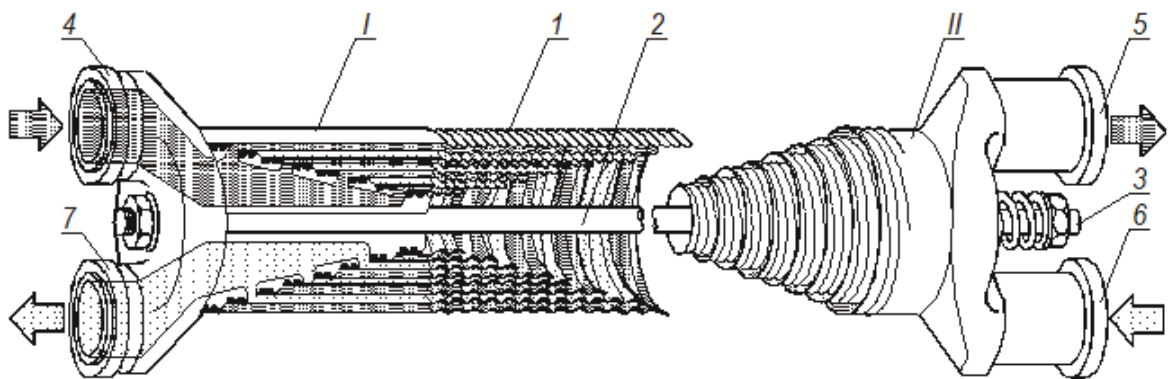


Рис. 1.6. Принципова схема теплообмінників “Spiraflo”:

I – перша частина теплообмінника; II – друга частина теплообмінника; 1 – концентрично встановлені труби; 2 – стержень; 3 – гайка; 4, 5 – вхід і вихід продукту; 6, 7 – вхід і вихід теплоносія.

Дві частини модуля представляють собою співвісно розміщені труби.

В першій частині висота труб збільшується від зовнішньої труби до внутрішньої, в другій - висота труб зменшується від зовнішньої труби до внутрішньої. При стягуванні обох частин на стержні утворюються концентричні канали, по яких по чергово рухається продукт і робоче середовище. За рахунок

рифлів, встановлених на поверхні труб, двосторонньому нагрівані молока в тонкому шарі забезпечується високий коефіцієнт теплопередачі.

Основним недоліком таких теплообмінників є складність експлуатації та висока металоємкість.

Із пороведенного аналізу можна зробити висновок, що найбільш ефективними теплообмінниками для пастеризації молока при виробництві кефіру є пластинчасті теплообмінники.

1.1.2. Пластинчасті пастеризаційно – охолоджувальні установки(ППОУ)

Пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки (ППОУ) дозволяють проводити повний комплекс операцій з термічної і механічної обробки молока при виробництві кефіру.

ППОУ для молока мають типову конструкцію з незначними відмінностями від виду кінцевого продукту. Вони включають балансовий бачок, пластинчастий теплообмінник, витримувач, контур підготовки гарячої води, сепаратор-молокоочишувач, нормалізатор або вершковідділювач, гомогенізатор, засоби для контролю і автоматичного регулювання процесу.

Для пастеризації молока при виробництві кефіру використовують ППОУ марок ОПЛ-5 і ОПЛ-10 (рис. 1.7). Порівняно з іншими установками тут можливе нагрівання молока до температури 85-95° С і охолодження до 17-32° С. Установка включає пластинчастий теплообмінник 5, два сепаратори-молокоочишувачі 9, відцентровий насос для молока 11, відцентровий насос для води 1, вирівнювальний бачок 8, бойлер 2, з'єднувальні трубопроводи 3 і, перепускний клапан 6, регулятор рівномірності потоку 12, прилади управління, контролю і регулювання.

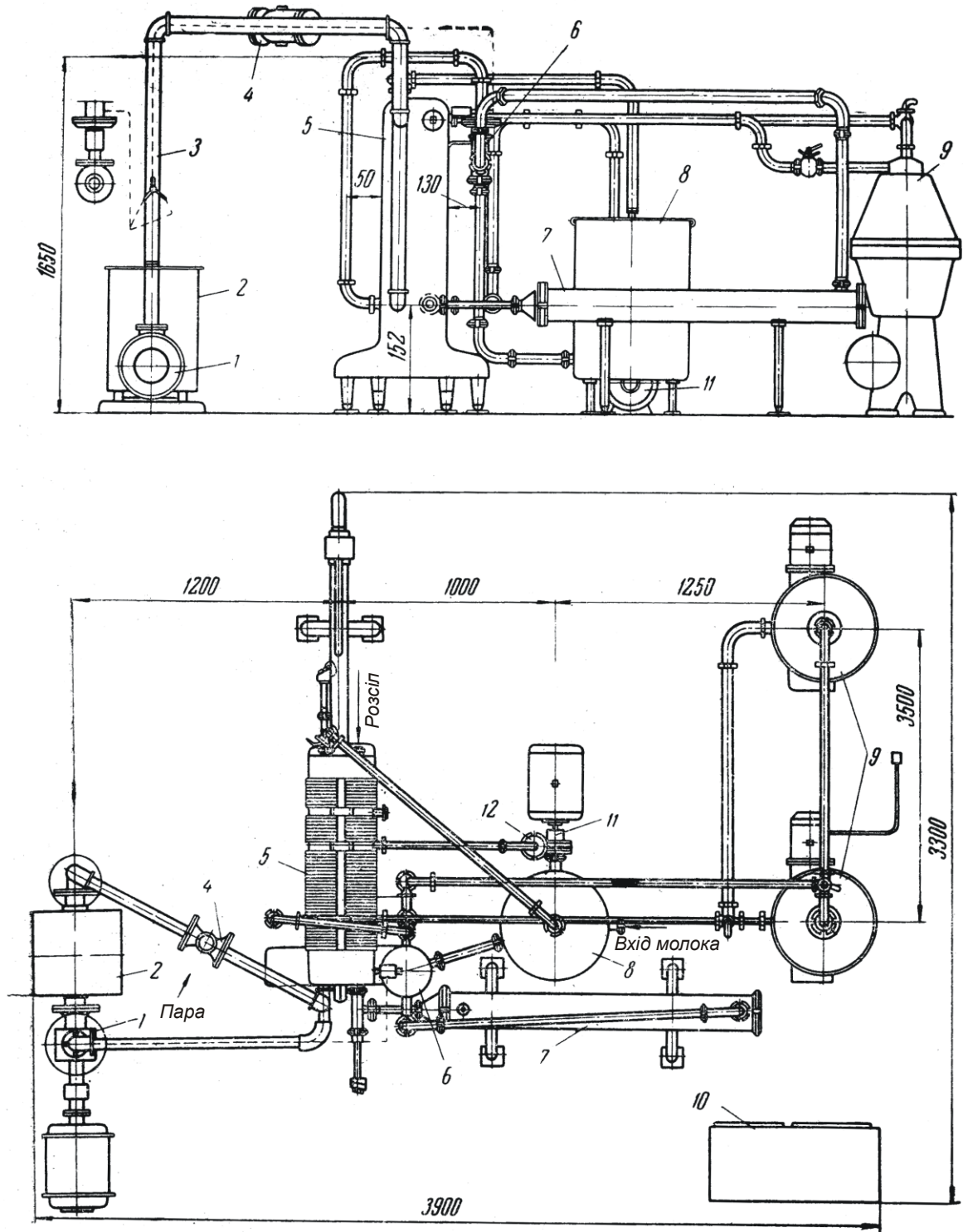


Рис. 1.7. Автоматизована ПШОУ ОПЛ-5.

1 – відцентровий насос для води; 2 – бойлер; 3 – з’єднувальні трубопроводи; 4 – інжектор; 5 – пластинчатий теплообмінник; 6–;7 – витримувач; 8 – вирівнювальний бачок; 9 – сепаратори-молокоочищувачі; 10 – щит керування; 11 – відцентровий насос для молока; 12 – регулятор рівномірності потоку.

Принцип дії ОПЛ-5 і ОПЛ-10 наступний. Молоко з апаратного цеху подається у вирівнювальний бачок з поплавковим регулятором, що дозволяє підтримувати постійний рівень молока, а далі відцентровим насосом направляється в секцію регенерації теплообмінника, де нагрівається молоком, яке виходить з секції пастеризації.

Після секції пастеризації молоко направляється в один із сепараторів молокоочищувачів. Після очищення, під дією напору, що створює сепаратор, направляється в секцію пастеризації, де нагрівається зустрічним потоком гарячої води до заданої температури. Далі молоко подається в гомогенізатор і через перепускний клапан у витримувач, де витримується заданий час. Із витримувача молоко направляється в секцію регенерації протитечійно до сирого молока, віддає своє тепло холодному молоку і одночасно охолоджується. Далі молоко направляється у секцію водяного охолодження. Якщо молоко не досягнуло температури пастеризації, то перепускний клапан змінює напрям його руху після витримувача і воно направляється у вирівнювальний бачок. Регулювати температуру на виході з установки можна змінюючи кількість води, що подається у секцію водяного охолодження.

Підготовка гарячої води проходить в замкнутому контурі шляхом подачі пари в інжекторі. Після виходу із секції пастеризації вода знову потрапляє у бойлер. В установці відсутня секція розсільного охолодження тому таку установку можна використовувати тільки кисломолочних продуктів і сиру.

Коефіцієнт регенерації теплоти знаходиться в межах 0,6 – 0,87.

Фірма SWEP пропонує установку з підвищеною функціональністю. Пластинчастий теплообмінник має збільшену секцію регенерації, що дозволяє використовувати установку для пастеризації молока і при виробництві пастеризованного молока і сиру.

Висновки:

1. Для термічної обробки молока доцільно використовувати пастеризаційно – охолоджувальні установки на базі пластинчастого теплообмінника.

2. Доцільно на базі установки ОПЛ – 10 розробити установку з підвищеною функціональністю.
3. Підвищити коефіцієнт теплопередачі пластинчастого теплообмінника можна за рахунок виготовлення рифлів на його поверхні.

1.2. Техніко – економічне обґрунтування модернізації

Для вибору шляхів модернізації ППОУ зробимо аналіз окремих машин, вузлів і апаратів, які входять в лінію з точки зору споживання енергоресурсів та робочих середовищ на основі лінії ОПЛ -10

1. Теплообмінний апарат.

В установці використовують пластинчастий теплообмінний апарат, який характеризується високим коефіцієнтом передачі теплоти, займає малу площу. Основу апарату складають пластини нанизані на дві штанги прикріплені до стоек. На пластинах виконані рифлі, які збільшують поверхню теплообміну і впливають на коефіцієнт теплопередачі.

При температурі пастеризації молока для виробництва кефіру 90 – 95 °С

Витрати робочих середовищ наступні:

гарячої води – 30 м³/год;

холодної води – 10 м³/год;

пари - 200 кг /год.

2. Вирівнювальний бак - не використовує енергоресурсів;

3. Перепускний клапан, витримувач, регулятор рівномірності потоку – не використовують енергоресурсів;

4. Споживана потужність при роботі одного сепаратора і насосів для подачі води – 14,9 к Вт;

Для нагрівання гарячої води використовується водяна пара тиском 0,15 мПа, ентальпія пари 2690 кДж/кг.

При роботі установки в одну зміну витрати пари будуть становити:

$$P_{п} = P_{пг} \cdot h,$$

де: Ппг -витрати пари за годину роботи установки;

h - тривалість роботи установки в зміну. З врахуванням часу на виведення установки на робочий режим та миття в кінці зміни приймаємо h = 6 год.

$$Пп = 200 \cdot 6 = 1200 \text{ кг.}$$

Загальні витрати теплової енергії будуть становити:

$$Ез = E \cdot Пп,$$

де E – ентальпія водяної пари, в даному випадку рівна 2690 кДж/кг.

При вартості тепла для промислових підприємств в середньому 1480 грн/Гкал. Тільки на підігрівання води для пастеризації витрати становлять:

$$Вг = Ез \cdot Вг,$$

де Вг – вартість 1Гкал тепла.

$$Вг = 1480 \cdot 12,9 = 19092 \text{ грн.}$$

При цьому витрати на електричну енергію значно менші. При вартості приблизно 1,6 кВт/ год витрати становлять

$$Ве = 1,6 \cdot 14,9 \cdot 6 = 143,16 \text{ грн.}$$

Технологічна інструкція виготовлення кефіру [] передбачає температуру пастеризації в межах 80 - 95°C. Тому в роботі передбачено зменшити температуру пастеризації, одночасно збільшивши витримку молока при цій температурі.

1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи

Мета і завдання роботи. Метою магістерської роботи є дослідження процесу теплообміну у пластинчастому ППОУ при виробництві кефіру.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- Провести літературно – патентний аналіз теплообмінного обладнання для теплової обробки харчових продуктів;
- Провести аналіз ППОУ для теплової обробки молока при виробництві кефіру;

- Розробити шляхи модернізації установки для теплової обробки молока при виробництві кефіру;
- Запропонувати методи дослідження процесів у ППОУ;
- Провести розрахунки модернізованого пластинчастого теплообмінника;
- Розробити математичну модель теплообміну у поверхні з рифлями.
- Розробити питання охорони праці і техніки безпеки при експлуатації установки;
- Розробити заходи з безпеки у надзвичайних ситуаціях.

2. Методи та методика досліджень

2.1. Вибір та обґрунтування теоретичних і експериментальних методів та засобів досліджень

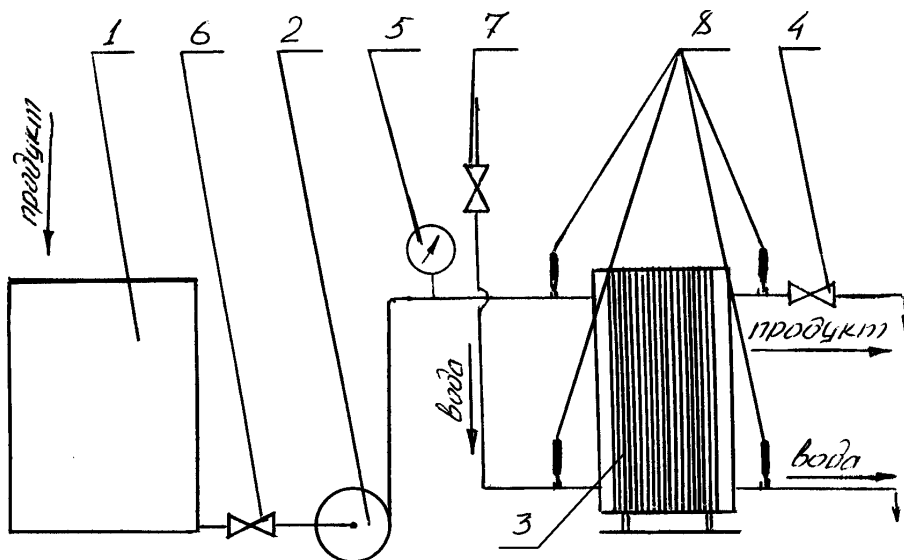


Рис. 2.1. Схема лабораторної установки.

Лабораторна установка складається з бачка 1 для продукту, насосу 2, пластинчатого теплообмінника 3, вентилів 4, 6, 7 для регулювання подачі продукту і гарячої води і термометрів 8.

В теплообміннику встановлено 5 пластини з нержавіючої сталі 18Н10Т, коефіцієнт теплопровідності якої $\lambda = 17,5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Пластини зміні, виконані з різною формою рифлів.

методи в поєднанні з пакетами прикладних програм, наприклад, MathCad, Calc.

Відбирання та підготовлення зразків до аналізів робили згідно ГОСТ 26809-86; дослідження органолептики (смакових відчуттів, запаху, щільності, оцінка зовнішнього вигляду та забарвлення) виконували шляхом візуального огляду.

Тиск досліджували шляхом механічної манометрії за допомогою манометра, з точністю вимірювань по 1: ДА 1001-500 кПа-1 ТУ ГОСТ 2405-88.

Манометр підключали до робочої місткості експериментальної установки крізь спеціальний канал.

Для вимірювання температури було застосовано метод контактного вимірювання температури за допомогою хромель-копелевих термопар, підключених до цифрового показуючого приладу марки ХК (L) $-50\div 0\div 800$ С 0.15/0.05. У випадку досліджень температури в потоці робочої суміші термопари встановлювались у відповідні технологічні отвори. При дослідженні температур на робочих поверхнях, було здійснено очистку і полірування досліджуваних поверхонь в місцях знімання показів, а також очистку і полірування термопар, після чого оброблені поверхні склеювались.

Таблиця 2.1

Технічні параметри хромель-копелевих термопар.

№ п/п	Назва показника, розмірність	Значення показника
1	Нижня межа діапазону вимірюваних температур, °С	- 200
2	Верхня межа діапазону вимірюваних температур, °С	600 (800)
3	Клас	2; 3
4	Межа допустимого відхилення для класу	
4.1	2	± 2,5 від -40 до 300 °С включ.; ± 0,0075 · t понад 300 до 800 °С включ.;
4.2	3	± 0,015 · t від -200 до -100 °С включ.; ± 2,5 від -100 до 100 °С включ.

Технічні параметри хромель-копелевих термопар нормуються ГОСТ 6616-94 “Перетворювачі термоелектричні. Загальні технічні вимоги”:

Умовне позначення хромель-копелевих термопар ТХК: L.

L / {клас 2-3} / {нижній діапазон} ÷ {верхній діапазон}

2.2. Аналіз застосування інформаційних технологій в дипломній роботі.

Завданням на дипломне проектування передбачається виконання ряду завдань, для вирішення яких необхідно застосувати програмне забезпечення.

Для виконання пошуку інформації в мережі Інтернет застосували один із найбільш поширених інтернет-браузерів Google Chrome.

Для аналізу інформації, отриманої з мережі Internet, застосовано програму Adobe Reader.

Для оформлення текстової частини розрахунково-пояснювальної записки застосовано найбільш поширений текстовий редактор Write пакету Open Office.

Для виконання інженерних розрахунків та побудови графіків використано програму Calc цього ж пакету.

Для виконання графічних побудов застосовували пакет AutoCAD фірми Autodesk.

2.3. Вибір методів аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.

При оцінюванні отриманих експериментальних даних застосовувались методики математичної статистики [4]. При цьому визначали наступні показники:

середнє арифметичне значення вимірюваної величини:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

де X_i – одиничне значення експериментального вимірювання;

n – кількість вимірювань.

абсолютне відхилення від середньої величини:

$$\Delta X = \bar{X} - X_i$$

середньоквадратичне відхилення:

$$\bar{S} = \sqrt{S^2}$$

середня квадратична похибка середнього арифметичного значення:

$$S_{\bar{X}} = \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$$

точність визначення:

$$E_{\alpha} = t_{\alpha, f} \cdot S_{\bar{X}},$$

де $t_{\alpha, f}$ – коефіцієнт Стюдента, що визначається з таблиць [63] при заданій довірчій вірогідності (надійності) $\alpha = 0,95$ і при числі ступеней свободи $f = n-1$.

довірчий інтервал:

$$\bar{X} \pm E_{\alpha}$$

відносну похибку:

$$\Omega = \left[\frac{E_{\alpha}}{\bar{X}} \right] \cdot 100\%$$

Забезпечення достовірності експериментів здійснювалось за рахунок трикратного повторювання експериментів.

3. Розроблення нових технічних вирішень для модернізованої ППОУ

3.1 Розрахункова частина

Вихідні дані:

Продуктивність установки для виробництва кефіру - 10000кг/год;

Початкова температура кефіру - $t_1 = 6^\circ\text{C}$;

Температура пастеризації при виробництві кефіру $t_3 = 86^\circ\text{C}$;

Температура заквашування кефіру 18-20 (літом), 20 -22 (зима)

Температура кефіру, яке направляється на розлив - $t_6 = 5^\circ\text{C}$;

Робочі середовища:

Гаряча вода - $t_{\text{ГВ}} = 95^\circ\text{C}$;

Кратність гарячої води - $n_r = 3$;

Водогінна вода - $t_{\text{В}} = 10^\circ\text{C}$;

Кратність водогінної води $n_{\text{В}} = 2$

Льодяна вода - 1°C .

Кратність льодяної води - $n_{\text{ВЛ}} = 3$;

Коефіцієнт регенерації $e = 0,85$;

Теплоємність кефіру $c_{\text{М}} = 3850 \text{ кДж/кг}$;

Теплоємність води $c_{\text{ГВ}} = 4187 \text{ кДж/кг}$

Теплообмінник для пастеризації кефіру при виробництві кефіру на базі пластили П2.

Основні дані пластили:

поверхня теплообміну $F = 0,42\text{м}^2$;

робоча ширина пластили $b = 0,37\text{м}$;

приведена довжина потоку $L_{\text{ц}} = 0,8\text{м}$;

віддаль між пластили $h = 0,0028\text{м}$;

площа поперечного перерізу каналу $f_1 = 0,0008\text{м}^2$;

еквівалентний діаметр потоку $d_e = 2h = 0,0056 \text{ м}$;

товщина пластили $\delta = 0,0015\text{м}$;

теплопровідність пластини $\lambda = 16 \text{ Вт / (м К)}$.

Визначаємо середні різниці температур по секціях теплообмінника:

а) У секції регенерації.

Температуру не пастеризованного кефіру в кінці секції регенерації визначаємо за формулою:

$$t_2 = t_1 + e(t_3 - t_1) = 6 + 0,85(86 - 6) = 74 \text{ C.}$$

Температура пастеризованого кефіру на виході із секції регенерації:

$$t_4 = t_1 + (t_3 - t_2) = 6 + (86 - 74) = 18^\circ \text{ C.}$$

Різниця температур в секції регенерації:

$$\Delta t_p = (t_3 - t_2) = 86 - 74 = 12^\circ \text{ C.}$$

б) У секція пастеризації.

На основі балансу теплоти температура гарячої води на виході із секції пастеризації:

$$\begin{aligned} t_{гк} &= t_{гп} - c_m(t_3 - t_2) / (c_g \cdot m_{гп}) = 95 - 3850(86 - 74) / (4187 \cdot 3) \\ &= 91^\circ \text{ C} \end{aligned}$$

Визначаємо середню різницю температур у секції пастеризації:

$$\Delta t_б = t_{гк} - t_2 = 95 - 74 = 21^\circ \text{ C},$$

$$\Delta t_м = t_{гп} - t_3 = 91 - 86 = 5^\circ \text{ C.}$$

$$\Delta t_б / \Delta t_м = 21/5 = 4,5 > 2$$

Середня різниця температур за формулою складає:

$$\Delta t_п = (21 - 5) / 2,3 \lg 4,5 = 5,2 \text{ C.}$$

в) у секції охолодження водогінною водою.

Приймаємо температуру кефіру, що виходить із секції водяного охолодження $t_5 = 12^\circ \text{ C}$

Температуру водогінної води, що виходить із секції, розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} t_{вк} &= t_{вп} + c_m(t_4 - t_5) / (c_{вп} \cdot m) = \\ &= 10 + 3875(18 - 12) / 4187 \cdot 2 = 14^\circ \text{ C.} \end{aligned}$$

$$\Delta t_б = t_4 - t_{вп} = 18 - 14 = 4^\circ \text{ C.}$$

$$\Delta t_m = t_5 - t_{вп} = 12 - 10 = 2^\circ \text{C}.$$

$$\Delta t_6 / \Delta t_m = 4 / 2 = 2 \leq 2$$

Середню різницю температур в секції охолодження льодяною водою:

$$\Delta t_v = (4 + 2) / 2 = 3^\circ \text{C}.$$

г) у секції охолодження льодяною водою.

Температуру льодяної води, що виходить із секції, розраховуємо за формулою:

$$t_{вк} = t_{вп} + c_m (t_5 - t_6) / c_{впв} = \\ = 1 + 3875 (12 - 5) / 4187 \cdot 3 = 3^\circ \text{C}.$$

$$\Delta t_6 = t_4 - t_{вк} = 12 - 3 = 9^\circ \text{C}.$$

$$\Delta t_m = t_5 - t_{вп} = 5 - 1 = 4^\circ \text{C}.$$

$$\Delta t_6 / \Delta t_m = 9 / 4 = 2,25 > 2$$

Середню різницю температур в секції охолодження льодяною водою:

$$\Delta t_v = (9 - 4) / 2,3 \lg 3,5 = 3,9^\circ \text{C}.$$

Визначаємо швидкість потоків у секціях

Об'ємна продуктивність установки по молоку:

$$V = C / 3600 \rho = 10000 / 3600 \cdot 1025 = 0,0027 \text{ м}^3/\text{с},$$

де ρ - густина кефіру при $t_{cp} = 40^\circ \text{C}$ рівна $1021 \text{ кг}/\text{м}^3$

При швидкості молока $\omega_m = 0,46 \text{ м}/\text{с}$ число каналів в пакеті складає:

$$m = V / (f_1 \omega) = 0,0027 / (0,0008 \cdot 0,46) = 7,33$$

Приймаємо $m=8$. Тоді дійсна швидкість кефіру:

$$\omega = 0,46 \cdot 7,33 / 8 = 0,42 \text{ м}/\text{с}.$$

Швидкість водогінної води приймаємо в 2 рази більшою за швидкість кефіру.

Швидкість гарячої і льодяної води приймаємо в 3 рази більшою за швидкість кефіру.

$$\omega_{гв} = \omega_{лв} = 3 \cdot 0,42 = 1,26 \text{ м}/\text{с}.$$

Визначаємо теплофізичні параметри кефіру і робочих рідин :

а) У секції регенерації теплоти:

При середній температурі кефіру при виробництві кефіру в секції регенерації (сторона нагріву):

$$t_{cp} = 0,5 (t_1 + t_2) = 0,5 (6 + 74) = 40^\circ\text{C}.$$

$$\lambda_m = 0,502 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \quad \mu = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \rho = 1023 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$c = 3904 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); \quad \text{Pr} = 9,74.$$

При середній температурі пастеризованого кефіру для виробництва кефіру (сторона охолодження)

$$t_{cp} = 0,5 (t_3 + t_4) = 0,5 (86 + 18) = 52^\circ\text{C}$$

фізичні характеристики будуть наступні:

$$\lambda_m = 0,513 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \quad \mu = 0,94 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \rho = 1017 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$c = 3882 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad \text{і} \quad \text{Pr} = 7,12.$$

б) У секції пастеризації:

При середній температурі гарячої води :

$$t_{cp} = 0,5 (t_{гп} + t_{гк}) = 0,5(95 + 91) = 93^\circ\text{C}.$$

тепло - фізичні характеристики води наступні:

$$\lambda = 0,673 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \quad \mu = 0,37 \times 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \rho = 973 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$c = 4193 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad \text{і} \quad \text{Pr} = 2,3.$$

Середня температура кефіру при виробництві кефіру у секції пастеризації

$$t_{cp} = 0,5 (86 + 74) = 80^\circ\text{C}.$$

Теплофізичні характеристики наступні :

$$\lambda = 0,525 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \quad \mu = 0,63 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \rho = 1005 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$c = 3850 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad \text{і} \quad \text{Pr} = 4,62.$$

в) У секції охолодження кефіру водогінною водою.

Середній температурі холодної води (сторона нагріву)

$$t_{cp} = 0,5 (t_{вп} + t_{вк}) = 0,5 (10 + 14) = 12^\circ\text{C}.$$

відповідають:

$$\lambda = 0,572 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \quad \mu = 1,35 \times 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$c = 4193 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \text{ і } Pr = 9,85.$$

$$t_{cp} = 0,5 (t_4 + t_5) = 0,5 (18 + 12) = 15^\circ \text{C}$$

Відповідають:

$$\lambda = 0,49 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \mu = 2,28 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}; \rho = 1031 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$c = 3876 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \text{ і } Pr = 18.$$

г) У секції охолодження кефіру при виробництві кефіру льодяною

водою

Середня температура льодяної води (зі сторона нагріву)

$$t_{cp} = 0,5(t_{лп} + t_{лк}) = 0,5(1 + 3) = 2^\circ \text{C}$$

Значення тепло-фізичних характеристик льодяної води наступні :

$$\lambda = 0,555 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \mu = 1,71 \times 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}; \rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$c = 4208 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \text{ і } Pr = 12,96.$$

При середній температурі кефіру у секції охолодження льодяною

водою

$$t_{cp} = 0,5 (t_5 + t_6) = 0,5 (12 + 6) = 9^\circ \text{C}$$

Теплофізичні параметри наступні :

$$\lambda = 0,487 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \mu = 2,82 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}; \rho = 1032 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$c = 3869 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \text{ і } Pr = 26,1.$$

Визначаємо числа $Re = \omega d_e \rho / \mu$.

а) Секція регенерації теплоти:

Для холодного кефіру

$$Re = 0,46 \cdot 0,0056 \cdot 1023 / 1,25 \cdot 10^{-3} = 2017$$

Для гарячого кефіру

$$Re = 0,46 \cdot 0,0056 \cdot 1017 / 0,94 \cdot 10^{-3} = 2666$$

Секція пастеризації кефіру :

$$\text{Для кефіру } Re = 0,46 \cdot 0,0056 \cdot 1005 / 0,63 \cdot 10^{-3} = 3931$$

$$\text{Для гарячої води } Re = 1,38 \cdot 0,0056 \cdot 973 / 0,37 \cdot 10^{-3} = 20319$$

б) Секція охолодження водогінною водою:

$$\text{Для кефіру } Re = 0,46 \cdot 0,0056 \cdot 1031 / 2,28 \cdot 10^{-3} = 1114$$

$$\text{Для води } Re = 0,92 \cdot 0,0056 \cdot 1000 / 1,35 \cdot 10^{-3} = 3650$$

Секція охолодження кефіру льодяною водою:

$$\text{Для кефіру } Re = 0,46 \cdot 0,0056 \cdot 1032 / 2,82 \cdot 10^{-3} = 902$$

$$\text{Для льодяної води } Re = 1,38 \cdot 0,0056 \cdot 1000 / 1,71 \cdot 10^{-3} = 4519$$

Визначаємо коефіцієнти тепловіддачі та теплопередачі.

Коефіцієнти тепловіддачі α_1 і α_2 для пластин П-2 розраховуємо за формулою:

$$\alpha = 0,1 \lambda Re^{0,7} Pr^{0,43} / de.$$

а) Секція регенерації теплоти.

При охолодженні пастеризованого кефіру:

$$\alpha_1 = 0,1 \cdot 0,513 \cdot 2666^{0,7} \cdot 7,12^{0,43} / 0,0056 = 5329 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

При нагріванні сирого кефіру:

$$\alpha_2 = 0,1 \cdot 0,502 \cdot 2017^{0,7} \cdot 9,74^{0,43} / 0,0056 = 4907 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі розраховуємо за формулою з врахуванням відкладень на пластинах при коефіцієнті використання $\varphi = 0,9$:

$$K_p = 0,9 / (1/5329 + 0,0012/16 + 1/4907) = 1957 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

б) Секція пастеризації кефіру для виробництва кефіру.

Для гарячої води, що використовується для нагрівання, :

$$\alpha = 0,1 \cdot 0,773 \cdot 20319^{0,7} \cdot 2,30,43 / 0,0056 = 20468 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К};$$

Для кефіру:

$$\alpha_2 = 0,1 \cdot 0,525 \cdot 3931^{0,7} \cdot 4,62^{0,43} / 0,0056 = 5938 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі з врахуванням нашарування осаду на пластинах при коеф. використання поверхні $\varphi = 0,85$:

$$K_p = 0,85 / (1/20468 + 0,0012/16 + 1/5938) = 2634 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К};$$

в) Секція охолодження кефіру водою.

Для охолодженого кефіру:

$$\alpha_1 = 0,1 \cdot 0,49 \cdot 1114^{0,7} \cdot 18^{0,43} / 0,0056 = 4118 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Для водогінної води:

$$\alpha_2 = 0,1 \cdot 0,572 \cdot 3650^{0,7} \cdot 9,85^{0,43} / 0,0056 = 8511 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К};$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K_B = 0,85 / (1/4118 + 0,0012/16 + 1/8511) = 1947 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

г) Секція охолодження кефіру льодяною водою.

Для охолодженого кефіру:

$$\alpha_1 = 0,1 \cdot 0,487 \cdot 902^{0,7} \cdot 26^{0,43} / 0,0056 = 4141 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Для льодяної води:

$$\alpha_2 = 0,1 \cdot 0,572 \cdot 4519^{0,7} \cdot 9,85^{0,43} / 0,0056 = 9884 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K_L = 1 / (1/4141 + 0,0012/16 + 1/9884) = 2244 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Розраховуємо робочі поверхні теплообміну, кількість пластин і кількість пакетів в секціях.

а) Секція регенерації теплоти:

$$\begin{aligned} F_p &= G c_m (t_2 - t_1) / (K_p \Delta t_p) = \\ &= 2,78 \cdot 3904 (74 - 6) / (1957 \cdot 12) = 31,4 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Число пластин в секції буде рівним :

$$n_p = F_p / F_1 = 31,4 : 0,42 = 75$$

При числі каналів в пакеті $m = 8$ число пакетів:

$$x_p = n_p / 2m = 75 / 2 \cdot 8 = 4,67$$

приймаємо $x_p = 5$

б) Секція пастеризації кефіру:

Робоча поверхня теплопередачі секції :

$$\begin{aligned} F_{II} &= G c_m (t_3 - t_2) / (K_{II} \Delta t_{II}) = \\ &= 2,78 \cdot 3850 (86 - 74) / (2634 \cdot 5,2) = 9,4 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Число пластин в секції:

$$n_{II} = F_{II} / F_1 = 9,4 : 0,42 = 22$$

Число пакетів в секції на стороні кефіру:

$$x_{II} = n_{II} / 2m = 22 / 2 \cdot 8 = 1,37$$

приймаємо $x_{II} = 2$.

в) Секція охолодження кефіру водою:

Робоча поверхня теплообміну секції:

$$F_B = Gc_m (t_4 - t_5)/(K_B \Delta t_B) = \\ = 2,78 \cdot 3876 (18 - 12)/(1947 \cdot 3) = 11 \text{ м}^2.$$

Число пластин в секції:

$$n_B = F_B/F_1 = 11 : 0,42 = 26.$$

Число пакетів в секції:

$$x_B = n_B/2m = 26/2 \cdot 8 = 1,6.$$

Приймаємо $x_B = 2$.

г) Секція охолодження кефіру льодяною водою:

Робоча поверхня теплопередачі секції:

$$F_L = Gc_m (t_5 - t_6)/(K_L \Delta t_L) = \\ = 2,78 \cdot 3869 (12 - 5)/(2273 \cdot 3,9) = 8,49 \text{ м}^2.$$

Число пластин в секції:

$$n_L = F_L/F_1 = 8,49/0,42 = 20,21.$$

Число пакетів в секції:

$$x_L = n_L/2m = 20,21/2 \cdot 8 = 1,3.$$

Приймаємо 2 пакети

Загальне число пластин в теплообміннику:

$$П = n_p + n_{п} + n_B + n_L = 75 + 22 + 26 + 22 = 145$$

Знаючи для всіх секцій значення m і x , приймаємо наступну компоновку секцій установки:

Секція регенерації: $8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 / 8 + 8 + 8 + 8 + 8$.

Секція пастеризації: $8 + 8 / 16$.

Секція охолодження водою: $8 + 8 / 16$.

Секція охолодження льодяною водою: $8 + 8 / 16$.

Гідравлічний опір теплообмінника.

Для визначення гідравлічного опору використовуємо формулу

$$\Delta p = \xi (L_{п}/de) (\rho \omega^2) x/de$$

де $\xi = 11,2 Re^{-0,25}$;

а) Секція регенерації теплоти $x_p = 5$

б) Для потоку кефіру, що охолоджується при $Re_p = 2017$;

$$\xi = 11,2 \cdot 2017^{-0,25} = 1,67$$

Гідравлічний опір секції зі сторони холодного кефіру:

$$\Delta p = 1,67 \cdot 0,8 \cdot 1027 \cdot 0,46^2 \cdot 5 / (0,0056 \cdot 2) = 128,3 \text{ кПа}$$

Для потоку гарячого охолодженого кефіру при $Re_p = 2666$:

$$\xi = 11,2 \cdot 2666^{-0,25} = 1,56$$

Гідравлічний опір секції зі сторони гарячого кефіру:

$$\Delta p = 1,56 \cdot 0,8 \cdot 1023 \cdot 0,46^2 \cdot 5 / (0,0056 \cdot 2) = 117,4 \text{ кПа}$$

в) Гідравлічний опір секції пастеризації кефіру

г) Для потоку пастеризованого кефіру при $Re = 3951$

$$\xi = 11,2 \cdot 3951^{-0,25} = 1,41$$

Гідравлічний опір секції:

$$\Delta p = 1,41 \cdot 0,8 \cdot 1023 \cdot 0,46^2 \cdot 2 / (0,0056 \cdot 2) = 43,62 \text{ кПа}$$

д) Гідравлічний опір секції охолодження пастеризованого кефіру

водою

е) Для потоку охолодженого кефіру при $Re_b = 1114$:

$$\xi = 11,2 \cdot 1114^{-0,25} = 1,94$$

Гідравлічний опір секції:

$$\Delta p_b = 1,94 \cdot 0,8 \cdot 1031 \cdot 0,46^2 \cdot 2 / (0,0056 \cdot 2) = 43,62 \text{ кПа}$$

ж) Секція охолодження кефіру льодяною водою ($x_d = 2$).

Для потоку кефіру при $Re_p = 902$:

$$\xi = 11,2 \cdot 902^{-0,25} = 2,04$$

Гідравлічний опір секції на стороні холодного кефіру:

$$\Delta p_d = 2,04 \cdot 0,8 \cdot 1032 \cdot 0,44^2 \cdot 2 / (0,0056 \cdot 2) = 58,2 \text{ кПа}$$

Загальний гідравлічний опір теплообмінника по лінії руху кефіру:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \Delta p_p + \Delta p_n + \Delta p_b + \Delta p_d = \\ &= 128,3 + 43,62 + 43,62 + 58,2 = 273,74 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Розрахунок витримувача. Ефективність пастеризації кефіру залежить від температури нагрівання кефіру і тривалості витримки при цій температурі. Необхідний час витримки визначається за формулою:

$$\ln Z = 36,84 - 0,48t,$$

де Z – тривалість перебування кефіру при температурі t , °С;

t – задана температура пастеризації, °С.

При температурі $t = 86$ С час перебування становить

$$\ln Z = 36,84 - 0,48 \cdot 86 = 4,4$$

$$Z = 81 \text{ с.}$$

Для витримування кефіру використовуємо трубчастий витримувач діаметром 35мм., який встановлюємо над теплообмінником.

Довжина витримувача :

$$L = \frac{Z \cdot M}{900 \pi d_b^2} = \frac{10 \cdot 81}{900 \cdot 3,14 \cdot 0,35^2} = 1,8 \text{ м.}$$

Приймаємо довжину витримувача $l = 3$ м

для гарантії завершення температури пастеризації, оскільки не передбачається його ізоляція і можливе часткове охолодження кефіру в процесі руху.

Конструктивно витримувач виконаний у вигляді трьох труб, з'єднаних відводами і муфтами.

3.2. Аналіз отриманих рішень та рекомендації по їх використанню

3.4. Особливості експлуатації і технічного обслуговування ППОУ

Технічна експлуатація теплообмінного обладнання передбачає забезпечення нормальних зовнішніх умов його роботи, надійність стану робочого місця, підтримання обладнання в чистоті, дотримання допустимих режимів роботи теплообмінника, виконання передбачених системою планово-попереджувального ремонту правил міжремонтного обслуговування.

Поряд з іншими операціями при виробництві продуктів харчування важливе місце займає санітарна обробка технологічного обладнання. Мета її – видалення забруднень і знищення мікроорганізмів, для яких залишки продуктів є живильним середовищем. Мікрофлора також може заноситись при обробці внутрішніх поверхонь апаратів вручну.

Особливу увагу необхідно приділити обробці важко доступних місць, отвори в яких забиваються продуктами.

Особливу увагу слід приділити санітарній обробці трубопроводів для рідких харчових продуктів. Такі трубопроводи миють гарячою водою і лужними розчинами.

Обладнання, апаратурне оснащення, приладдя, трубопроводи повинні піддаватися якісному миттю і дезінфекуванню згідно з чинною "Інструкцією з санобробки технологічного обладнання у виробництві рідких, сухих і пастоподібних молокопродуктів для дітей". При цьому рекомендовано застосовувати сертифіковані миючі і дезинфікуючі засоби відповідно до оброблюваних поверхонь.

Щоб забезпечити ретельне виконання періоду санобробки технологічного обладнання та приладдя на всіх дільницях має бути відповідний графік миття та дезінфекування.

Обладнання, не задіяне в роботі після миття та дезінфекування понад 6 год, вдруге треба знезаражувати перед роботою. Мікробіоконтроль якісних показників миття та дезінфекування здійснюється виробничими лабораторіями та відділеннями державного санепідемагляду відразу перед початком роботи.

Для миття та дезінфекування обладнання треба передбачити централізоване виготовленн мицних і дезинфікувальних робочих середовищ, з використанням мийних установок В2-ОЦ2-У для виробництв, які розраховані на 25-50 тонн молока за зміну, У2-ОЦА - для виробництв, які розраховані 100 -150 тон молока за зміну, У2-ОЦП - для виробництв, що розраховані 200 і більш тон молока за зміну.

Приготування робочих середовищ хлорвапна для дезінфекування рук, приладдя, технологічного обладнання, санітарних вузлів повинне виготовлятися із централізовано зробленого 10 %-ного розчину хлорвапна і кожного дня перевіряти вміст активного хлору лаборантом.

Зменшення концентрації, температури і часу циркулювання мийних і дезінфікувальних розчинів, а також не дотримання періодичності миття, згідно чинної інструкцією не припустимо.

У випадку, якщо не передбачено приладдя для контролю в реальному часі та концентрування робочих розчинів, склад цих розчинів контролюється лаборантами двічі-тричі протягом зміни і, за потреби, доводиться до належного рівня.

Для миття та дезінфекування рприладдя, тари, візків, контейнерів тощо обладнають спецприміщення з водостійкою підлогою, наявними гострою парою, теплою та холодною водою, стоком брудної води та вентиляцією.

Для ручного миття та дезінфекування розбірних частин обладнання (трубопроводів, вентилів, дозаторів тощо) застосовують трисекційні мобільні ванни зі патрубками для зливу робочих середовищ. Розміщення патрубків повинно забезпечувати повне зливання середовищ. Ванни мають мати полиці для висушування митих деталей.

Мікробіоконтроль помитого технологічного обладнання має здійснюватися лабораторією виробництва з внесенням записів у журнал миття обладнання.

Результати бакдосліджень змивів, які вказують на незадовільне миття і дезінфекування обладнання, повинні бути оприлюднені із зазначенням відповідальних осіб.

Система миття та дезінфекування обладнання та трубопроводів має складатися з кількох автономних контурів:

- устаткування і трубопроводи для сирого молока та непастеризованих рідких компонентів;
- теплообмінники та обладнання, яке розміщене у загальній схемі з ними;

- місткості, молокопроводи, фасувальні автомати для стерилізованих молокопродуктів;
- місткості, молокопроводи, фасувальні автомати цеху виробництва продуктів дитячого харчування;
- місткості, молокопроводи, фасувальні автомати цеху виробництва молока та кефіру;
- обладнання для сиру.

4. Математичне моделювання технічної системи, що розглядається в роботі

4.1. Розроблення математичної моделі гідродинаміки і теплообміну в плоских хвильових каналах

Математичне моделювання гідродинамічних і теплообмінних процесів у каналах і областях довільної конфігурації представляє великий науковий і практичний інтерес для різних областей техніки.

Значна частина робіт, в яких застосовуються обчислювальні методи, присвячена дослідженню процесів динаміки і теплообміну в областях найпростішої форми. Такі задачі мають певне прикладне значення і звичайно є тестовими для перевірки працездатності побудованої математичної моделі.

Реальні області руху, що зустрічаються на практиці, далеко не завжди мають просту форму. До таких областей можна віднести, в першу чергу, канали з наявністю перешкод на стеках. Особливий практичний інтерес представляють канали, що мають нерегулярну криволінійну межу (дифузори, криволінійні і хвильові канали). Раніше розрахунки подібних каналів проводилися з використанням криволінійних координат і розрахункових сіток, адаптованих до меж області течії. Але задача побудови криволінійної сітки сама по собі вже є достатньою складною. В даний час проблема генерації розрахункових сіток утворює самостійний розділ обчислювальної гідродинаміки. Тому на перше місце виходить задача створення інженерного методу розрахунку і комплексу програм по математичному моделюванню процесів гідродинаміки і теплообміну в областях складних геометричних форм з використанням відносно простих розрахункових сіток, не зв'язаних з геометричними межами досліджуваних каналів.

4.1.1. Математична модель і чисельний метод рішення

Математична постановка задачі включає систему рівнянь Нав'є-Стокса і енергії для випадку стаціонарного двовимірного перебігу в'язкої нестискуваної рідини:

$$\frac{\partial \rho U}{\partial x} + \frac{\partial \rho V}{\partial y} = 0 \quad (4.1)$$

Чисельне дослідження гідродинаміки і теплообміну в плоских хвильових каналах

$$\rho U \frac{\partial U}{\partial x} + \rho V \frac{\partial U}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \frac{\partial U}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \frac{\partial U}{\partial y} \right] - \frac{\partial p}{\partial x} \quad (4.2)$$

$$\rho U \frac{\partial V}{\partial x} + \rho V \frac{\partial V}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \frac{\partial V}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \frac{\partial V}{\partial y} \right] - \frac{\partial p}{\partial y} \quad (4.3)$$

$$\rho U \frac{\partial T}{\partial x} + \rho V \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\mu}{Pr} \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\mu}{Pr} \frac{\partial T}{\partial y} \right] \quad (4.4)$$

де U, V - складові швидкості, T - температура, p - тиск μ - динамічна в'язкість ρ - густина, Pr - число Прандтля.

Система рівнянь доповнюється відповідними початковими і граничними умовами. Представлені рівняння показують, що залежні змінні підкоряються деякому узагальненому закону збереження. Якщо позначити залежну змінну через Φ , то узагальнене диференціальне рівняння прикмет вигляд

$$\text{div}(\rho \bar{U} \Phi) = \text{div}(\Gamma \text{grad} \Phi) + S \quad (4.5)$$

де U - вектор швидкості, Γ - коефіцієнт дифузії, S - джереловий член. В справжній роботі перевага при рішенні рівнянь Нав'є-Стокса і енергії віддана кінцево-різницевому методу контрольного об'єму, основна ідея якого описана в [7,8].

Проблема побудови розрахункових сіток має особливу актуальність у зв'язку з тим, що точність і швидкість збіжності чисельного методу визначається не тільки порядком апроксимації початкових диференціальних рівнянь і ефективністю алгоритму рішення їх різницевого аналога, але в значній мірі - способом побудови різницевої сітки. Крім того, від вибору розрахункової сітки, що використовується, багато в чому залежить точність одержуваної чисельної інформації і її фізична достовірність. В даній роботі використовується ортогональна, регулярна сітка з шаховим зберіганням інформації. Для такої сітки вузли, в яких зберігаються подовжня і поперечна складові швидкості, зсунуті щодо «основних» вузлів в подовжньому і поперечному напрямі відповідно. Вживання шахової схеми зберігання інформації обумовлено наявністю цілого ряду переваг, оскільки дозволяє: - точно записати дискретний аналог рівняння нерозривності; - точно розрахувати градієнти тиску в рівняннях збереження кількості руху; - точно визначити конвективні потоки для контрольних об'ємів, що охоплюють «основні» вузли.

Для опису каналів з складною геометрією в роботі використовується метод заблокованих областей. Його суть полягає в тому, що з побудованої регулярної сітки вимикають (блокують) частину контрольних об'ємів так, щоб контрольні об'єми, що залишилися, повністю описували дану нерегулярну область. При цьому істинна межа області апроксимується за допомогою набору прямокутних сходинок. В даних задачах вимкнена область є твердою межею, що дозволяє нам покласти значення швидкостей в ній рівними нулю.

Обчислювальний алгоритм рішення задачі заснований на процедурі SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations). Більш докладно чисельний метод рішення і обчислювальна процедура його реалізації описані в [8]. Рішення системи нелінійних рівнянь алгебри в справжній роботі здійснюється комбінацією ітераційного методу Гаусса-Зейделя і методу прогону по поперечних лініях розрахункової сітки. Для забезпечення більшої стійкості рішення застосовується метод нижньої релаксації.

Описана математична модель дозволяє здійснити за допомогою чисельних методів комплексне дослідження тепломасообміну в каналах різних геометричних форм.

Для оцінки можливостей і ступеня універсальності математичної моделі вирішені численні тестові прикладні задачі [8]:

- розрахунок течії в початковій ділянці плоского прямолінійного каналу;
- розрахунок тепломасообміну в елементах системи охолодження двигуна внутрішнього згоряє за відсутності гідродинамічної стабілізації потоку;
- розрахунок течії в прямолінійних плоских каналах з наявністю внутрішніх перешкод на стінках;
- розрахунок течії в плоскому криволінійному каналі з постійним значенням радіусу кривизни.

Хороше узгодження одержаних в тестових розрахунках результатів з наявними експериментальними даними і розрахунковими даними інших авторів дозволило зробити висновок про працездатність математичної моделі і розробленого комплексу програм.

4.2. Перевірка моделі

4.2.1. Хвильовий канал постійної ширини

Практична значущість задачі. Значна частина робіт, в яких застосовуються обчислювальні методи, присвячена дослідженню процесів динаміки і теплообміну в областях найпростішої форми. Реальні області руху, що зустрічаються на практиці, мають набагато більш складні форми. Особливий інтерес представляють хвильові канали, широко що використовуються в сучасних теплообмінниках, електронному охолоджуваному устаткуванні.

Постановка задачі. Розглянемо ламінарну течію в плоскому хвильовому каналі постійної ширини. Хвильовий канал складається з декількох схожих по своїй геометрії блоків (рис. 4.1).

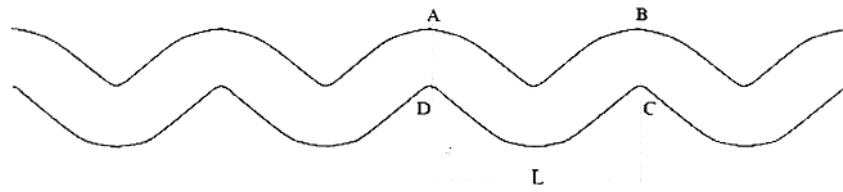


Рис. 4.1. Загальна геометрія хвильового каналу

Загальна довжина досліджуваного каналу вибиралася так, щоб, принаймні, в двох блоках каналу спостерігався сталий періодичний перебіг рідини. Тому для представлення результатів можна використовувати один з блоків, що повторюються (наприклад, А-В-С-Д, рис. 4.2).

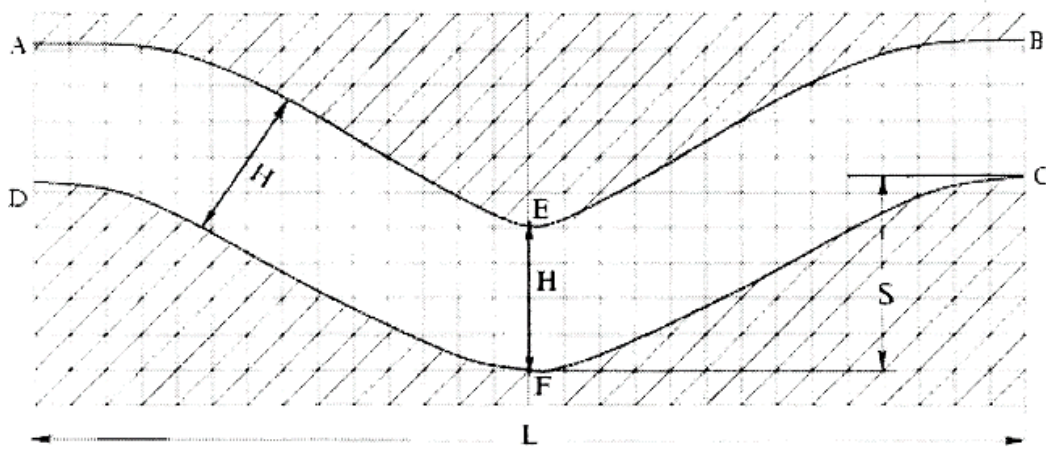


Рис. 4.2. Геометрія досліджуваного блоку каналу і сітка із заблокованими областями

Основними геометричними характеристиками каналу є: H - висота каналу, S - перепад висот хвилі каналу у вертикальному напрямі, L - довжина одного блоку каналу (відстань між сусідніми вершинами). Крім того, геометричні параметри даного хвильового каналу характеризуються наступними показниками: H/S і L/S . При цьому H/S описує кривизну, тоді як L/S показує ступінь хвилястості каналу. Розрахунок течії в справжній роботі здійснений для різних значень характерних параметрів. Для значень $H/S=1$ і $L/S=3$ канал (рис. 4.1) поміщений в розрахункову сітку розміром 280×48 в декартовій системі координат, при цьому один блок каналу укладений в сітці розміром 70×48 .

Для інших значень L/S і H/S розмір сітки варіювався в подовжньому напрямі. Течія на вході вважається безвихровою, тобто подовжня складова

швидкості постійна і рівна U_0 , а похідна поперечною компоненти уздовж потоку рівна нулю: $\partial V/\partial x=0$. На стінках каналу задаються умови «прилипання» $U=V=0$. На виході з каналу - «м'які» граничні умови типу $\partial U/\partial x=0, \partial V/\partial x=0$.

На рис. 4.3 представлені профілі подовжньої складової швидкості при значеннях характерних параметрів $L/S=3, H/S=1$ і різних значеннях числа Рейнольдса ($Re=200, Re=500$) у відповідних характерних перетинах каналу (1 - перетин AD, 2 - перетин EF, 3 - перетин BC), зображеного на рис. 4.3.

Для порівняння на рис.3 крапками представлені дані, одержані по більш точному методу розрахунку [3]. Суть даного методу полягає у використуванні розрахункової сітки, злагодженої з геометричними межами досліджуваного хвильового каналу. Побудова такої сітки здійснюється шляхом комбінації сіток двох типів: декартової на прямолінійних ділянках і полярної - на ділянках, що мають криволінійну межу.

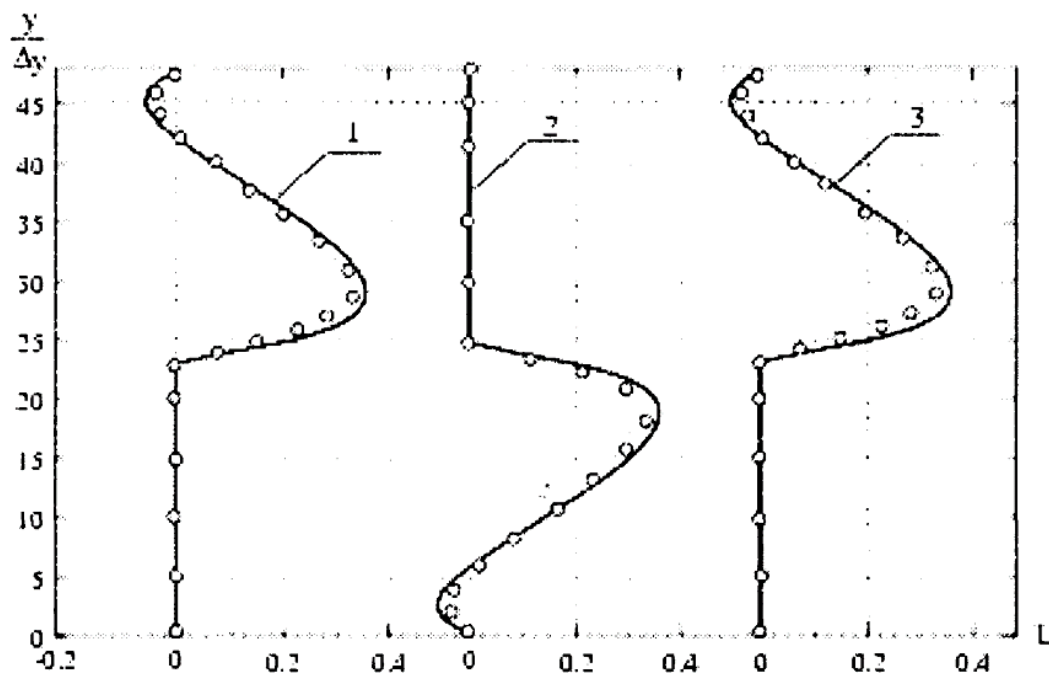


Рис. 4.3. Профілі подовжньої складової швидкості в різних перетинах хвильового каналу; о - розрахунок по методу [3]; розрахунок по запропонованому методу.

На рис. 4.4 представлені ізолінії розрахованій швидкості для тих же характеристик течії і хвильового каналу.

З представлених рисунків видно, що при низьких числах Рейнольдса з'являються малі рециркуляційні зони. При збільшенні числа Re росте і розмір рециркуляційних зон, центр яких зміщується далі вниз по потоку. Зовні цих зон, в зоні головного перебігу ізолінії швидкості практично повторюють геометрію хвильового каналу.

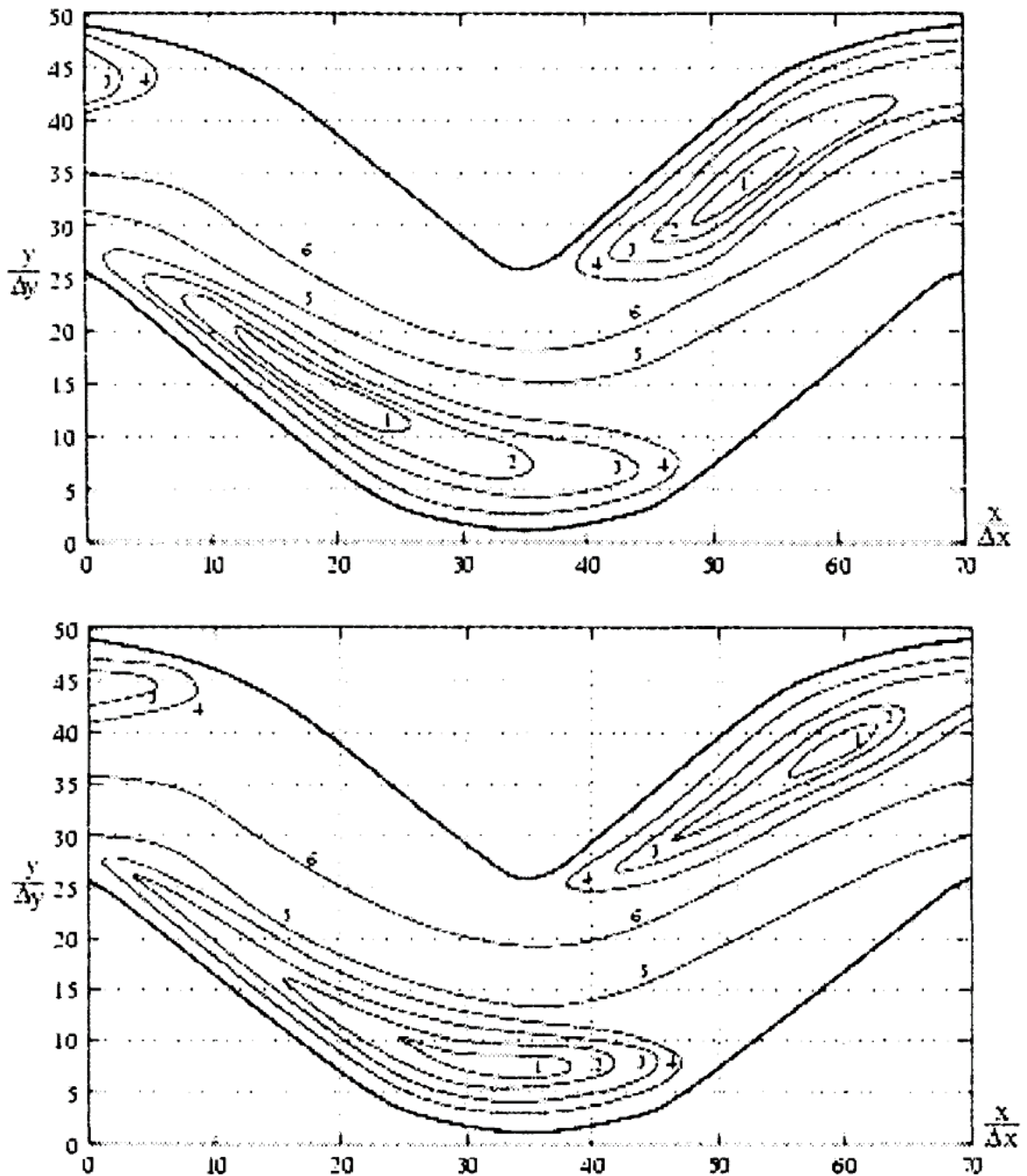


Рис. 4.4. Ізолінії швидкості для хвильового каналу постійної ширини

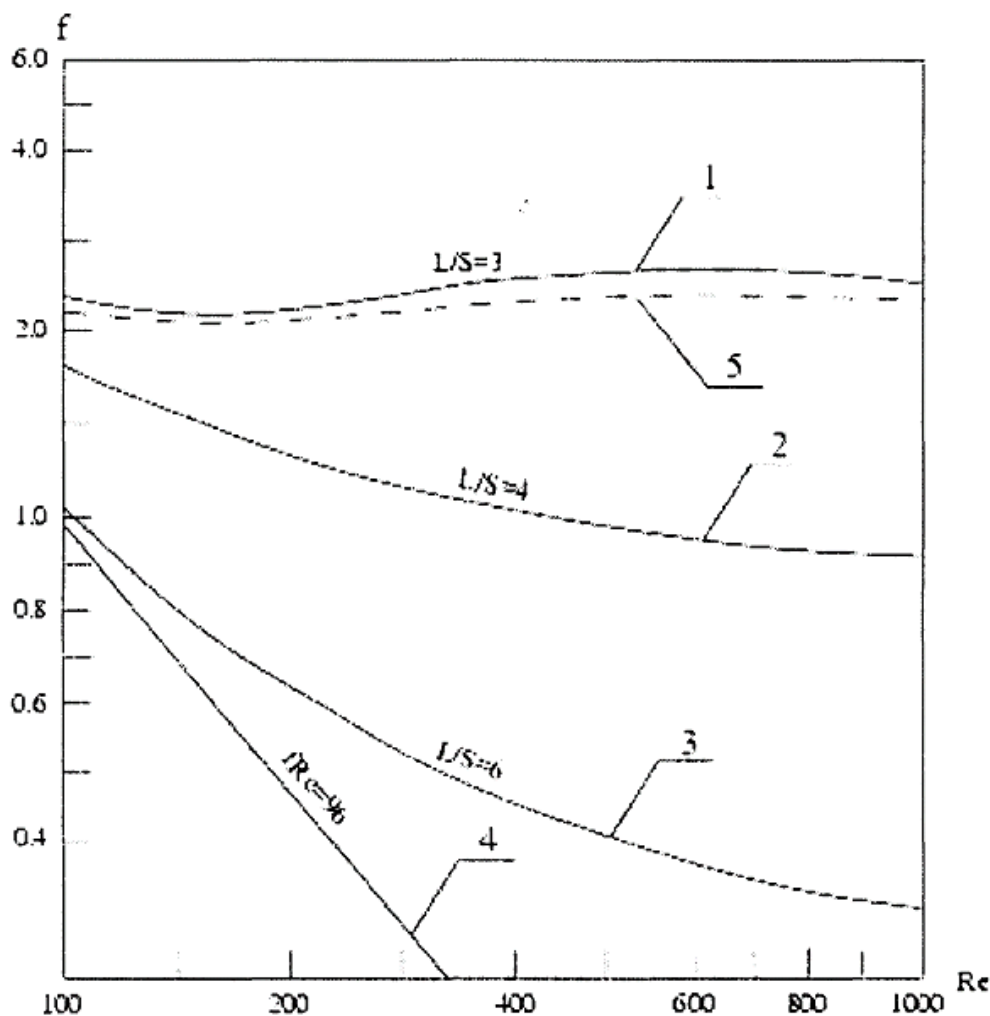


Рис. 4.5. Залежність коефіцієнта тертя від числа Рейнольдса.

Крім того, був розрахований середній коефіцієнт тертя f . На рис. 4.5 представлена залежність коефіцієнта тертя f від числа Рейнольдса Re . Показані криві, одержані при $H/S=1$ і різних значеннях параметра L/S .

З аналізу представлених на малюнку результатів можна зробити висновок про те, що при збільшенні значення параметра L/S , значення коефіцієнта тертя зменшується (криві 1, 2, 3). Це відбувається унаслідок того, що збільшення L/S означає наближення геометрії досліджуваного хвильового каналу до геометрії плоского прямолінійного каналу.

Відзначимо, що коефіцієнти тертя для хвильового каналу вище, ніж для прямолінійного (где $f=96/Re$), причому при великих числах Рейнольдса вони стають майже постійними.

Для порівняння на рис.5 представлена залежність коефіцієнта тертя від числа Рейнольдса в плоскому прямолінійному каналі (крива 4). Крім того, проведено порівняння одержаних результатів з даними [3] - крива 5.

На прикладі хвильового каналу постійної ширини проведений розрахунок параметрів теплообміну. На рис.6 представлена залежність розрахованого числа Нуссельта від числа Рейнольдса, показані криві, одержані при $H/S=$ і різних значеннях параметра L/S .

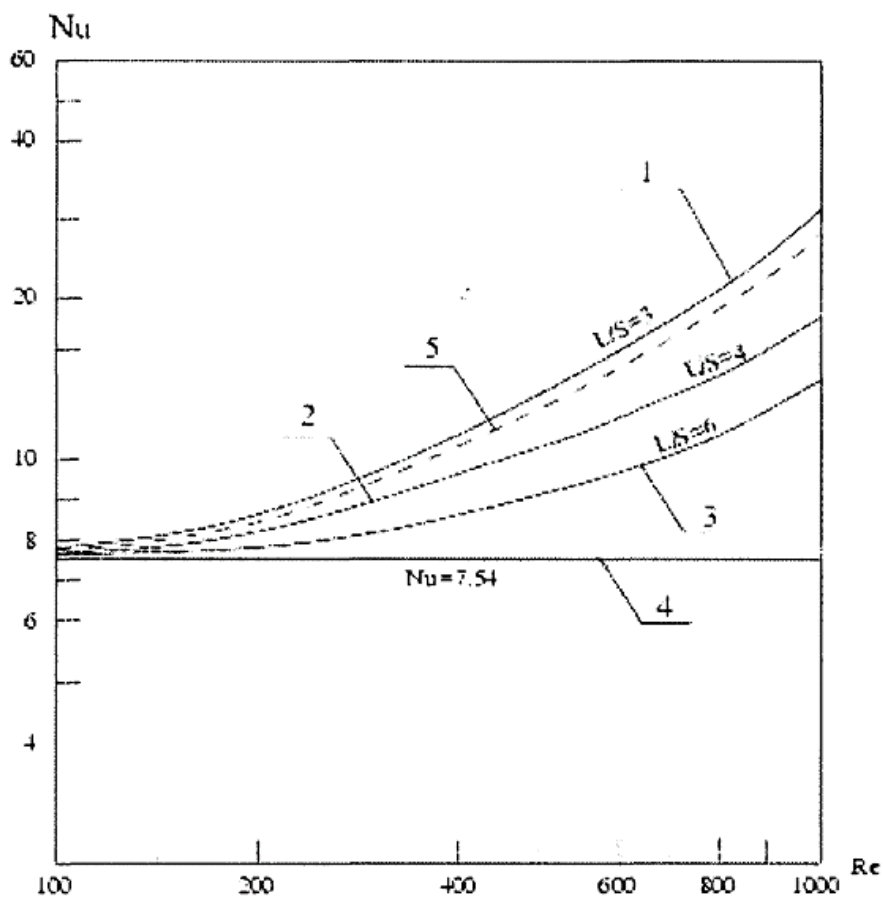


Рис. 4.6. Залежність числа Нуссельта від числа Рейнольдса

Аналіз одержаних результатів дозволяє зробити висновок про те, що при збільшенні значення параметра L/S , значення числа Нуссельта зменшується (криві 1, 2 і 3). Збільшення параметра L/S означає наближення геометрії хвильового каналу до геометрії плоского каналу при розвиненій течії в якому число Нуссельта $Nu=7.54$ і не залежить від числа Рейнольдса. З малюнка видно,

що при малих числах Рейнольдса всі три криві асимптотично наближаються до значення $Nu=7.54$ (крива 4). При розвиненій течії в хвильовому каналі число Нуссельта $Nu>7.54$, причому набагато більше в області високих значень числа Рейнольдса. Так само як і раніше проведено порівняння результатів, одержаних в справжній роботі, з даними [3], представленими кривою 5.

Висновки. Хороше узгодження представлених даних дозволяє говорити про високу точність даного методу і про можливість розрахунку параметрів теплообміну по запропонованій моделі.

4.2.2. Хвильовий канал змінної ширини

Практична значущість задачі. Вивчення перебігу рідини в хвильових каналах змінної ширини досить корисне при моделюванні різних теплообмінників. Хоча розрахунок характеристик теплообміну і течії в хвильових каналах постійної ширини більш доступний для обчислювача, задача в поточній постановці є, очевидно, більш актуальною.

Це зв'язано з тим, що реальні області, як правило, менш регулярні, і геометрія проєктованих каналів є складнішими конфігураціями - не завжди вдається побудувати сітку, адаптовану до межі розрахункової області. Можливість розрахунку таких криволінійних каналів дозволить, принаймні, у принципі, розрахувати газодинамічні тракти складної конфігурації без використання складних розрахункових сіток.

При цьому для такого каналу, на відміну від попереднього, немає можливості вирішити поставлену задачу застосовуючи комбінацію двох типів розрахункових сіток (в полярній і декартовій системах координат).

Постановка задачі і результати розрахунку. Постановка вирішуваної задачі практично повністю аналогічна задачі, описаній в п.3.2.1. Розглядається перебіг рідини в плоскому хвильовому каналі змінної ширини (рис. 4.7).

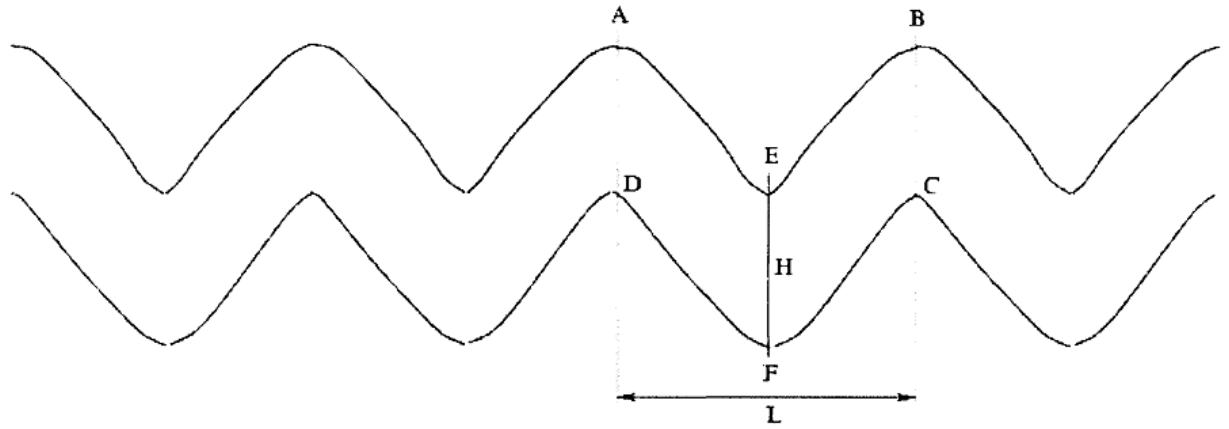


Рис.7. Загальна геометрія хвильового каналу змінної ширини

Як область дослідження як і раніше розглядатимемо один з блоків каналу А-В-С-Д, що повторюються. Основними геометричними характеристиками каналу тепер є: H - висота каналу (відстань по вертикалі між стінками каналу, наприклад, в перетині AD), H_1 - відстань по нормалі до осі (стінок) між стінками каналу, S - перепад висот хвилі каналу у вертикальному напрямі, L - довжина одного блоку каналу.

Як і раніше, геометричні параметри даного хвильового каналу характеризуються показниками H/S і L/S . Загальний характер течії добре видний на представлених на рис.3.8 ізолініях швидкості, одержаних для значень геометричних параметрів $L/S=3$ і $H/S=1$ і різних чисел Рейнольдса ($Re=100$, $Re=200$).

З представлених малюнків видно, що при збільшенні числа Рейнольдса, а, отже, і при збільшенні швидкісних характеристик потоку, зростає і інтенсивність поворотних течій. Для аналізу впливу параметра L/S на гідродинаміку потоку була побудована залежність розрахованого коефіцієнта тертя f від числа Рейнольдса Re . На рис 3.9 представлені криві, одержані для $H/S=1$ і різних значень L/S .

З представленою малюнка видно, що при збільшенні значення параметра L/S , коефіцієнт тертя зменшується (криві 1, 2 і 3). При цьому криві поступово наближаються до залежності коефіцієнта тертя від числа Рейнольдса (крива 4), побудованої для випадку перебігу рідини в плоскому прямолінійному каналі.

Відзначимо, що для великих чисел Рейнольдса значення коефіцієнтів тертя стають майже постійними.

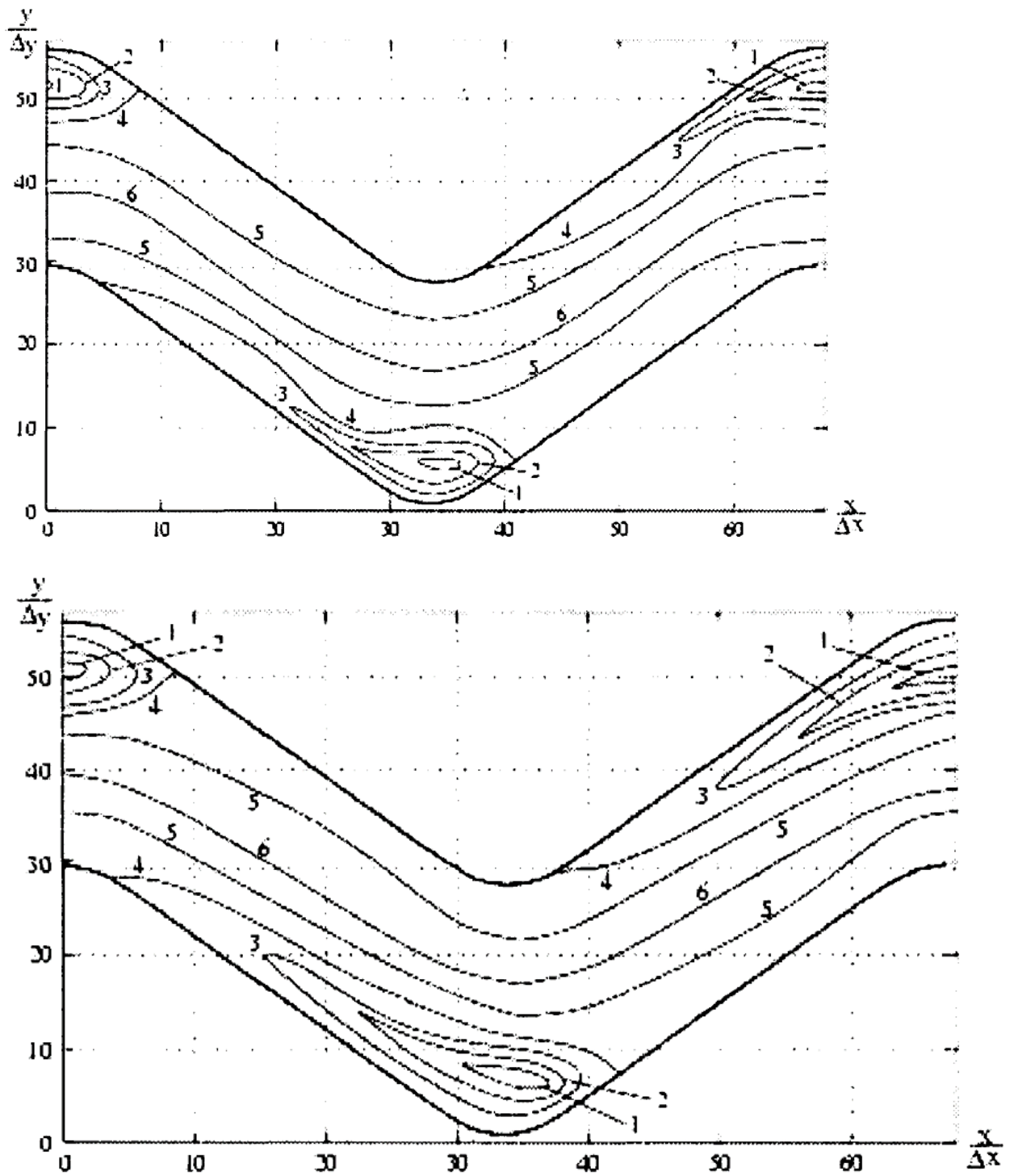


Рис. 4.8 – Ізолінії швидкості для хвильового каналу змінної ширини.

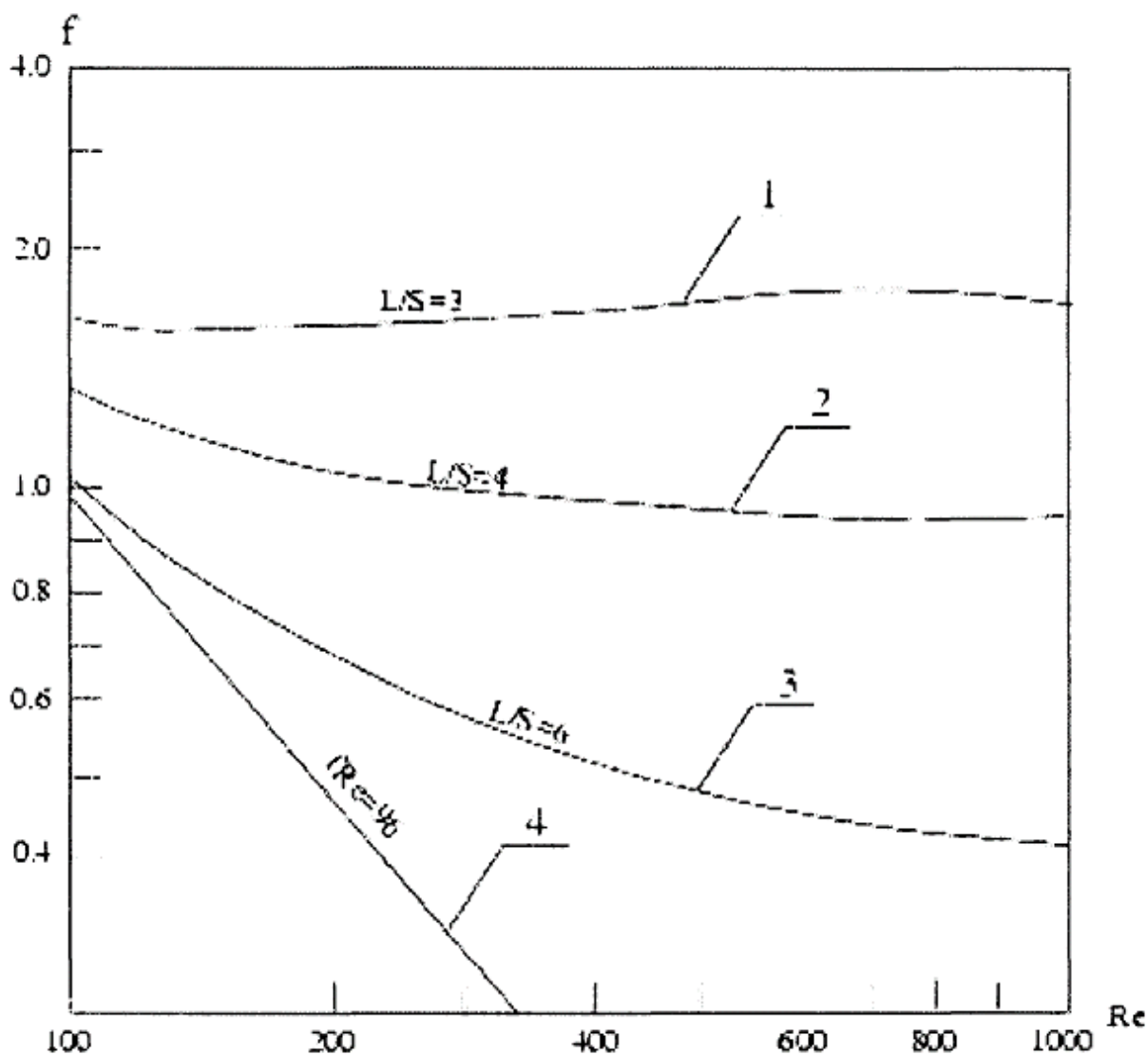


Рис. 4.9.– Залежність коефіцієнта тертя від числа Рейнольдса для плоского хвильового каналу змінної ширини.

Висновки. Розглянутий періодичний повністю розвинений перебіг рідини в хвильовому каналі змінної ширини. В цих умовах компоненти швидкості підкоряються закону періодичності, що очевидно з проведених міркувань і представлених результатів. Доведено, що досліджувану область можна скоротити до одного з блоків всього періодичного каналу, що повторюються. При цьому цілком фізично реальні рішення можуть бути одержані за кінцевий час.

Порівняння результатів, одержаних в цьому параграфі, з результатами розрахунків, проведених для плоского - - хвильового каналу постійної ширини, дозволяє зробити наступні висновки:

- профілі швидкості зовні схожі абсолютно для всіх розглянутих випадків. Поява інтенсивних поворотних течій спостерігається із зростанням числа Рейнольдса при обох випадках розрахунку. Проте, розміри рециркуляційних зон більше в хвильовому каналі постійної ширини.

- значення коефіцієнта тертя в хвильовому каналі змінної ширини менше ніж для першого каналу. При цьому його зміна менш значна при переході від малих до високих чисел Рейнольдса.

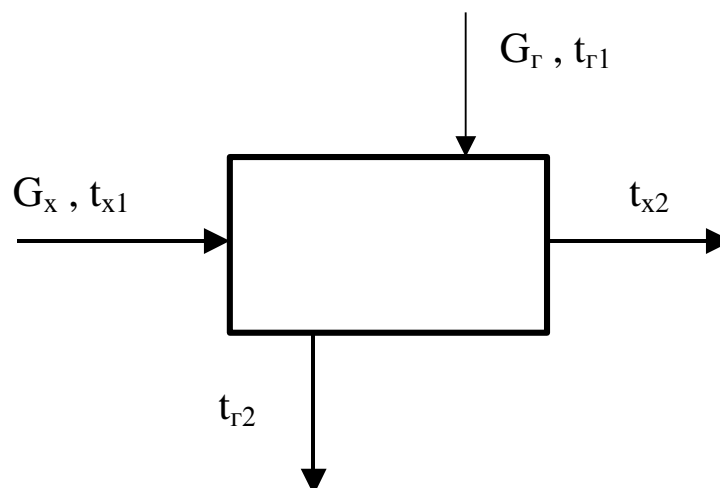
Вказані відмінності в поведінці течій, очевидно, пов'язані із зміною ширини хвильового каналу в другому випадку. При цьому відбувається природне уповільнення потоку, що викликає описані ефекти.

Проведений обчислювальний експеримент і одержані в ньому результати дозволяють говорити про можливість проведення розрахунків в каналах складних геометричних форм відносно простими в реалізації методами контрольного об'єму і «заблокованих областей».

Важливою перевагою вживання такого методу є відсутність серйозних обмежень, що накладаються на геометрію досліджуваних каналів.

В результаті розрахунку гідродинамічних параметрів в хвильовому каналі змінної ширини і порівняння одержаних даних з даними розрахунку для хвильового каналу постійної ширини, зроблений висновок про вплив геометричних характеристик хвильових каналів на швидкість потоку і інтенсивність поворотних течій.

4.3. Результати теоретичних та експериментальних досліджень



t_{x1} — температура холодного кефіру на вході, С;

G_x . — витрата масова холодного кефіру, кг/с;

t_{x2} — температура нагрітого кефіру на виході, С;

G_r — витрата масова нагрітого кефіру, кг/с;

t_{r1}, t_{r2} — відповідно вхідна і вихідна температури нагрітого кефіру, С.

Рис. 4.10. Схема моделі

Таблиця 4.1.

Експериментальні дані

№	G_x	t_{x1}	T_{x2}
1	2	3	4
1	389	12,0	28,4
2	250	12,8	29,3
3	359	11,9	28,7
4	355	12,0	28,6
5	348	12,1	28,5
6	340	12,0	29
7	300	12,6	29
8	350	12,5	28,9

Продовження таблиці 4.1.

1	2	3	4
9	365	12,3	28,8
10	330	12,3	28,7
11	290	12,0	28,9
12	308	12,2	28,8
13	240	12,4	29,2
14	250	12,5	29
15	250	12,6	29,2
16	320	12,4	28,8
17	382	12,4	28,8
18	300	12,4	29
19	182	12,9	29,4
20	230	12,9	29,5
21	150	12,8	29,5
22	250	12,3	29
23	182	12,5	29,6
24	360	11,8	28,4
25	320	11,8	28,8
26	260	12,6	29,1
27	260	12,8	29,3
28	200	12,7	29,4
29	260	12,6	29
30	379	12,1	28,5
31	280	12,2	29,2
32	222	12,5	29,3
33	150	13,4	29,8
34	270	12,2	29,3

Продовження таблиці 4.1.

1	2	3	4
35	240	12,7	29,5
36	250	12,1	29
37	250	12,6	29,6
38	187	12,9	29,8
39	175	12,8	29,7
40	188	13,4	29,7
41	207	13,0	29,4
42	250	13,2	29,5
43	184	13,7	30
44	140	13,0	29,8
45	231	12,7	29,3
46	175	13,5	29,8
47	158	13,7	29,7
48	127	13,1	29,7
49	164	13,5	29,5
50	126	13,8	29,8
51	208	13,2	29,7
52	162	13,3	29,9
53	143	13,8	29,9
54	124	13,3	29,6
55	208	13,2	29,6
56	142	13,4	29,7
57	159	13,9	29,8
58	122	13,5	30
59	230	13,0	29,5
60	159	14,1	30

4.3.1. Регресійний і кореляційний аналіз

4.3.1.1. Лінійний регресійний аналіз для одного параметра

Рис. 4.11. Лінійний регресійний аналіз для одного параметра

$$SG := \sum_{j=0}^{59} G_j \quad SG = 1.439 \times 10^4 \quad ST := \sum_{j=0}^{59} T_j \quad ST = 1.758 \times 10^3$$

$$SG2 := \sum_{j=0}^{59} (G_j)^2 \quad SG2 = 3.803 \times 10^6 \quad STG := \sum_{j=0}^{59} (T_j \cdot G_j) \quad STG = 4.198 \times 10^5$$

$$ST2 := \sum_{j=0}^{59} (T_j)^2 \quad ST2 = 5.153 \times 10^4$$

$$60 \cdot b_0 + b_1 \cdot (1.439 \times 10^4) = 1.758 \times 10^3$$

$$b_0 \cdot (1.439 \times 10^4) + b_1 \cdot (3.803 \times 10^6) = 4.198 \times 10^5$$

$$\text{Find}(b_0, b_1) \rightarrow \begin{bmatrix} 30.545530346457961237 \\ -(5.193316246523813359010^{-3}) \end{bmatrix}$$

$$R := \frac{\sum_{j=0}^{59} \left(G_j - \frac{\sum_{j=0}^{59} G_j}{60} \right) \cdot \left(T_j - \frac{\sum_{j=0}^{59} T_j}{60} \right)}{\sqrt{\sum_{j=0}^{59} \left(G_j - \frac{\sum_{j=0}^{59} G_j}{60} \right)^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=0}^{59} \left(T_j - \frac{\sum_{j=0}^{59} T_j}{60} \right)^2}}$$

R = -0.921

corr(G, T) = -0.921

$$T(G) = 30,545 - 5,193 \cdot 10^{-3} \cdot G$$

4.3.1.2. Регресійний аналіз для параболи

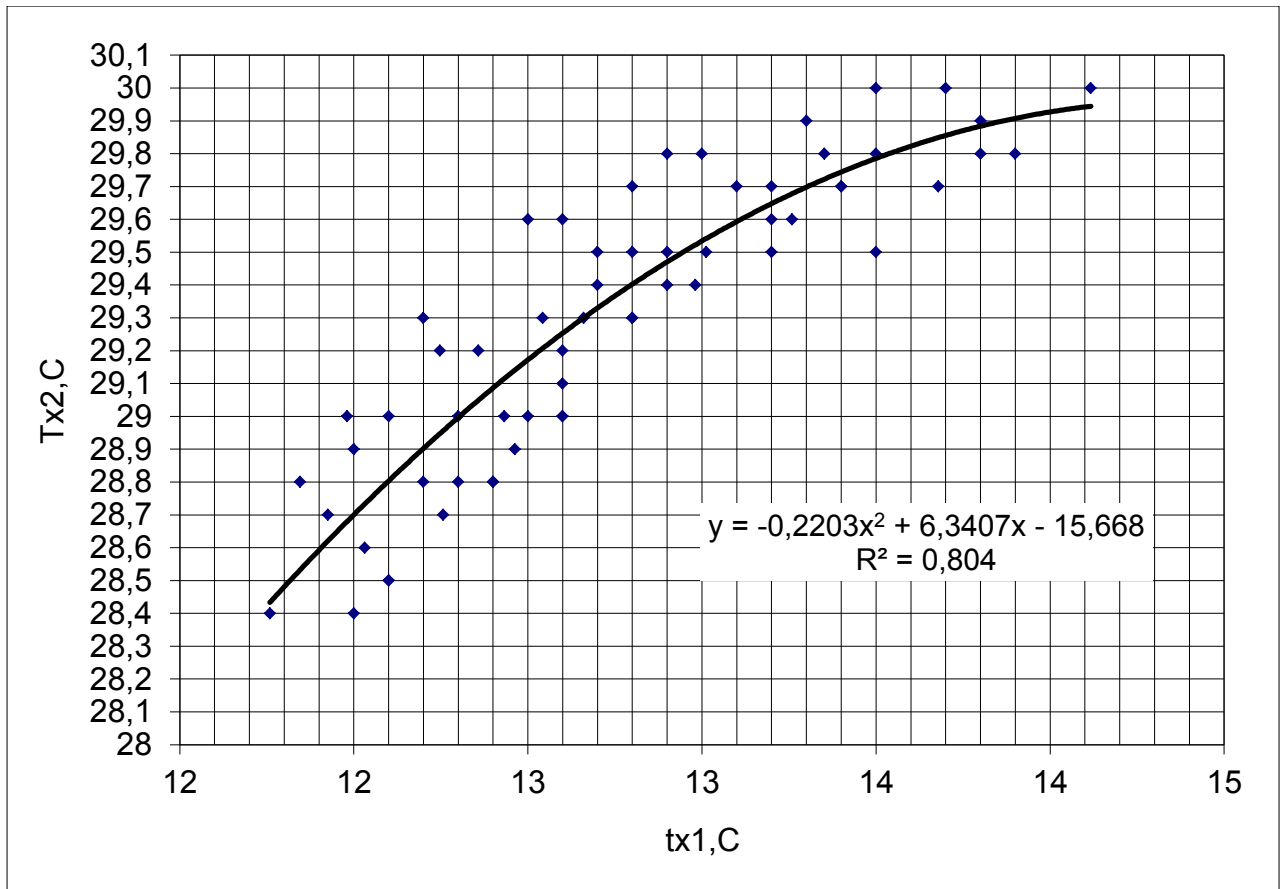


Рис. 4.12. Регресійний аналіз для параболи

$$St := \sum_{j=0}^{59} t_j \quad St = 765.9 \quad ST := \sum_{j=0}^{59} T_j \quad ST = 1.758 \times 10^3$$

$$St2 := \sum_{j=0}^{59} (t_j)^2 \quad St2 = 9.797 \times 10^3 \quad StT := \sum_{j=0}^{59} (t_j \cdot T_j) \quad StT = 2.246 \times 10^4$$

$$St3 := \sum_{j=0}^{59} (t_j)^3 \quad St3 = 1.256 \times 10^5 \quad St2T := \sum_{j=0}^{59} [(t_j)^2 \cdot T_j] \quad St2T = 2.874 \times 10^5$$

$$\text{St4} := \sum_{j=0}^{59} (t_j)^4 \quad \text{St4} = 1.613 \times 10^6$$

$$b_0 \cdot 60 + b_1 \cdot 765.9 + b_{11} \cdot (9.797 \times 10^3) = 1.758 \times 10^3$$

$$b_0 \cdot 765.9 + b_1 \cdot (9.797 \times 10^3) + b_{11} \cdot (1.256 \times 10^5) = 2.246 \times 10^4$$

$$b_0 \cdot (9.797 \times 10^3) + b_1 \cdot (1.256 \times 10^5) + b_{11} \cdot (1.613 \times 10^6) = 2.874 \times 10^5$$

$$\text{Find}(b_0, b_1, b_{11}) \rightarrow \begin{pmatrix} 42.769403705112106580 \\ -2.8951905088403401915 \\ .14384629870512301295 \end{pmatrix}$$

$$R := \frac{\sum_{j=0}^{59} \left(t_j - \frac{\sum_{j=0}^{59} t_j}{60} \right) \cdot \left(T_j - \frac{\sum_{j=0}^{59} T_j}{60} \right)}{\sqrt{\sum_{j=0}^{59} \left(t_j - \frac{\sum_{j=0}^{59} t_j}{60} \right)^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=0}^{59} \left(T_j - \frac{\sum_{j=0}^{59} T_j}{60} \right)^2}} \quad R = 0.877$$

$$\text{corr}(t, T) = 0.877$$

$$T(t) = 42,769 - 2,895 \cdot t + 0,144 \cdot t^2$$

4.4 Застосування методу множинної кореляції у роботі

$$G_{cp} := \frac{\sum_{j=0}^{59} G_j}{60} \quad t_{cp} := \frac{\sum_{j=0}^{59} t_j}{60} \quad T_{cp} := \frac{\sum_{j=0}^{59} T_j}{60}$$

$$G_{cp} = 239.833 \quad t_{cp} = 12.765 \quad T_{cp} = 29.303$$

$$S_G := \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{59} (G_j - G_{cp})^2}{59}} \quad S_t := \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{59} (t_j - t_{cp})^2}{59}} \quad S_T := \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{59} (T_j - T_{cp})^2}{59}}$$

$$S_G = 77.209$$

$$S_t = 0.584$$

$$S_T = 0.445$$

$$r_{TG} := \frac{1}{59} \cdot \sum_{j=0}^{59} \left[\left(\frac{T_j - T_{cp}}{S_T} \right) \cdot \left(\frac{G_j - G_{cp}}{S_G} \right) \right] \quad r_{TG} = -0.92145$$

$$r_{Tt} := \frac{1}{59} \cdot \sum_{j=0}^{59} \left[\left(\frac{T_j - T_{cp}}{S_T} \right) \cdot \left(\frac{t_j - t_{cp}}{S_t} \right) \right] \quad r_{Tt} = 0.87673$$

$$r_{Gt} := \frac{1}{59} \cdot \sum_{j=0}^{59} \left[\left(\frac{G_j - G_{cp}}{S_G} \right) \cdot \left(\frac{t_j - t_{cp}}{S_t} \right) \right] \quad r_{Gt} = -0.82974$$

$$a_1 - 0.82974 \quad a_2 = -0.92145$$

$$a_1 \cdot (-0.82974) + a_2 = 0.87673$$

$$\text{Find}(a_1, a_2) \rightarrow \begin{pmatrix} -0.62270438021316650513 \\ 0.36004726756192722403 \end{pmatrix}$$

$$R := \sqrt{a_1 \cdot -0.92145 + a_2 \cdot 0.87673} \quad R = 0.943$$

$$b_1 := a_1 \cdot \frac{S_T}{S_G} \quad b_1 = -3.585 \times 10^{-3}$$

$$b_2 := a_2 \cdot \frac{S_T}{S_t} \quad b_2 = 0.274$$

$$b_0 := T_{cp} - (b_1 \cdot G_{cp} + b_2 \cdot t_{cp}) \quad b_0 = 26.664$$

$$T(G, t) = 26,664 - 0,0036 \cdot G + 0,274 \cdot t$$

4.5. Динамічне рівняння процесу теплопередачі

Теплообмінник являє собою складний технічний об'єкт із розподіленими технологічними параметрами. В процесі виведення набору рівнянь динаміки теплообмінних процесів слід прийняти ряд припущень.

1) Нехтуємо кількістю теплоти, яка рухається у напрямку потоку у рідині та стінці труби.

2) Застосовуємо усереднені значення температур по перерізі трубопроводу та підлянають аналізу лише зміни температури у напрямку потоку.

3) Приймаємо постійними значення густини, питомої теплоємності та коефіцієнту тепловіддачі.

4) Нехтуємо витратами механічної енергії порівняно з тепловою та тепловтратами.

Розглядаємо технологічний процес теплообміну для випадку двох рідин у сусідніх каналах.

Для розглянутого в роботі пластинчатого теплообмінника для процесу теплообміну можна записати наступні рівняння. Позначка '1' відноситься до внутрішнього потоку, а позначка '2' – відповідно до зовнішнього потоку.

Рівняння для потоку кефіру в каналі:

$$\frac{d}{dt}\theta_1 + \frac{G_1}{S_1 \cdot \rho_1} \cdot \frac{d}{dx}\theta_1 = \frac{\alpha_1 \cdot \pi \cdot D_B \cdot (\theta_1 - \theta_{CT})}{S_1 \cdot \rho_1 \cdot c_1}$$

α_1 - коефіцієнт тепловіддачі від рідини до стінки, $\frac{Вт}{м^2 \cdot C}$

D_B - внутрішній еквівалентний діаметр трубки, мм

θ_{CT} - температура стінки каналу, C

ρ_1, c_1 - густина і питома теплоємність теплоагента, $\frac{кг}{м^3}, \frac{кДж}{кг \cdot C}$

S_1 - площа трубного простору $мм^2$

θ_1 - температура теплоагента, C

G_1 - витрата теплоагента $\frac{кг}{с}$

x - довжина каналу, м

Застосуємо позначення

$$\frac{G_1}{S_1 \cdot \rho_1} = C_1 \quad \frac{\alpha_1 \cdot \pi \cdot D_B}{S_1 \cdot \rho_1 \cdot c_1} = C_2$$

$$\frac{d}{dt}\theta_1 + C_1 \cdot \frac{d}{dx}\theta_1 = C_2 \cdot (\theta_1 - \theta_{CT})$$

Математичне рівняння стінки трубки матиме вигляд:

$$\frac{d}{dt}\theta_{CT} = \frac{\alpha_2 \cdot \pi \cdot D_H}{K} \cdot (\theta_{CT} - \theta_2) - \frac{\alpha_1 \cdot \pi \cdot D_B}{K} \cdot (\theta_1 - \theta_{CT})$$

$$K = \pi \cdot D_B \cdot \delta \cdot \rho_{CT} \cdot c_{CT}$$

δ - товщина стінки каналу мм

ρ_{CT}, c_{CT} - густина і питома теплоємність матеріала каналу $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$

α_2 - коефіцієнт тепловіддачі від стінки до нагріваного продукту $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$

D_H - зовнішній екв. діаметр каналу, мм

θ_2 - температура грітого продукту С

$$\frac{\alpha_2 \cdot \pi \cdot D_H}{K} = C_3 \quad \frac{\alpha_1 \cdot \pi \cdot D_B}{K} = C_4$$

$$\frac{d}{dt}\theta_{CT} = C_3 \cdot (\theta_{CT} - \theta_2) - C_4 \cdot (\theta_1 - \theta_{CT})$$

Математичне рівняння потоку в каналі матиме вигляд:

$$\frac{d}{dt}\theta_2 + \frac{G_2}{S_2 \cdot \rho_2} \cdot \frac{d}{dx}\theta_2 = \frac{\alpha_2 \cdot D_H}{S_2 \cdot \rho_2 \cdot c_2} \cdot (\theta_{CT} - \theta_2)$$

ρ_2, c_2 - густина і питома теплоємність теплоагента, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$
 S_2 - площа затрубного простору, мм^2

G_2 - витрата теплоагента, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$\frac{d}{dt}\theta_2 + C_5 \cdot \frac{d}{dx}\theta_2 = C_6 \cdot (\theta_{CT} - \theta_2)$$

$$C_5 = \frac{G_2}{S_2 \cdot \rho_2} \quad C_6 = \frac{\alpha_2 \cdot D_H}{S_2 \cdot \rho_2 \cdot c_2}$$

Рівняння для динамічного процесу теплообміну: залежність початкової температури кефіру θ_2 від величини температури гріючого кефіру θ_1 , $\omega\xi$ нагрівається, та температури стінок $^2\rho\varsigma$.

$$\frac{d}{dt} \theta_2 + C_5 \cdot \frac{d}{dx} \theta_2 = C_7 \cdot \frac{d}{dt} \theta_1 + C_8 \cdot \frac{d}{dx} \theta_1 + C_9 \cdot \frac{d}{dt} \theta_{CT}$$

$$C_7 = \frac{1}{(S_2 \cdot \rho_2 \cdot c_2 \cdot \pi)} \cdot S_1 \cdot \rho_1 \cdot c_1 \quad C_8 = \frac{1}{(S_2 \cdot \rho_2 \cdot c_2)} \cdot \frac{G_1}{\pi} \cdot c_1$$

$$C_9 = \frac{1}{(S_2 \cdot \rho_2 \cdot c_2)} \cdot D_B \cdot \delta \cdot \rho_{CT} \cdot c_{CT}$$

4.6. Заходи з оптимізації технологічного процесу

Для розглянутого технологічного процесу теплообміну між двома рідинами доцільно застосувати метод сканування оптимізації.

Статична функція об'єкту матиме вигляд:

$$T(G, t) = 26,664 - 0,0036 \cdot G + 0,274 \cdot t$$

Запишемо програму оптимізації в наступному виді:

$n := 0.1$

```
T := | Tm ← T(23.15, 11)
      | for t ∈ 11, 11 + n.. 13
      |   for G ∈ 23.15, 23.15 + n.. 46.3
      |     | Tm ← T(G, t) if T(G, t) > Tm
      |     | topt ← t
      |     | Gopt ← G
      | Tm
```

$T = 30.143$

$t_{opt} := 13 \text{ C}$

$G_{opt} := 46.25 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

За результатами роботи програми максимальна температура кефіру, який нагрівається, при виході з теплообмінника

$T = 30.143 \text{ C}$

оптимальний розхід кефіру, який нагрівається

$G_{opt} := 46.25 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

оптимальна температура кефіру, який нагрівається, на виході з теплообмінника

$t_{opt} := 13 \text{ C}$

4.7. Висновки по розділу

1. Виконаний кореляційний та регресійний аналіз теплообмінних процесів для кефіру показав, що залежність початкової температури кефіру, який

нагрівається, від витрати не втявлена, оскільки, коефіцієнт кореляції є меншим від нуля

$$R := -0.921$$

Також це наочно ілюструє рівняння регресії

$$T(G) = 30,545 - 5,193 \cdot 10^{-3} \cdot G$$

(при зміні розходу кефіру G , температура T майже не змінюється)

2.В процесі теплових розрахунків розглянутого теплообмінника встановлено наступне:

- коефіцієнт тепловіддачі від гріючого середовища до стінки :

$$\alpha_1 = 5.8 \times 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$$

- коефіцієнт тепловіддачі від стінки до кефіру:

$$\alpha_2 = 5.568 \times 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$$

- коефіцієнт теплопередачі матиме вигляд

$$K = 1.102 \times 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$$

Тепловий баланс теплообмінних процесів:

$$G_1 \cdot C_{p60} \cdot (t_{11} - t_{12}) - G_2 \cdot C_{p10} \cdot (t_{22} - t_{21}) = 41.664 \text{ кВт}$$

Як видно, різниця між величиною переданої та отриманої теплоти не суттєва.

2. Рівняння динаміки процесу теплообміну:

$$\frac{d\theta_2}{dt} + C_5 \cdot \frac{d\theta_2}{dx} = C_7 \cdot \frac{d\theta_1}{dt} + C_8 \cdot \frac{d\theta_1}{dx} + C_9 \cdot \frac{d\theta_{ст}}{dt}$$

$$C_7 = \frac{1}{(S_2 \cdot \rho_2 \cdot c_2 \cdot \pi)} \cdot S_1 \cdot \rho_1 \cdot c_1 \quad C_8 = \frac{1}{(S_2 \cdot \rho_2 \cdot c_2)} \cdot \frac{G_1}{\pi} \cdot c_1$$

$$C_9 = \frac{1}{(S_2 \cdot \rho_2 \cdot c_2)} \cdot D_B \cdot \delta \cdot \rho_{ст} \cdot c_{ст}$$

3. Оптимізаційні розрахунки процесу теплообміну виконано за статичною функцією об'єкту $T(G, t) = 26,664 - 0,0036 \cdot G + 0,274 \cdot t$.

Встановили також:

- максимальна кінцева температура кефіру, який нагрівається:

$$T = 30.143 \text{ C}$$

- оптимальна початкова температура кефіру, який нагрівається

$$t_{\text{opt}} := 13 \text{ C}$$

- оптимальна витрата кефіру, який нагрівається

$$G_{\text{opt}} := 46.25 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5.1 Заходи з охорони праці.

Технологічний процес виробництва рідких молокопродуктів забезпечується наступним технологічним обладнанням: прийомні ванни ИПКС-053; відцентрові насоси марки 75–2Ц6,5–7; сепаратори-молокоочищувачі А1-ОЦМ-5; сепаратори-вершковідділювачі ОСП-3; пастеризаційні установки ОПУ-10; агрегат для фасування рідких молокопродуктів УФАС-1200М.

Прийомні ванни для молока ИПКС- 053 являють собою відкриті місткості із підведеними до них електричними і гідравлічними комунікаціями.

Відкриті місткості слід розміщувати на висоті, яка б унеможливила випадкове падіння у них обслуговуючого персоналу. Рекомендується встановлення захисних огорож.

З точки зору безпеки праці основними факторами, які впливають на забезпечення виконання робітників є ураження електричним струмом та слизька підлога, що може призвести до падінь і виробничого травматизму. Тому для нормального виконання робітниками своїх обов'язків слід забезпечити заземлення відповідно до нормативної документації та наявність підставки під ноги.

Вимогами з безпечної експлуатації електричних відцентрових насосів типу 75–2Ц6,5–7 передбачається в першу чергу якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості.

Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Нормативним документом, який регламентує рівень шумів для різних категорій робочих місць і службових приміщень являється ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки”.

Під час роботи підтікання насосу не повинно перевищувати встановлених для даної конструкції максимальних нормативних значень.

При несправному насосі (при задіванні робочих органів за корпус, кришку, при підвищеній вібрації та шумі) працювати не дозволяється.

Головними вимогами, які слід витратити при експлуатації молочних сепараторів, є:

- пуск і зупинка машини може проводитись тільки відповідальною за експлуатацію особою, призначеною відповідним наказом або розпорядженням на підприємстві;

- до обслуговування сепараторів допускаються працівники, які мають досвід роботи, пройшли спеціальну підготовку і вивчили інструкцію з експлуатації;

- перед пуском слід перевірити наявність заземлення, надійність кріплення болтових з’єднань, щільність кришок;

- категорично забороняється знімати кришку сепаратора до повної зупинки;

- тарілки після миття слід монтувати суворо у встановленому порядку згідно нанесеної на них нумерації;

- у випадку постійного наростання вібрацій при роботі (входженні сепаратора у зону резонансу) слід відключити подачу електричного струму і негайно покинути приміщення цеху до повної самовільної зупинки сепаратора.

При експлуатації установок для пастеризації суттєву небезпеку становлять ситуації, пов’язані з тепловими опіками. Стандартами передбачається

максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша від 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці пропонується застосовувати теплоізоляцію або кожухи, які б забезпечували відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020–82).

При експлуатації фасувального автомату особливу увагу слід звернути на його герметичність і відсутність підтікання. Відкриті рухомі частини (зубчасті сегменти, муфти, виступаючі кінці валів, махові колеса, гребінки тощо), передачі (шків, паси) повинні мати захисні засоби, які забезпечують безпеку при обслуговуванні, виступаючі частини машин, що обертаються (шпонки, штопорні гвинти тощо) закриті гладенькими футлярами; зубчасті шестерні, муфти редукторів закриті з усіх сторін кожухами (щитками).

Технологічне обладнання, апаратура, посуд, тара, інвентар, плівка і вироби з полімерних і інших синтетичних матеріалів, призначені для розфасовки молока і молочних продуктів, повинні бути виготовлені з матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

Ванни, металевий посуд, спуски, лотки, жолоби і т.д. повинні мати гладкі, внутрішні поверхні, що очищаються легко, без щілин, зазорів, що виступають чи болтів заклепок, що утрудняють очищення. Варто уникати використання дерева й інших матеріалів, що погано миються і дезінфікуються.

Робочі поверхні (покриття) столів для обробки харчових продуктів повинні бути гладкими, без щілин і зазорів, виготовлені з нержавіючого чи металу полімерних матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

Технологічне обладнання й апаратура повинні бути зовні пофарбовані фарбою світлих тонів (крім обладнання, виготовленого чи облицьованого нержавіючим матеріалом), не утримуючих шкідливих домішок. Фарбування посуду й інвентарю фарбами, що містять свинець, кадмій, хром не допускається.

Розміщення технологічного обладнання повинні виробляється відповідно до технологічної схеми, забезпечувати потоковість технологічного процесу,

короткі і прямі комунікації молокопроводів, виключати зустрічні потоки сировини і готової продукції.

При розміщенні обладнання повинні бути дотримані умови, що забезпечують вільний доступ працюючих до нього, проведення санітарного контролю за виробничими процесами, якістю сировини, напівфабрикатів і готової продукції, а також можливості мийки, збирання і дезінфекції приміщень і обладнання.

Обладнання, апаратура і молокопроводи повинні бути змонтовані таким чином, щоб забезпечувався повний злив молока, що миють і дезінфікує розчинів. Усі частини, що стикаються з молоком і молочними продуктами, повинні бути доступні для чищення, миття і дезінфекції. Металеві молокопроводи повинні бути рознімними.

Скляні термометри без захисної оправы до використання не допускається.

Резервуари для виготовлення і збереження молока, вершків, сметани й ін. молочних продуктів (крім використовуваних для вироблення сиру і сиру) повинні бути поставлені щільно закриваються кришками.

Апарати, ванни й інше обладнання, у яких виготовляються молочні продукти, підключаються до каналізації з розривом струменя через лійки із сифоном.

Безпосереднє з'єднання обладнання з каналізацією і спуск води з них на підлогу не допускаються.

При проектуванні і монтажі нового обладнання треба забезпечити: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

Освітлення виробничих приміщень повинне відповідати вимогам Сніп "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" і "Санітарним вимогам до проектування підприємств молочної промисловості".

У виробничих приміщеннях найбільше прийнятно природне освітлення: світловий коефіцієнт (СК) повинний бути в межах 1:6 - 1:8. У побутових приміщеннях СК повинний бути не менше 1:10. Коефіцієнт природного освітлення (КЕО) повинний бути передбачений з урахуванням характеру праці і зорової напруги.

При недостатнім природному освітленні варто застосовувати штучне освітлення - переважно люмінесцентні лампи. У приміщеннях з важкими умовами чи праці не мають постійних робітників місць варто використовувати лампи накаливання.

Штучне освітлення повинне бути представлене загальним у всіх цехах і приміщеннях, а у виробничих при необхідності - місцевим чи комбінованим.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на маслозаводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003-74, 12.0.002-80, 12.4.125-83 та ін.

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини.

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

При розміщені стрічкових, роликівих та інших транспортерів треба передбачати проходи між стіною і однією поздовжньою стороною транспортера не менше 0,7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами - не менше 0,9 м. При цьому з протилежної сторони транспортери при стрічці завширшки до 60 см можна встановлювати впритул до стіни, а при стрічці завширшки понад 60 см роблять розрив від стіни завширшки не менше 0,4 м; при наявності на транспортерах перекидних візків проходи збільшують з врахуванням виступаючої частини візка.

5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5.2.1. Основні задачі підвищення стійкості переробних підприємств

Організація і забезпечення захисту населення від сучасних засобів поразки і наслідків аварій, катастроф і стихійних лих — головна задача цивільної оборони. Люди, як відомо, складають найвищу цінність суспільства, і забезпечення їхньої безпеки — найважливіша мета всіх оборонних заходів. Забезпечення захисту населення від сучасних засобів нападу досягається проведенням цілого комплексу заходів, спрямованих на максимальне ослаблення результатів впливу зброї масової поразки, і створенням сприятливих умов для проживання і діяльності населення, функціонування об'єктів і сил цивільної оборони при виконанні задач. До таких заходів відносяться: забезпечення всього населення захисними спорудженнями і засобами індивідуального захисту; загальне обов'язкове навчання населення способам захисту від зброї масової поразки і діям по ліквідації наслідків нападу супротивника, аварій, катастроф і стихійних лих; розосередження робітників,

службовців і евакуація населення з великих міст і зон можливого затоплення; забезпечення життєдіяльності евакуйованого населення; проведення протиепідемічних, санітарно-гігієнічних, спеціальних профілактичних і інших медичних заходів. В інтересах захисту населення організуються і проводяться такі заходи, як розвідка, оповіщення про повітряну небезпеку, про радіоактивне, хімічне, бактеріологічне зараження і катастрофічне затоплення, а також ряд заходів, що відносяться до інших груп задач.

Важлива група задач ЦО — забезпечення стійкого функціонування народного господарства в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

Усталена робота об'єктів агропромислового комплексу дає можливість забезпечити населення країни достатньою кількістю основних продуктів харчування, а промисловістю-сировиною.

Підвищення стійкості роботи об'єктів агропромислового комплексу і переробних підприємств досягається завчасним проведенням комплексу організаційних, інженерно-технічних, агротехнічних, зооветеринарних і інших заходів, спрямованих на максимальне зниження результатів впливу зброї масової поразки на об'єкти, а також створення умов для швидкої ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і забезпечення виробництва доброякісної харчової продукції.

Першорядне значення в підвищенні стійкості роботи переробного підприємства має організація надійного захисту людей, сировини, обладнання і продуктів переробки від впливу шкідливих факторів, а також забезпечення стійкого керування службами і силами ЦО об'єкта й організація робіт з ліквідації наслідків нападу супротивника і відновленню нормальної виробничої діяльності об'єкта.

На стійкість роботи об'єктів народного господарства в надзвичайних ситуаціях впливають наступні фактори:

- надійність захисту робітників та службовців від дії уражуючих факторів;

- здатність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти в певній степені ударній хвилі, світловому випромінненню і радіації;
- захищеність об'єкта від вторинних уражуючих факторів (пожеж, вибухів, зараження отруйними речовинами);
- надійність системи забезпечення об'єкту всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, комплектуючими виробами, електроенергією, водою, газом);
- стійкість і неперервність управління виробництвом та цивільною обороною;
- підготовленість об'єкту до ведення рятувальних і невідкладних аварійновідновлювальних робіт та робіт по відновленню порушеного виробництва.

Однією з основних задач цивільної оборони є проведення міроприємств, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій, тобто здатності його виконувати свої функції в цих умовах.

Перераховані фактори визначають собою і основні, загальні для всіх об'єктів народного господарства, шляхи підвищення стійкості роботи в надзвичайних ситуаціях, а саме:

- забезпечення надійним захистом робітників і службовців від дії уражуючих факторів;
- захист основних виробничих фондів від уражуючих факторів;
- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом;
- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

5.2.2. Оцінка небезпеки і розробка заходів підвищення стійкості проти аварій природного та техногенного характеру на молокозаводі ЗАТ “Тернопільський молокозавод”

Основними небезпеками, з якими спряжена робота на молокозаводі ЗАТ “Тернопільський молокозавод”, є: небезпека радіаційного зараження (в мирний

час і ввиду суттєвої віддаленості ядерних енергетичних об'єктів від фабрики є не актуальною) і небезпека, спричинена імовірним впливом сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), що є досить актуальною внаслідок концентрації у місті промислових об'єктів. Основними причинами виникнення небезпечних ситуацій є викиди в атмосферу продуктів функціонування виробництва (контролюється місцевими екологічними службами) і руйнуванням місткостей із отруйними речовинами на заводах. Найбільш поширеним типом СДОР є аміак, що застосовується при виробництві холоду.

Характеристика аміаку:

Ступінь токсичності 4.

Основні властивості : безцвітний газ з різким запахом. Легше повітря, розчинний у воді. При виході у атмосферу димить.

Вибухо – і пожежонебезпечність : Горючий газ. Горить при існуванні відкритого джерела вогню. Ємкості можуть вибухати при нагріванні. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші.

Небезпечність для людини : Небезпечний при вдиханні, при високих концентраціях можливий летальний випадок. Викликає сильний кашель та задуха. Пари діють дуже подразливо на слизові оболонки та шкіряний покрив, дотик викликає обмороження шкіри.

При враженні проявляються серцебиття, порушення частоти пульса, “приливи”, насморк, кашель, затруднення дихання, почервоніння та зуд шкіри, різь в очах.

Засоби захисту : ізолюючий протигаз, фільтруючий протигаз марки КД, респіратор РПГ – 67 – КД, захистний одяг(гумові чоботи, перчатки).

Дегазація : Знешкодити джерело відкритого вогня. Для запобігання глибини розповсюдження використовують постановку водяних завіс за допомогою пожежних машин, мотопомп і т. п. Пошкоджені балони опрокинути в ємність з водою.

Міри першої допомоги :

а) Долікарська : винести на свіже повітря. Забезпечити тепло та спокій. Дати зволожений кисень. Шкіру, слизові та очі промити водою або 2 % -им розчином борної кислоти не менш ніж 15 хвилин.

б) Лікарська : при затрудненому диханні – п/ш 0,1 % ий розчин сіркокислого атропіна 1 мл., 1 % ий розчин дімедрола 1 мл. На шкіру примочки 2 % розчину уксусної кислоти.

При отруєнні – негайна госпіталізація.

Безпека функціонування об'єктів народного господарства в умовах хімічної небезпеки (ХНО) залежить від багатьох чинників : фізико-хімічних властивостей сировини, напівпродуктів та продуктів, від характеру технологічного процесу, від конструкції і надійності обладнання, умов зберігання і транспортування хімічних речовин, стану контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації, ефективності засобів протиаварійного захисту і т.д. Крім того, безпека виробництва, використання, зберігання і перевезень СДОР в значному ступені залежить від рівня організації профілактичної роботи, своєчасності і якості планово-запобіжних ремонтних робіт, підготовленості і практичних навичок персоналу, системи нагляду за станом технічних засобів протиаварійного захисту.

Наявність такої кількості чинників, від яких залежить безпека функціонування ХНО, робить цю проблему вкрай складною. Як показує аналіз причин великих аварій, що супроводжуються викидом СДОР, на сьогодні не можна виключити можливість виникнення аварій, що призводять до поразки виробничого персоналу.

Аналіз структури підприємств, що виробляють або що споживають СДОР, показує, що в їхніх технологічних лініях обертається, як правило, незначна кількість токсичних хімічних продуктів. Значно більша по обсягу кількість СДОР міститься на складах підприємств. Це призводить до того, що при аваріях в цехах підприємства в більшості випадків має місце локальне зараження повітря, обладнання цехів, території підприємств. При цьому поразення в таких випадках може отримати в основному виробничий персонал.

При організації робіт по ліквідації хімічно небезпечної аварії на підприємстві і її наслідків необхідно оцінювати не тільки фізико-хімічні і токсичні властивості СДОР, але і їх вибухо - і пожеженебезпечність, можливість утворення в ході пожежі нових СДОР і на цій основі приймати необхідні міри по захисту персоналу, що бере участь в роботах.

Для будь-якої аварійної ситуації характерні стадії виникнення, розвитку і спаду небезпеки. На ХНО в розпал аварії можуть діяти, як правило, декілька чинників, що вражають - пожежа, вибухи, хімічне зараження місцевості і повітря та інші. Дія СДОР через органи дихання частіше, ніж через інші шляхи впливу, призводить до ураження людей.

З цих особливостей хімічно небезпечних аварій слідує: захисні заходи і, насамперед, прогнозування, виявлення і періодичний контроль за змінами хімічної обстановки, оповіщення персоналу підприємства повинні проводитися з надзвичайно високою оперативністю. Локалізація джерела надходження СДОР в навколишнє середовище має вирішальну роль в попередженні масової поразки людей. Швидке здійснення цієї задачі може направити аварійну ситуацію в контрольоване русло, зменшити викид СДОР і істотно знизити збитки.

Захист від СДОР являє собою комплекс заходів, здійснюваних з метою виключення або максимального послаблення поразки персоналу і збереження його працездатності.

Комплекс заходів по захисту від СДОР включає:

- Інженерно-технічні заходи по зберіганню і використанню СДОР;
- Підготовку сил і засобів для ліквідації хімічно небезпечних аварій;
- Вивчення порядку та правил поведінки в умовах виникнення аварій;
- Забезпечення засобами індивідуального і колективного захисту;
- Забезпечення безпеки людей і використання ними засобів індивідуального і колективного захисту;
- Повсякденний хімічний контроль;
- Прогнозування зон можливого хімічного зараження;
- Попередження (оповіщення) про безпосередню загрозу поразки СДОР;

Тимчасову евакуацію з районів, що знаходяться під загрозою;
Хімічну розвідку району аварії;
Пошук і надання медичної допомоги постраждалим;
Локалізацію і ліквідацію наслідків аварії.

Обсяг і порядок здійснення заходів по захисту залежать від конкретної обстановки, що може скластися в результаті хімічно небезпечної аварії, наявності часу, сил і засобів для здійснення заходів по захисту і інших чинників.

Передусім захист від СДОР організується і здійснюється безпосередньо на ХНО, де основну увагу приділяється заходам по попередженню можливих аварій. Вони носять як організаційний, так і інженерно-технічний характер і направлені на виявлення і усунення причин аварій, максимальне зниження можливих ушкоджень і втрат, а також на створення умов для вчасного проведення локалізації і ліквідації можливих наслідків аварії.

Всі ці заходи відбиваються в плані захисту об'єкту від СДОР, що розробляється заздалегіть з участю всіх головних фахівців об'єкту. План розробляється, як правило, в текстовій формі з додатком необхідних схем, що вказують розміщення об'єкту, сил та засобів ліквідації наслідків аварії, їх організацію і т. д. Він складається з декількох розділів і визначає підготовку об'єкту до захисту від СДОР і порядок ліквідації наслідків аварії.

В розділі організаційних заходів плану захисту від СДОР відбиваються :

Характеристика об'єкту, його підрозділів (цехів), наявних на об'єкті СДОР;

Оцінка можливої обстановки на об'єкті у випадку виникнення аварії;

Організація виявлення і контролю хімічної обстановки на об'єкті в повсякденних умовах і при аварії, порядок підтримання сил і засобів хімічної розвідки і хімічного контролю;

Організація оповіщення персоналу об'єкту;

Організація укриття персоналу об'єкту в захисних спорудах, наявних на об'єкті, порядок підтримання їх в постійній готовності до укриття людей;

Організація евакуації персоналу об'єкту при необхідності;

Порядок оснащення і застосування формувань Громадянської оборони на об'єкті для ліквідації наслідків аварії;

Організація оцеплення очага поразки, порядок надання медичної допомоги, сили і засоби, що прилягають для цієї мети;

Організація управління силами і засобами об'єкту при ліквідації аварії і її наслідків, порядок використання сил і засобів, що прибувають для надання допомоги в ліквідації наслідків аварії;

Порядок подання повідомлень про виникнення хімічно небезпечної аварії і хід ліквідації її наслідків;

Організація забезпечення персоналу об'єкту і невоєнізованих формувань Громадянської оборони засобами індивідуального захисту і ліквідації наслідків аварії, порядок і терміни їхнього накопичування і зберігання;

Організація транспортного, енергетичного і матеріально-технічного забезпечення робіт по ліквідації наслідків аварії.

В розділі інженерно-технічних заходів плану захисту від СДОР відбиваються:

Розміщення (обладнання) приладів, що відвертають вилив СДОР у випадку аварії (клапани-відсекателі, клапани надлишкового тиску, терморегулятори, перепускні прилади що скидають і т. д.);

Плановане підсилення конструкцій ємностей і комунікацій зі СДОР або влаштування над ними огорож для захисту від пошкодження уламками будівельних конструкцій при аварії (особливо на пожежо - і вибухонебезпечних підприємствах);

Розміщення (будівництво) під сховищами зі СДОР аварійних резервуарів, чаш, ловушек (аварійних амбарів) і напрямлених стоків;

Розподілення запасів СДОР, будівництво для них заглиблених або напівзаглиблених сховищ;

Обладнання приміщень і промислових майданчиків стаціонарними системами виявлення аварій, засобами метеоспостереження і аварійними сигналізаціями.

Планом передбачаються також заходи по усуненню аварій на кожній ділянці, де є СДОР, з вказівкою відповідальних виконавців з керівного складу об'єкту, що притягають сили і засоби, їхніх задач і відводимого на виконання робіт часу.

По мірі необхідності план захисту об'єкту від СДОР корегується.

Слідє відзначити, що ефективність перерахованих заходів захисту від СДОР залежить від ступеня підготовки до захисту сил і засобів ліквідації наслідків аварії.

На ХНО завчасно створюються локальні системи оповіщення персоналу об'єктів.

Заздалегідь розроблені схеми оповіщення повинні визначати порядок оповіщення персоналу об'єктів як в робочий, так і в неробочий час.

Для оповіщення персоналу працюючої зміни об'єкту, на якому відбулася аварія, використовуються електросирени, радіотрансляційна мережа і внутрішній телефонний зв'язок.

5.2.3. Висновки

Вказані в розділі способи і засоби захисту повинні впроваджуватись у всі види переробних підприємств з урахуванням характеру СДОР для забезпечення надійності роботи підприємств в умовах надзвичайних ситуацій.

Висновки

В технологічному процесі виробництва кисломолочної продукції (кефіру) основні енергетичні витрати пов'язані з пастеризацією молока.

З точки зору інтенсивності теплообміну і витрат енергоресурсів перевагу слід надавати пластинчастим теплообмінникам. Наявність секції регенерації дозволяє зменшити витрати теплоти до 85%.

При розширенні секції регенерації у теплообміннику ППОУ ОПЛ -10 на виході з теплообмінника можна одержати пастеризоване молоко при температурі заквашування кефіру. В такому випадку можна відключити секцію водяного і розсільного охолодження, а також використовувати теплообмінник для пастеризації молока на розлив при включених секціях.

Інтенсифікувати процес теплообміну можна шляхом встановлення рифлів на теплообмінній поверхні. Представлена математична модель руху середовища через поверхню з рифлями показує механізм виникнення турбулентності при огинанні рифлів та дозволяє вибрати їх оптимальні значення.

Розроблені заходи охорони праці дозволяють безпечно експлуатувати запропоноване обладнання та витримати всі вимоги охорони праці.

Розроблені заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях при техногенних катастрофах дозволяють добитися підвищення стійкості переробних підприємств з переробки молочної продукції.

Перелік посилань

1. Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв: навч. посібник/ Єресько Г.О.,Шинкарик М.М.,Ворощук В.Я.-К.:ЦНЛ,2007.-337с
2. Закалов О.В., Закалов І.О. Технологічне обладнання харчових виробництв.Тернопіль, 200 р. - 408 с.
3. Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Розрахунки і проектування деталей машини. - Харків. Основа, 1991.- 275с.
4. З.Анурьев В.І. Справочник конструктора машинобудівника. в 3-х т., т.2. - М.: Машинободування, 1980. - 559с.
5. Горбатов В.А. и др.САПР. М.:Наука, 1988. —232 с.
6. Галат Б.Ф. И ДР. Справочник по технологии молока.— К.: Урожай, 1990.— 188с.
7. Баглай Н.І. Удосконалення пастеризаційно—охолоджувальної установки для кисломолочних продуктів ОПЛ-10 / Н.І. Баглай, Б.Л. Шамчук // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 141.
8. Ростросса М.К., Мордвинцева П.В. Курсовое и дипломное проектирование предприятий молочной промышленности.— М.: Агропромиздат, 1989.— 303с.
9. Гальперин Д.М. Оборудование молочных предприятий: монтаж, наладка и ремонт. Справочник.— М.: Агропромиздат, 1990.— 352с.
- 10.Митин В.В. Курсовое и дипломное проектирование предприятий мясной и молочной промышленности.— М.: Колос, 1992.— 272с.
- 11.Волчков И.И. Теплообменные аппараты для молока и молочных продуктов.— М.: Пищевая промышленность, 1972.— 216с.
- 12.Кафаров “Методы кибернетики в нефтехимической промышленности”.
- 13.Бояринов, Кафаров “Методы оптимизации”.

14. Лутошкин Г.С. “Сбор и подготовка нефти, газа и воды к транспорту”
15. Юренев В.Н., Лебедев П.Д. Теплотехнический справочник. Том №2.
16. Патанкар СВ. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984, 152 с.
17. Виноградова И.А., Зубков ВТ. Газодинамические процессы в теплоэнергетических установках на базе метода контрольного объема // Математическое моделирование, 2002, т. 14, №6, с.3-24.

Додатки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Національна академія наук України
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Шяуляйська державна колегія (Литва)
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

**IX Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**

25-26 листопада 2020 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2020**

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy (Ukraine)
The National Academy of Sciences of Ukraine
Pierre and Marie Curie University (The French Republic)
University of Maribor (The Republic of Slovenia)
Technical University of Košice (The Slovak Republic)
Vilnius Gediminas Technical University (The Republic of Lithuania)
Šiauliai State College (The Republic of Lithuania)
Belarusian National Technical University (Republic of Belarus)
Rzeszów University of Technology (Republic of Poland)
International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco)
National University of Life and Environmental Sciences of Ukrainehas (Ukraine)
T. Shevchenko Scientific Society

CURRENT ISSUES IN MODERN TECHNOLOGIES

Book

of abstract

Volume II

**of the IX International scientific and technical
conference of young researchers and students**

25th-26th of November 2020



**UKRAINE
TERNOPIL – 2020**

**СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ БІО- ТА
НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

1.	Д.А. Арутюнян, Л.А. Сторож, О.С. Покотило ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД СИРІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА	139
2.	Н.В. Бабин ВИМОГИ ДО ПОДРІБНЮВАЧІВ	140
3.	Н.І. Баглай, Б.Л. Шамчук УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСТЕРИЗАЦІЙНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ОПЛ-10	141
4.	І.В. Бойко, О.В. Бойко АНАЛІЗ ФАСУВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ	142
5.	Д. В. Бублик, А. М. Васишин, Н. М. Зварич НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОПРОДУКТІВ	144
6.	В.В. Власов, В.Р. Сельський ВИКОРИСТАННЯ АЛИЧІ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ	145
7.	Д.Я. Далевська, О.С. Покотило ВПЛИВ БІОЛОГІЧНОГО АКТИВНОГО ЙОДУ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ КЕФІРУ	146
8.	Ю.М. Добощук ВПЛИВ ВЖИВАННЯ ХЛІБУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	147
9.	Р.І. Дубовий, В.П. Гладій АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА	148
10.	В.В. Конюкевич ОСОБЛИВОСТІ ВАКУУМНИХ КОВБАСНИХ ШПРИЦІВ	149
11.	Т. Є. Мурин, В. Р. Сельський СПОСОБИ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СОКУ ІЗ СЛИВИ	150
12.	І.Т. Новіков, О.С. Покотило ЛЛЯНА ОЛІЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ОМЕГА-3 ПОЛІНЕНАСИЧЕНИХ КИСЛОТ ПРИ СТВОРЕННІ КУПАЖІВ	151
13.	А.А. Островська РОЗЛИВ ПИВА У КЕГИ – ГАРАНТІЯ ЯКОСТІ	152

УДК 637.3

Н.І. Баглай, Б.Л. Шамчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСТЕРИЗАЦІЙНО–ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ОПЛ-10

N.I. Baglay, B.L. Shamchuk

IMPROVEMENT OF PASTERIZATION AND COOLING INSTALLATION FOR SOUR MILK PRODUCTS OPL-10

У сучасних пастеризаційно-охолоджувальних установках використовують високотемпературну пастеризацію, для всіх кисломолочних напоїв, за винятком ряжанки, при температурі +90...+92 °С з витриманням 2...3 хвилини; для ряжанки – при +95 °С з витриманням 2 години.

Будова пастеризаційно-охолоджувальних установок для пастеризації молока типова. Основними складовими установок є теплообмінник, два сепаратори молокоочищувачі, два відцентрових насоси для молока, балансовий бачок з поплавковим регулятором, вузол підготовки гарячої води, система трубопроводів та засоби контролю і автоматизації процесу. В установці ОПЛ-10 відбуваються наступні технологічні процеси: нагрівання молока в секції регенерації до температури 50 -55 °С, очищення на сепараторі - молокоочищувачі, пастеризація про заданій температурі, витримання при температурі пастеризації і охолодження до температури заквашування кисло – молочних продуктів і охолодження до температури 20-25°С.

Для проведення пастеризації молока перевагу надають пластинчастим теплообмінникам, які мають низку суттєвих переваг, порівняно з іншими конструкціями. В першу чергу це пов'язано з наявністю секції регенерації, малою площею, яку займає теплообмінник, багатократним використанням гарячої води, яка циркулює в замкнутому контурі, можливістю автоматизації процесу та безрозбірної миття установки. Особливістю конструкції теплообмінника для пастеризації молока при виготовленні кисломолочних продуктів є відсутність секції охолодження розсолу – молоко охолоджують до температури заквашування кисломолочного продукту.

Схема руху молока наступна: молоко з балансового бачка подається в секцію регенерації теплообмінника, де нагрівається гарячим пастеризованим молоком, далі на сепаратор молокоочищувач і напором, який створює сепаратор, в секцію пастеризації теплообмінника. Після витримувача направляється в секцію регенерації і охолодження водою. В залальному теплообмінник складається із 121 пластини які розподілені по секціях наступним чином: секція пастеризації – 49 пластин, регенерації – 15, водяного охолодження - 56. Коефіцієнт регенерації теплоти в такому теплообміннику 0,87, проте сучасні пластинчасті теплообмінні апарати характеризуються значно більшим коефіцієнтом регенерації, який в окремих теплообмінних установках досягає до 0,95, що дозволяє в значно більшій мірі економити енергоресурси. Аналіз компоновочної схеми апарату показує, що найменша поверхня теплообміну у секції регенерації (15 пластин) порівняно з секцією водяного охолодження і пастеризації. Запропоновано збільшити секцію регенерації на 10 пластин. Тоді температура молока, яке поступає в секцію пастеризації буде становити 63- 58 °С і зменшиться температура молока, яке направляється в секцію охолодження. Відповідно можна зменшити кількість пластин в секції пастеризації на 2-3 пластини і в секції водяного охолодження на 5-7 пластин. Тобто така зміна компоновки не призведе до зміни гідравлічного опору теплообмінника і збільшення потужності насосів, а дозволить додатково зменшити енерговитрати на 3 – 4%.