

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту

Завідувач кафедри

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Мирончук В.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

«__» _____ 20__ р.

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності **133 «Галузеве машинобудування»**
освітньо-професійної програми
Інжиніринг харчових виробництв
на тему:

**«Удосконалення лінії виробництва спредів
з метою підвищення якості продукції»**

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

Приходько Олег Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Керівник: **Лементар Святослав Юрійович**
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2021р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг харчових виробництв»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Мирончук В.Г.

“ ___ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Приходька Олега Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення лінії виробництва спредів з метою підвищення якості продукції

керівник проекту (роботи) Лементар Святослав Юрійович, доц., кандидат тех. наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2020 р. № 935-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021р.

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

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

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

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

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 14.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач

_____ (підпис)

Приходько О.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Лементар С.Ю.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Мета досліджень – знаходження раціональних параметрів технологічного обладнання в лінії виробництва спредів.

Об'єктом дослідження є вплив конструкційних особливостей технологічного обладнання, зокрема емульсорів на якість спредів.

Предметом дослідження є конструкції робочих органів емульсорів.

В роботі проаналізовано сучасний стан обладнання для проведення процесу емульгування в харчовій промисловості, проведено обґрунтування актуальності дослідження робочих органів емульсорів, розроблена методика проведення експериментів та проведено дослідження впливу конструкційних особливостей емульсорів та їх режимів роботи на стійкість та дисперсність емульсій. Визначено, що одними з найефективніших є емульсори роторно-вихрового типу, які є економічними, високопродуктивними і забезпечують високу стійкість емульсій при виробництві спредів. Запропонована нами модернізація роторно-вихрового емульсора типу ОММ підвищує його ефективність ще на 10-12%.

Ключові слова: емульсор, ротор, гідродинаміка.

Обсяг магістерської роботи – _____ сторінок.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Приходько О.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	19-1705.МР.13.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миранчук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Annotation

The purpose of research is finding rational parameters of technological equipment in the production line of spreads.

The object of research is the influence of design features of technological equipment, in particular emulsifiers on the quality of spreads.

The subject of research is the design of the working bodies of emulsifiers.

The current state of the equipment for the emulsification process in the food industry is analyzed, the relevance of the study of the working bodies of emulsifiers is substantiated, the methods of experiments are developed and the influence of emulsifiers and their modes of operation on emulsion stability and dispersion is studied. It is determined that one of the most effective are emulsifiers of the rotor-vortex type, which are economical, highly productive and provide high stability of emulsions in the production of spreads. Our proposed modernization of the rotary-vortex emulsifier type OMM increases its efficiency by another 10-12%.

Key words: emulsifier, rotor, hydrodynamics.

The volume of the master's thesis is _____ pages.

Зміст

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

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	19-1705.МР.13.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Вступ

Світовий ринок харчових продуктів постійно змінюється. Він намагається надати споживачу такий новий вид продукції, який його зацікавить, а в подальшому буде користуватись попитом. Так, в результаті розширення масложирового сектору харчових продуктів до давно відомого вершкового масла додався продукт, який отримав назву «спреди». В мешканців Західної Європи та Північної Америки спреди вже багато років входить у щоденний раціон як продукт, що доповнює чи повністю замінює вершкове масло. В Україні спреди користуються значним попитом, так як вони дешевші вершкового масла та мають великий асортимент.

В загальному визначенні з прийнятим ДСТУ 4445:2005 «Спреди та суміші топлени жири». Загальні технічні умови» спреди представляють собою емульсований жировий продукт з масовою часткою загального жиру від 39 до 95%. Виробляється з молочного жиру і (або) вершкового масла, і (або) вершків, і (або) переетерифікованих, натуральних і (або) фракційних, і (або) гідрогенізованих рослинних олій, і (або) їх композицій. Допускається додавання харчосмакових добавок, ароматизаторів і вітамінів.

В залежності від співвідношення тваринних і рослинних жирів спреди діляться на три підвиди:

- 1) рослинно-вершкові містять від 15 до 49 % молочного жиру;
- 2) вершково-рослинні, які містять понад 50% молочного жиру (найбільш наближені до натурального вершкового масла);
- 3) рослинно-жирові, які не містять молочного жиру.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	19-1705.MP.13.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2	

Сучасні технології переробки молока дозволяють широко застосовувати комбінування молочного жиру з рослинним, а також внесення різноманітних рослинних компонентів до молочно-жирових сумішей.

Особливості технології виробництва спредів дозволяють застосовувати поряд з молочними компонентами велику кількість компонентів рослинного походження, головним чином рослинних олій, а також внесення різноманітних компонентів до молочно-жирових сумішей. Завдяки присутності рослинних олій спреди порівняно з вершковим маслом набувають ряд споживчих переваг: не замерзають в холодильнику, мають пластичну консистенцію, містять більшу кількість вітамінів і біологічно активних речовин, меншу кількість холестерину.

Таким чином, у науковців і виробників існує стійка зацікавленість до розробки нових продуктів з підвищеним вмістом жиру на основі молочної та рослинної сировини, спільне використання яких дозволяє отримати розширений асортимент продуктів з меншою собівартістю шляхом часткової заміни дорогої молочної сировини на більш дешеву рослинну.

Для вироблення сучасних спредів необхідно мати відповідне ефективне обладнання, питанням розробки та удосконалення якого і присвячена дана магістерська робота.

1. Аналітичний огляд стану питання

Проведемо аналіз технологічного обладнання, яке входить до складу технологічної лінії виробництва спредів.

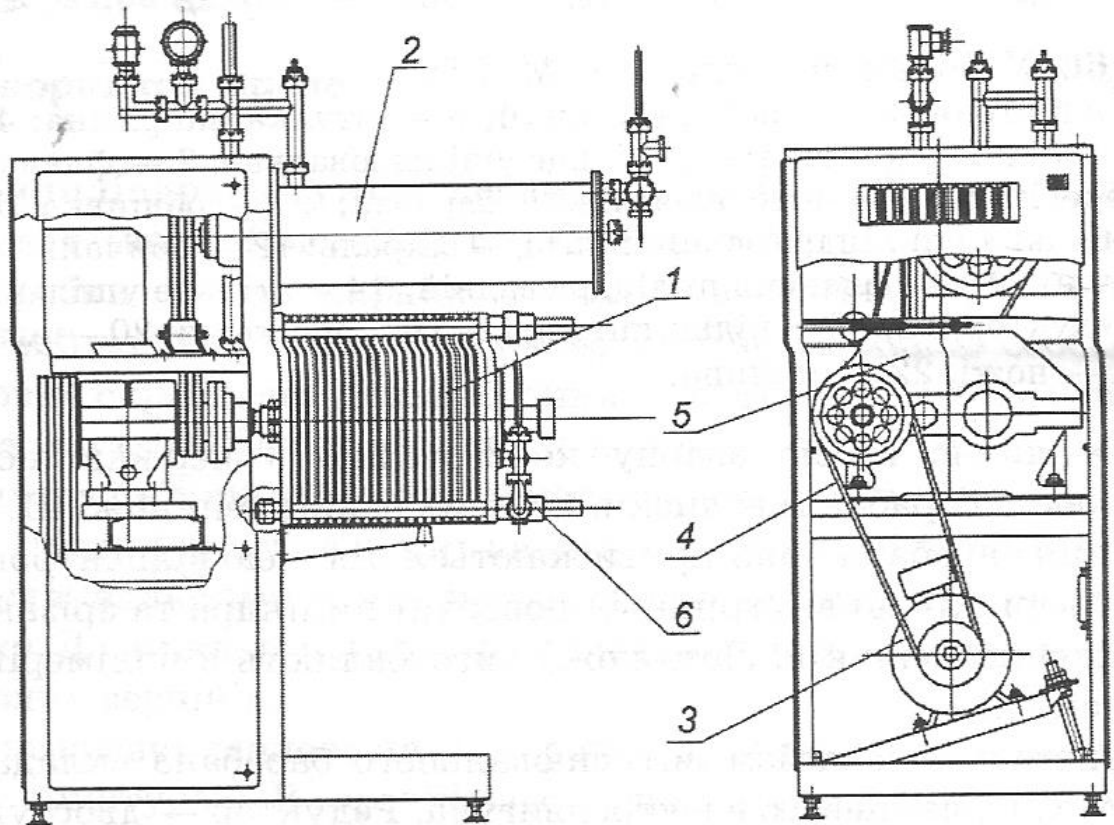


Рис. 1.1 Маслоутворювач РЗ-ОМД

1-охолоджувач, 2-обробник, 3-електродвигун,
4-клинопасова передача, 5-редуктор, 6-штанга.

Маслоутворювач «РЗ-ОМД» складається із охолоджувача і обробника, який розміщено над охолоджувачем. Привід валу охолоджувача і обробника здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу. Натяг пасу забезпечується переміщенням плити на якій встановлено електродвигун.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Приходько О.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Аналітичний огляд стану питання	19-1705.МР.13.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12

Охолоджувач – теплообмінний апарат пластинчастого типу складається з продуктових і розсольних пластин, закріплених на горизонтальних штангах. У центрі пластин розміщений горизонтальний вал.

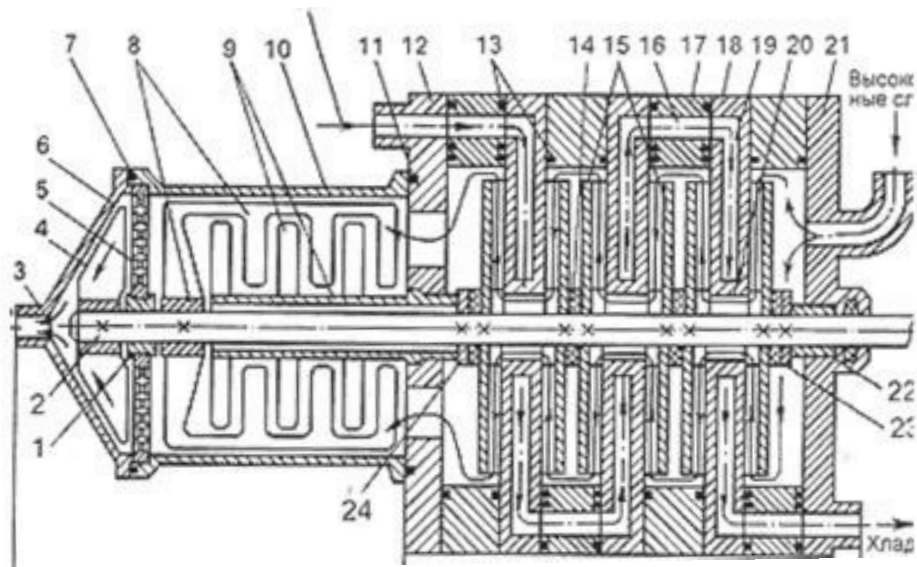


Рис. 1.2 Пластинчастий маслоутворювач РЗ-ОУА-1000

1, 22 - підшипники; 2 - приводний вал, 3 - вихідний патрубок; 4 - крильчатка; 5 - дискові решітки; 6 - конусна насадка; 7, 11 - гумові прокладки; 8 - мішалка; 9 - відбивач; 10 - циліндр; 12 - натискна плита, 13 - гумове кільце; 14 - гумова шайба; 15 - диски-турбулізатори; 16,19 - патрубки для холодагента; 17 - пластина; 18 - охолоджуюча пластина; 20 - центральний отвір; 21 - опорна плита, 23, 24 - опорні шайби.

Камера кристалізації (обробник) служить для механічної обробки продукту і утворення відповідної структури. Камера являє собою циліндр, закритий конусною насадкою. В циліндрі нерухомо закріплений відбійник, а на валу – мішалка з трьома рядами лопатей. Внаслідок механічної обробки температура продукту підвищується від 14 до 15-18 °С.

Тверду консистенцію масла можна одержати також у виготовлювачах масла Я5-ОМС. Характерною особливістю такої технології і конструкції є можливість регульованої термомеханічної обробки на різних стадіях маслоутворення.

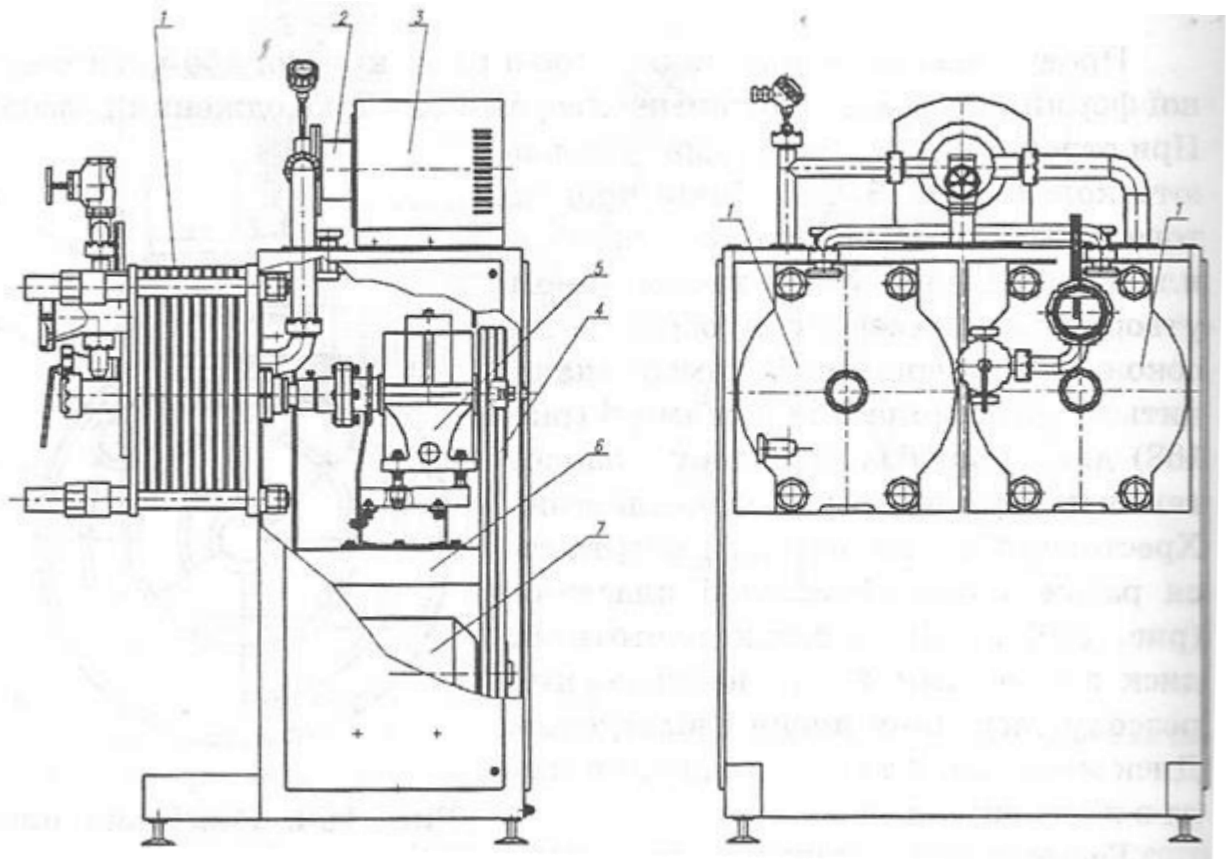


Рис. 1.3 Маслоутворювач Я5-ОМС.

1-скребковий теплообмінник, 2-дестабілізатор, 3-електродвигун,
4-пасова передача, 5-редуктор, 6-станина, 7-електродвигун.

Маслоутворювач складається з двох пластинчастих теплообмінників, між якими встановлений дестабілізатор, що служить для швидкої дестабілізації охолоджених вершків. Дестабілізатор являє собою мішалку, виконану у вигляді білчиного колеса, розміщену безпосередньо на валу електродвигуна.

Пластини теплообмінника досягають в діаметрі до 500мм. Це дає змогу зменшити кількість пластин, не зменшуючи площі поверхні теплообміну, тим самим зменшивши металоємність установки.

Вершки охолоджуються на першому пластинчастому скребковому теплообміннику і при температурі 10-17°C надходять на дестабілізатор, де піддаються інтенсивній механічній обробці. При цьому за 2-3с відбувається

руйнування емульсії і практично повне перетворення фаз з хорошим диспергуванням води.

Другий теплообмінник служить для продовження процесу структуроутворення і охолодження масла. Завершується процес структуроутворенням в трубі діаметром 0,1м і довжиною 3м, встановленою на виході із другого теплообмінника.

Порівняльна технічна характеристика маслоутворювачів

	РЗ-ОУА	Я5-ОСМ-1(модернізований)
Продуктивність кг/год	1000	1000
Потужність кВт	8,6	5
Температура вихідного продукту, °С	15-18	9-16
Площа м2	6,5	4
Маса кг.	1500	1100

Також існують маслоутворювачі, який складається з трьох циліндрів.

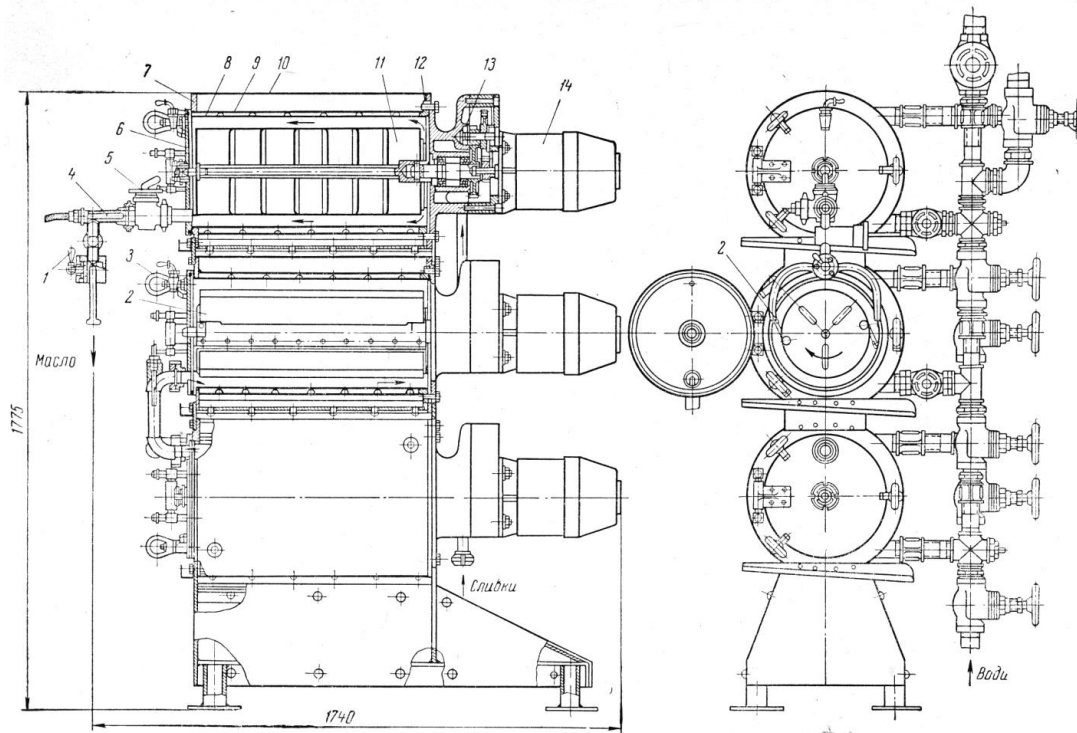


Рис. 1.4 Трициліндровий маслоутворювач

Дане обладнання складається з уніфікованих циліндрів однакової конструкції. Кожен з циліндрів містить виштовхувальний барабан, кришку, редуктор та рубашку для охолодження продукту водою. В рубашці прокладена і закріплена спіраль 11. Задньою стінкою циліндра є торцевий диск редуктора 13, а передньою – кришка 6. Виштовхувальний барабан 8 виготовлений із нержавіючої сталі з ребрами жорсткості. На ньому розташовані 2 ножі, з пластинками з пластмаси. В нижній частині кришки верхнього циліндра розташований кран 2 для випуску продукту. Від електродвигуна маслоутворювач приводиться в дію через редуктор 13.

Але такий маслоутворювач не зовсім підходить для виробництва спредів.

Також проведемо порівняльний аналіз пастеризаційних установок продуктивністю 5000 кг/год.

Для порівняння візьмемо дві установки продуктивністю 5000кг/год: «Я5-ОВІ» та «ОПЛ-5». Однією з переваг установки для пастеризації «Я5-ОВІ» є те, що вона укомплектована на підприємстві – виробнику сепаратором. Також перевагою в порівнянні з багатьма установками, являється те, що «Я5-ОВІ» змонтована і встановлена на окремій платформі, на якій знаходиться сепаратор, проміжний бачок, система нагріву води для секції пастеризації, шафа управління, а також вся запірна арматура. Дане облаштування установки значно полегшує її транспортування, монтаж, а «Я5-ОВІ» займає значно меншу площу. Також «Я5-ОВІ» має меншу масу, що є теж перевагою.

Також «Я5-ОВІ» має пластини, хоч і подібні з її аналогами (ОКЛ-5, ОПЛ-5), але іншої конструкції гофрів. «Я5-ОВІ» має пластини сітчатого типу з нахиленими гофрами або гофрами «в ялинку». Унікальна конструкція пластин дозволяє реалізовувати велику кількість варіантів руху середовищ. А також даний тип пластин має високі теплообмінні властивості.

Конструкція установки не допускає змішування середовищ, а також є четверта секція охолодження.

Конструктивні особливості пластини дозволяють використовувати їх, як в правому так і в лівому використанні, розвернувши на 180° . Унікальний дизайн пластин дозволяє організовувати багато базових варіантів руху середовищ, між якими відбувається інтенсивний теплообмін. При виході з ладу пластини замінюються на нові.

Також значною перевагою пастеризаційної установки «Я5-ОВІ» є повністю автоматизований процес пастеризації молока. Керування всіма необхідними параметрами процесу пастеризації відбувається автоматично.

В цій установці можливо збільшувати/зменшувати площу теплопередачі у випадку зміни теплового навантаження.

Як бачимо, пастеризаційна установка «Я5-ОВІ» має суттєві переваги над аналогічними пастеризаційними установками вітчизняного виробництва. Але існує її суттєвий недолік в порівнянні з установками «ОПЛ-5», це її більша вартість.

Установка призначена для пастеризації і охолодження молока в тонкослойному закритому потоці. Контрольно-вимірюючі прилади забезпечують комплексну автоматизацію технологічного процесу, що унеможлиблює вихід недопастеризованного продукту. Застосовується на підприємствах молочної промисловості. На рис. 2.5 представлена технологічна установка «Я5-ОВІ». Молоко поступає з резервуара зберігання при $4...6^{\circ}\text{C}$ в зрівнювальний бак, звідти насосом подається в секцію рекуперації пластинчатого апарата і нагрівається до 70°C гарячим молоком в протитоці. З секції рекуперації молоко направляється в секцію пастеризації, де нагрівається до температури пастеризації $76...78^{\circ}\text{C}$, після чого проходить через клапан, гомогенізатор і витримувач. Потім молоко послідовно охолоджується в секціях рекуперації, водяного і розсільного охолодження.

Температура вихідного з апарата молока 4...6°C. Процес пастеризації і охолодження регулюється автоматично. Температури пастеризації і охолодження підтримуються автоматичними електронними регуляторами. Подача розсолу при автоматичному переключенні потоку суміші на повторний підігрів закінчується також автоматично.

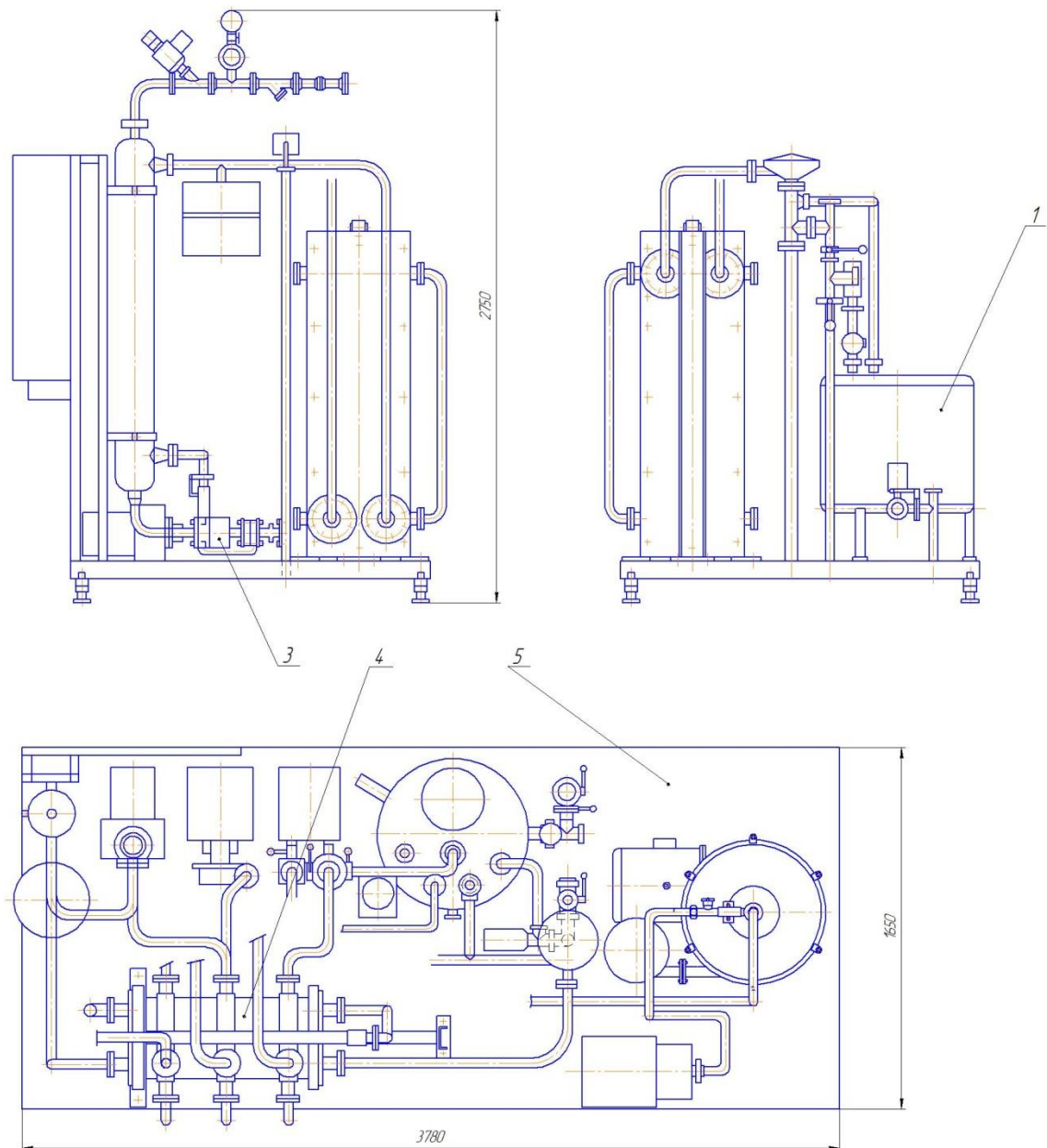


Рис. 1.5 Теплообмінна установка «Я5-ОВІ»

Порівнявши пастеризаційні установки «Я5-ОВІ» та «ОПУ-5» можемо дійти висновку, що пастеризаційна установка «Я5-ОВІ» має ряд переваг над «ОПУ-5», а саме: повністю автоматизовано процес виробництва пастеризованого молока; конструктивні особливості пластин дозволяють використовувати їх, як в правому так і в лівому напрямках, висока стабільність роботи та менші габаритні розміри.

Огляд сучасних конструкцій емульсорів

Емульсор міксерного типу

Емульсор включає циліндричний корпус, знімну кришку, закріплений на ній привід у вигляді планетарного редуктора і пов'язаного з ним електродвигуна, закріплену до кришки нерухому шестерню і підшипник, ротор, що складається з водила, в корпус якого на підшипниках кочення встановлені вали з закріпленими з одного боку шестернями-сателітами, що входять у зачеплення з зубами нерухомої шестерні, і планетарними міксерами з іншого боку, і очисними шкребками, розміщений на периферії кришки завантажувальний люк для завантаження об'ємної частини суміші і патрубок для завантаження інших компонентів суміші. По центру кришки змішувача уздовж вертикальної осі встановлена трубчаста вісь, до якої закріплена нерухома шестерня і на підшипниках встановлено водило ротора, планетарний редуктор виконаний з малим передавальним числом і з'єднаний з водилом ротора зубчастої передачею зовнішнього зачеплення з великим передавальним числом, для чого на вихідному валу планетарного редуктора закріплена шестерня, а на корпусі водила закріплено зубчасте колесо, яке входить в зачеплення з вказаною шестернею, причому зубчасте колесо і корпус водила утворюють циліндричну ємність для розміщення згаданої нерухомої шестерні і шестерень-сателітів, а також мастильного матеріалу для змащення планетарної передачі. Патрубок для завантаження інших компонентів суміші суміщений з трубчастою віссю, при цьому електродвигун

зміщений від осі до периферії знімною кришкою корпусу, встановлений на планетарному редукторі і з'єднаний з вхідним валом планетарного редуктора за допомогою зубчастої муфти. Патрубок для завантаження компонентів сумішей і добавок виконаний у вигляді двох співвісних циліндрів, причому циліндр меншого діаметру для завантаження одних компонентів суміші розташований всередині циліндра більшого діаметру, з'єднаних між собою усіченим конусом, на поверхні якого розміщені трубчасті підводи для завантаження інших компонентів суміші, а циліндр більшого діаметру розташований всередині водила ротора з проміжком. Компоненти суміші подаються за патрубком в циліндричний корпус, після заповнення якого включають мішалки (міксери). Недоліками даної конструкції є велика тривалість обробки продукту і невисока якість емульгування .

Відцентровий емульсор

Відцентровий емульсор включає в себе корпус з відбивачами, робоче колесо з виступами, штуцери для підведення компонентів з пристроями для регулювання кількості надходить рідкого компонента і зворотні клапани.



Рис. 1.6 Відцентровий емульсор Я5-ОММ

Відцентровий емульсор працює наступним чином. Основа емульсії по трубопроводу надходить у центральну частину насосного відцентрового колеса емульсора. При його обертанні відразу за відбивачами утворюються зони вакууму. Під впливом різниці тисків у відкритих ємностях для компонентів і зон розрідження, зворотні клапана відкриваються і рідкі компоненти через штуцери закачуються у внутрішню порожнину емульсора, потрапляють на кінці радіальних виступів відцентрового колеса, і відбувається одночасне перемішування і емульгування. Щоб уникнути потрапляння основи емульсії в ємності при зупинці емульсора на вихідних кінцях штуцерів встановлені зворотні клапани. Перевага відцентрового емульсора полягає в приготуванні емульсії з можливістю регулювання співвідношення компонентів. Також таке конструктивне рішення дозволяє спростити технологію виробництва багатокомпонентних емульсій, так як процес здійснюється одностадійно і поточно, а це знижує виробничі витрати.

Сопловой емульсор (диспергатор)

Емульсор містить циліндричний корпус з патрубками входу і виходу робочого середовища. У корпусі розміщена насадка з сопловими каналами і камера змішувача з диспергатором. Диспергатор встановлений на внутрішній бічній поверхні змішувальної камери і виконаний у вигляді замкнутого профільованого кільця зі скошеним торцем з боку насадки. Корпус оснащений конфузорами і додатковим патрубком введення. Робоча суміш подається на патрубок входу і проходить насадку, де розподіляється сопловими каналами на автономні струмені. У струменевому режимі продукт надходить у змішувальну камеру і подається на диспергатор. Скошений торець диспергатора змінює напрямок течії периферійних струменів продукту та забезпечує їх надходження в центральну область потоку. У результаті взаємодії між собою струменів з різним кутом течії і різної осьової складової швидкості відбувається ковзання струменів між собою, що ініціює

відрив граничних структур в струменях, їх перемішування і диспергування робочого середовища в цілому. Недоліком даного емульсора є неповне змішування робочого середовища через низьку ступеня диспергування.

Ультразвуковий емульсор

Емульсор складається з корпусу і ультразвукового випромінювача з хвилевидним акустичним трансформатором поздовжніх коливань, приєднаним до корпусу в площинах вузлів коливальних зсувів, які мають отвори для подачі води в змішувальний резервуар. Пристрій працює наступним чином. Хвилевидний акустичний трансформатор здійснює випромінювання акустичної енергії. Енергія передається з робочої поверхні випромінювача в заповнений компонентами змішувальний резервуар, де вона витрачається на процес емульгування компонента з водою, який надходить в змішувальний резервуар через отвори. У воді виникає акустична кавітація, викликана трансформацією акустичної енергії переданої в воду від бічної поверхні акустичного трансформатора за рахунок поперечної моди коливань, а також від випромінюючого елемента за рахунок поздовжньої складової коливань. Під дією акустичної кавітації вода дисоціює на іони, в тому числі з утворенням двовалентних гідроксильних іонів, і в ній утворюються перекис водню. Ці сполуки сприяють розрідженню подвійного електричного шару на межі розділу середовищ у прямій емульсії, яка є фазою, що утворюється при роботі пристрою. В результаті пряма емульсія розпадається, запобігаючи явищу коагуляції зворотньої емульсії, збільшуючи тим самим її стійкість. Недоліком даних пристроїв є залежність акустичних параметрів гідродинамічних випромінювачів (частоти і амплітуди коливань випромінювального елемента) від швидкості потоку суміші, а отже, залежність дисперсності, яка визначає стійкість емульсії, від швидкості її утворення .

Роторний емульсор

Емульсор складається з рами, циліндричного корпусу з впускним і випускним патрубками. У корпусі встановлені ротори, виконані в вигляді порожнистих циліндрів коаксіально один над іншим з можливістю обертання в протилежні сторони. Ротори закріплені на валах і встановлені в корпусах. Привід валів здійснюється через клинопасову передачу від двох електродвигунів. У роторах виконані прорізи і отвори, на бічних стінках яких нанесені рифлення. Крім того, в прорізах і отворах роторів встановлені пластини з рифленими бічними поверхнями, а нижній ротор в середній частині має лопаті вигнуті в напрямку, протилежному обертанню верхнього ротора. Емульсор працює таким чином. Попередньо приготована суміш надходить через впускний патрубок у внутрішню зону пристрою. За допомогою лопаток, виконаних за цисоїдами і відхилених в напрямку, протилежному напрямку обертання верхнього ротора, суміш додатково інтенсивно переміщується і відкидається до периферії. При обертанні в протилежні сторони роторів, коаксіально розташованих один над іншим, відбувається швидке чергування суміщення і не суміщення прорізів і отворів з рифленнями на бічних стінках, при цьому виникає пульсуючий з великою частотою потік. Проходячи через зону радіального зазору, отвори і прорізи з встановленими в них рифленими пластинами, суміш піддається впливу великих напруг зсуву, зрізаючих зусиль, стирання, гідравлічних ударів, кавітації і дрібномасштабною пульсації в широкому діапазоні частот. Дана форма лопатей сприяє створенню активного турбулентного потоку, який, проходячи через прорізи і отвори, розділяється рифленими пластинами, забезпечують інтенсивне стирання дисперсних систем. Готовий продукт виходить через випускний патрубок. Недолік даного пристрою полягає в необхідності використання двох електродвигунів, що ускладнює і здорожує вартість всієї установки.

Проаналізувавши існуючі типи емульсорів ми виявили, що найбільш доцільним для виробництва спредів є використання відцентрових емульсорів.

2. Методика проведення досліджень

Розробка режимів отримання технологічно стійких жирових дисперсій з використанням емульсора Я5-ОММ при виробництві спрейдів методом безперервного збивання проведена на базі ТДВ "Золотоніський маслоробний комбінат", м Золотоноша, Черкаської області співробітниками Київського інституту молока та м'яса [1]. Для виробництва спрейдів на базі ТДВ "Золотоніський маслоробний комбінат" використовували модифіковану пальмову олію СТІ (УПІ), натуральні молочні вершки і знежирене молоко.

Компоненти закладали в співвідношеннях, відповідних рецептурами спрейдів: "Золотоніський" традиційній 72,5% і "Золотоніський" домашній 66,5% жиру. Емульсор Я5-ОММ був встановлений замість відцентрового насоса Sigma NPВ 160-50. Перед початком роботи на емульсорі був виставлений зазор 0,44 мм для грубого диспергування жиру в суміші, а також підключений амперметр і манометр. Підготовка для проведення дослідного вироблення спреда проходила в наступному порядку: в ємності для емульгування з теплообмінної сорочкою, в яку подавалася пара, розплавляли при температурі 65-70 °С пальмову олію. Туди ж при постійному перемішуванні вносили знежирене молоко (температура 70-75 °С). Перемішування здійснювали за допомогою лопатевої мішалки протягом всього диспергування, аж до закінчення перекачування готової емульсії на змішування з натуральними вершками. Після закінчення подачі знежиреного молока в ємність для диспергування проводили грубе емульгування компонентів суміші протягом 1 циклу обробки, за допомогою емульсора Я5-ОММ при зазорі 0,44 мм. Далі підготовлену суміш диспергували, циркулюючи через емульсор, при мінімальному робочому зазорі 0,22 мм почавши, таким чином, процес емульгування. Після кожного циклу, протягом усього емульгування (8 циклів), були проведені відбори проб для

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Методика проведення досліджень</i>	19-1705.МР.13.002 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/6

визначення показників стійкості емульсії. Готову жирову дисперсію перекачували емульсором при робочому зазорі 1,76 мм на змішування з натуральними вершками (при співвідношенні молочного і рослинних жирів 60:40 відповідно), яке проводили в резервуарі з двома мішалками при температурі 40-50 °С. Після змішування комбіновані пастеризували в пастеризаційно-охолоджувальній установці ХКСС 600/110 направляли на дозрівання протягом 15 год при температурі 4°С. По завершенню дозрівання суміш нагрівали до температури 15°С і направляли на збивання в масловиготовлювачах.

Розробка режимів отримання технологічно стійких жирових дисперсій з використанням емульсора Я5-ОММ при виробництві спреда методом перетворення ВЖС проведена на базі ВАТ "Решетилівський маслозавод", с.м.т. Решетилівка, Полтавської області співробітниками Київського інституту молока та м'яса [1]. Для оптимізації емульгування високожирних сумішей (62,5-72,5% жиру), за допомогою емульсора роторного типу Я5-ОММ, застосовували різні способи змішування і подачі компонентів в ємність для диспергування. Крім того, коректували такі технологічні параметри як: температура емульгування, швидкість подачі компонентів і їх температура при змішуванні, інтенсивність механічного впливу і тривалість емульгування. зміна інтенсивності механічного впливу здійснювалося за допомогою регулювання робочого зазору між ротором і статором емульсора; шляхом обмеження витрат продукту на виході (створення протитиску); а також використовуючи додаткові пристрої (насос ОРА-10, рамкові мішалки) для грубого емульгування. Процес підготовки суміші для проведення дослідного вироблення спреда проходив в наступному порядку: в плавителі готували жирову фазу: плавили молочний (масло) і рослинні (ЗМЖ Пальміра-2 ТУ У 15.4-00376509-014-2004 виробництва ВАТ "Одеський олійножировий комбінат") жири. Температуру продукту регулювали тиском пари (0,3-0,5 МПа). По завершенні плавлення і досягненні температури

жирової фази 65-70 °С в плавитель подавали незбиране або знежирене молоко або сколотини, температура яких становила 10 ± 2 °С. Компоненти в плавителі розподілялися наступним чином (знизу-вгору): молоко або сколотини, молочний жир, рослинні жири, що обумовлено коливанням температур в різних шарах від 40 °С до 60 °С. Після закінчення подачі молока компоненти суміші за допомогою насоса перекачували в ванну (ємність для диспергування) з теплообмінної сорочкою і рамкової мішалкою. Температуру води в теплообмінній сорочці підтримували на рівні 40-45°С. Швидкість подачі компонентів з плавитель становила 6-10 м³/год, що здійснювалося за допомогою регулювання перетину прохідного крана при подачі насосом ОРА-10 з робочою продуктивністю 10 м³/год. Одночасно з початком подачі компонентів в нормалізаційну ванну включали емульсор роторного типу Я5-ОММ, насос ОРА-10 і рамкову мішалку, починаючи, таким чином, процес емульгування при мінімальному робочому зазорі між ротором і статором 0,22 мм, без обмеження витрат продукту на виході. По завершенні подачі компонентів емульсії з плавителя її нормалізували в ванні, а потім, переконавшись в отриманні якісного продукту, вимикали емульсор. Після закінчення диспергування отриману емульсію за допомогою ротаційного насоса ОРА-10 направляли на пастеризацію, підтримуючи її стабільність в нормалізаційній ванні за допомогою мішалки. Температуру води в сорочці нормалізаційної ванни при цьому підтримували на рівні 40-45°С. По завершенні високотемпературної обробки, емульсію направляли в ємність з мішалкою і теплообмінною сорочкою (ОВН-600), звідки в закритому потоці безпосередньо в маслоутворювач Я5-ОМС-1. Готовий продукт подавали на розфасовку. Диспергування емульсії 35%-ної жирності проводилося в ємності ОВН-600 за допомогою емульсора Я5-ОММ при мінімальному робочому зазорі між ротором і статором 0,22 мм. Для створення протитиску регулювали перетин крана на 100% і 50%. Компоненти суміші (розплавлений ЗМЖ Пальміра-2 і незбиране молоко) при допомозі

терморегулюючої сорочки ємності ОВН-600 доводили до температури емульгування 65 °С, перемішували мішалками і диспергували протягом 8 циклів обробки. Після кожного циклу обробки проводили відбір проб. В ході роботи, при допомозі амперметра і манометра, фіксували досліджувані параметри (струм і тиск).

Методики визначення стійкості жирових емульсій

Першою ознакою початкового руйнування жирових емульсій є зменшення ступеня дисперсності жиру, тому були детально вивчені відомі методи визначення ступеня дестабілізації і гранулометричного складу подібних систем. В результаті для оцінки ефективності емульгування і ступеня дисперсності жиру в приготованих емульсіях, використовували такі методи досліджень. Для об'єктивної оцінки руйнування жирових дисперсій використовували метод визначення дестабілізації жиру, суть якого полягає в розрахунку процентного відношення незаемульгованого (вільного) жиру до його загальної кількості в емульсії, після впливу на неї дестабілізуючого температурного фактору. Ступінь дестабілізації жирових кульок (ЖК) характеризує міцність захисних шарів ліпопротеїнових оболонок ЖК, а також стійкість емульсій до розшарування (деемульгування), внаслідок якої дисперсна фаза виділяється у вигляді об'ємної фази і переходить з метастабільного стану в термодинамічно стійкий. Для оцінки ефективності емульгування жирів авторами [1] був використаний модифікований метод визначення стійкості жирової суспензії-емульсії з модифікованої жирової фазою по відстоюванню жиру [2].

Сутність методу полягає в розрахунку процентного відношення відстояного, але агрегатно-стійкого жиру, до його загальної кількості в емульсії, після витримання її певний час при встановлених умовах, без розведення водою або знежиреним молоком.

Стабільність жирової емульсії (відстоювання жиру), (С,%) в [1] розраховували за формулою:

$$C = (Же - Жн) / (Же - Vн / Vзаг * Жн) * 100\%, \quad (2.1)$$

де: Же - масова частка жиру в емульсії, %;

Жн - масова частка жиру в нижньому шарі емульсії, %;

Vн - об'єм нижнього шару емульсії, см³;

Vзаг - загальний об'єм верхнього шару емульсії, см³.

Отримана величина характеризує стійкість емульсій до утворення конгломератів (флокуляції, коагуляції) і "вершкового" шару (відстоювання).

Методика досліджень гідродинаміки потоків в емульсорі

У дослідженнях використовувалися методи розрахунку кінематики і динаміки потоків за допомогою обчислювальної техніки (Computational fluid dynamics - CFD).

Створення моделі емульсора з допомогою ПК Autodesk Inventor.

За допомогою програмного забезпечення Autodesk Inventor було створено спрощену 3D-модель емульсора (рис.2.1) з модернізованим ротором (рис.2.2).

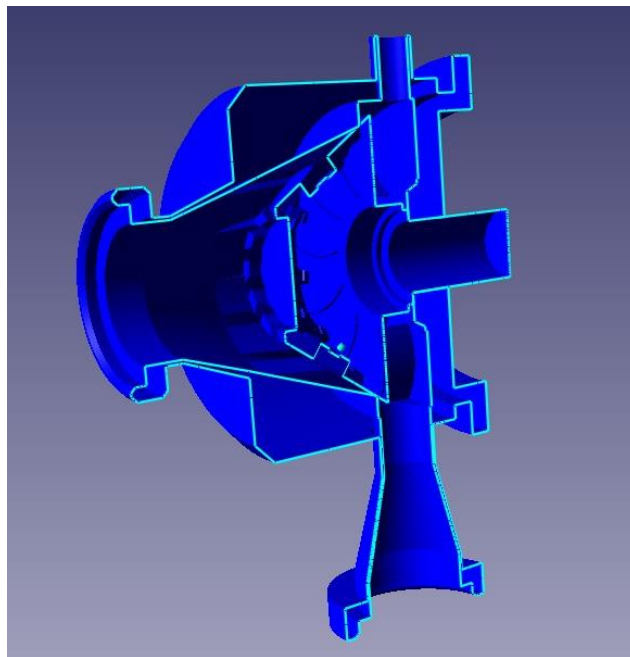


Рис. 2.1. Модель емульсора

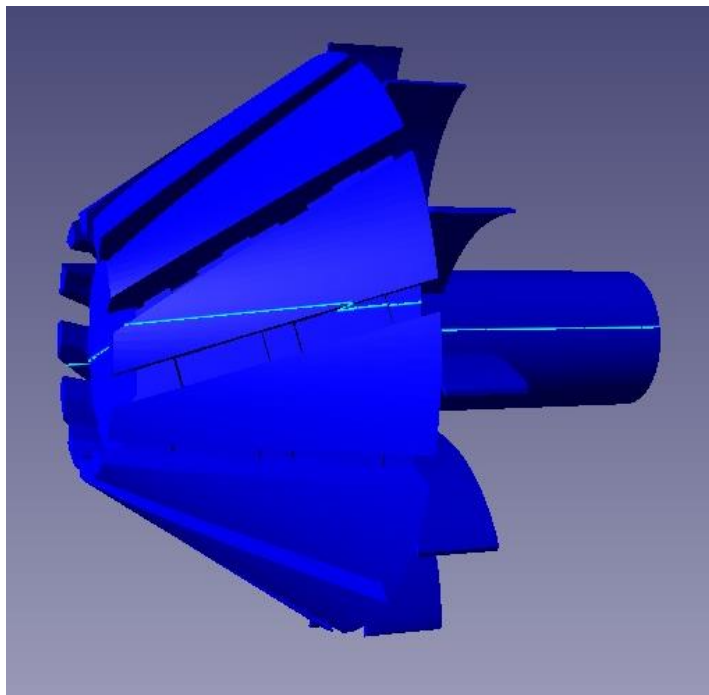


Рис. 2.1. Модель модернізованого ротора емульсора

Моделювання гідродинаміки потоків в емульсорі за допомогою програмного пакету Flow Vision.

Під час моделювання було використано програмний пакет для персональних комп'ютерів Flow Vision фірми "Тесис". Він призначений для моделювання тривимірних течій рідини в технічних і природних об'єктах, а також візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки.

Робота пакету FlowVision ґрунтується на кінцево-об'ємному методі розв'язку рівнянь гідродинаміки з використанням прямокутної адаптивної сітки з локальним подібненням. Ця технологія дає можливість імпортувати геометрію із систем САПР і обмінюватися інформацією з іншими системами кінцево-елементного аналізу.

Моделювані течії, містять у собі стаціонарні й нестаціонарні, стискувані, слабостискувані й нестискувані потоки рідини й газу. Використання різних моделей турбулентності й адаптивної розрахункової сітки дає змогу моделювати складні рухи рідини, включаючи течії із сильним закрученням, та вільною поверхнею.

3. Дослідна частина та узагальнення результатів

3.1. Вплив інтенсивності і тривалості емульгування на дисперсність і стабільність емульсій

Найважливішою технологічною операцією при виробництві спредів є отримання стійких емульсій. При виробництві спредів методом перетворення ВЖВ емульсії піддаються лише пастеризації та вторинному сепаруванню протягом порівняно короткого часу, тому і вимоги до їх стійкості порівняно невисокі. І все ж такі емульсії повинні зберігати стабільність аж до надходження в маслоутворювач.

При виробництві спредів методом збивання до агрегативної стійкості емульсій пред'являються досить високі вимоги, тому що вони повинні витримувати без руйнування процеси пастеризації, охолодження, дозрівання і підігрівання. Деякі з цих процесів здійснюються при механічній обробці, яка є одним з основних факторів, що впливають на стійкість жирових дисперсій. Тому проводились дослідження залежності показників якості емульсій від характеру механічного впливу, кількості енергії, яка витрачається на емульгування і тривалості цього процесу.

Одним з об'єктивних показників руйнування жирових дисперсій є ступінь дестабілізації жирових кульок (ЖК). Ця величина характеризує стійкість емульсії до руйнування, внаслідок якої дисперсна фаза виділяється у вигляді об'ємної фази і переходить з метастабільного стану в термодинамічно стійкий. Суть застосовуваного методу Фавстової полягає у визначенні процентного співвідношення незаемульгованого (вільного) жиру до його загальної кількості в емульсії, після впливу на неї дестабілізуючого температурного чинника. Даний метод досліджень дозволяє визначити стійкість емульсій до розшарування (деемульгування) і міцність захисних шарів ліпопротеїнових оболонок ЖК.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	19-1705.МР.13.003 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>	<i>Дослідна частина та</i> <i>узагальнення результатів</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/13	

Аналізуючи зміни стабільності жирової емульсії при обробці в емульгуючому пристрої за кількістю дестабілізованого жиру [1, рис. 3.1] можна зробити висновок, що підвищення інтенсивності механічного впливу (з 1500 до 3000 об/хв або з 63 до 175 Вт відповідно) прискорює формування емульсії типу ж/в. Рациональна тривалість емульгування при інтенсивності обробки 3000 об/хв становить 1,5хв. Кількість дестабілізованого жиру при цьому знаходиться на рівні 30%.

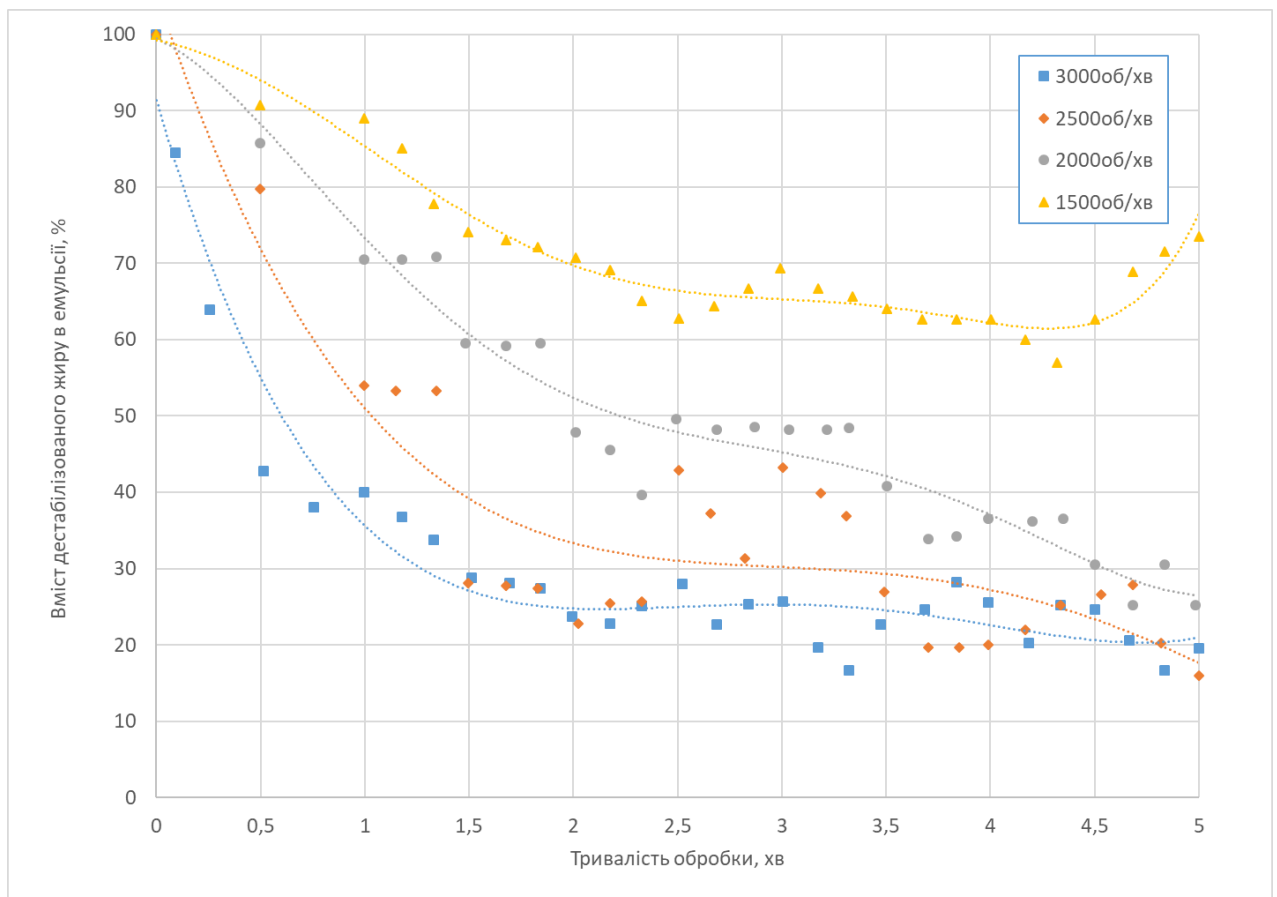


Рис. 3.1. Стабільність жирової емульсії в процесі її обробки в емульсорі Я5-ОММ з базовою конструкцією ротора

Ефективність емульгування, оцінювана по відстоюванню, також досягає практично максимального рівня через 1,5 хв. Ще чіткіше простежується залежність стабільності жирової емульсії від інтенсивності механічного впливу. Так через 1,5 хв обробки при частоті обертання ротора емульгуючого

пристрої 1500 об/хв (9,5м/с) ступінь дестабілізації жирової емульсії складає 70%, в той час як при 3000об/хв (18,8 м/с) - 30%. Деяке здивування викликає характеристика дисперсності емульсій, отриманих при обробці зі швидкістю 3000 об/хв. Середні розміри ЖК в них перевищують такі для емульсій, отриманих при більш низькій інтенсивності механічного впливу. При цьому отримані дані показали (рис. 3.2), що в під час обробки в емульгуючому пристрої (при швидкості ротора 1500 ... 3000 об/хв) можна вже через 1,5 хв отримати тонкодисперсну жирову емульсію з розмірами ЖК порівнянними з такими для натуральних молочних вершків.

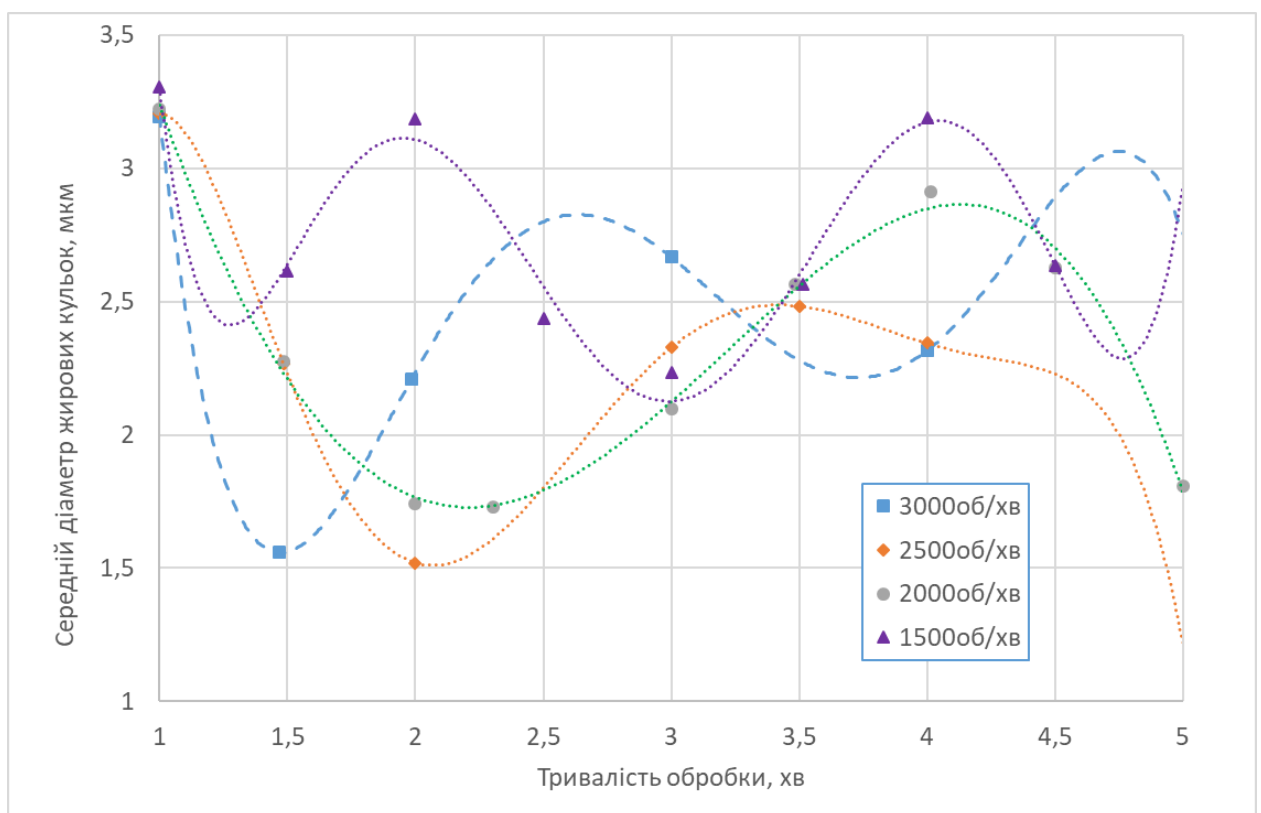


Рис. 3.2. Дисперсність жирової емульсії в процесі її обробки в емульсорі Я5-ОММ з базовою конструкцією ротора

Таким чином, аналізуючи динаміку зміни стану жирової емульсії в ході обробки в роторно-вихровому пристрої, можна стверджувати, що ефективність емульгування, що оцінюється за ступенем дестабілізації і відстоювання жиру досягає практично максимального рівня через 1,0 ... 1,5

хв емульгування при інтенсивності впливу 3000 об/хв, що добре корелює з даними за розмірами ЖК (дисперсністю жирової фази). Принципово така ж емульсія виходить і при швидкості обертання ротора емульгуючого пристрою 2500 об/хв (15,7 м/с). Хоча остання по показником відстоювання поступається попередній. В результаті проведених експериментальних робіт [1] встановлена надзвичайно цікава і, мабуть, важлива закономірність, яка полягає в наступному. Емульгування жиру проходить циклічно - на тлі формування емульсії поперемінно відбувається зниження розмірів ЖК (диспергування жирової фази) і збільшення їх (агрегація).

При цьому зниження дисперсності жиру супроводжується і відповідним зниженням стабільності емульсії (підвищенням ступеня дестабілізації). Особливо добре цей ефект (рис. 3.1) проявляється при інтенсивності обробки, що відповідає швидкості ротора емульгуючого пристрою 2000 об/хв (12,6 м/с) і 2500 об/хв (15,7 м/с). У проміжку обробки (при швидкості ротора 2500 об / хв) від 2,0 до 3,6 хв ступінь дестабілізації зростає з 24 до 44%. Середні розміри ЖК при цьому можуть змінюватися з 1,6 до 2,6 мкм (при швидкості ротора 2000 об/хв) і з 1,5 до 2,5 мкм (при швидкості ротора 2500 об/хв). У більшій чи меншій мірі ці явища проглядаються і при інтенсивності обробки, що відповідає швидкості 1500 і 3000 об/хв. Частота зміни розмірів ЖК зростає в міру підвищення інтенсивності обробки продукту (числа обертів ротора). Циклічність процесу диспергування жиру наочно демонструють криві зміни гранулометричного складу емульсії [1, рис. 3.2]. Так через 2 хв емульгування, при інтенсивності обробки 2500 об/хв, в емульсії переважають ЖК з діаметром 9 мкм і нижче (вміст жиру в ЖК з діаметром вище 12 мкм становить 11%). Тоді як через 3 хв, при тій же інтенсивності обробки, основна маса жиру (68%) присутня в ЖК розміром 13 ... 19 мкм. Надалі, через 5 хв емульгування дисперсність знову підвищується - в ЖК розміром 13 мкм міститься всього лише 9% жиру. Ці дані добре корелюють з описаними вище. Відомо, що роторні емульсори дають

можливість створення найбільшого, в порівнянні з іншими типами диспергируючих пристроїв, градієнта швидкості в потоці оброблюваного продукту при мінімальній витраті енергії. Тому трактування емульгування в таких емульсорах з точки зору гіпотез, в яких причиною деформації і дроблення ЖК вважається великий градієнт швидкості (гіпотези Ребиндера і Вітінга, Суркова), представляються більш переконливими. При цьому результати досліджень не суперечать кавітаційній [3] і новій субкавітаційній гіпотезі гомогенізації [4].

3.2. Вплив технологічних факторів на витрати енергії при емульгуванні

Як відомо енергія, що витрачається на отримання технологічно стійких жирових емульсій – найважливіший показник, що характеризує досконалість застосовуваного обладнання та є інтегральним показником, що залежать від принципу дії і конструктивних особливостей диспергуючого пристрою. З метою встановлення раціональних витрат енергії на отримання технологічно стійких дисперсій жиру в роторно-вихровому емульсорі в [1] з'ясовано вплив ряду факторів на енерговитрати в ході емульгування. Для цього протягом усіх етапів роботи за допомогою розробленої експериментальної установки, в якій лабораторний емульсор Я5-ОЕА дооснащений системою автоматизації (додатки В і Г), були досліджені зміни потужності під час емульгування жиру в роторному пристрої.

Природно, що в міру підвищення інтенсивності механічного впливу зростає і потужність: з 50 Вт при швидкості обертання ротора емульгуючого пристрої 1500 об/хв (9,5 м/с) до 140 ... 200 Вт при швидкості 3000 об/хв (18,8 м/с) На рис. 3.16 [1] можна побачити зону підвищеної потужності (від 0,5 до 2,0 хв обробки), яка в принципі збігається з зоною активного емульгування. По закінченню формування емульсії (з порівняно постійними характеристиками ступеня дисперсності і стійкості), потужність, що розвивається приводом роторного пристрою стає приблизно постійною.

Таким чином, емульгування жиру і доведення системи до постійних характеристик є більш енерговитратним, ніж обробка практично стабільної емульсії. Наприклад, при 3000 об/хв (18,8м/с), в зоні активного емульгування потужність (до 200 Вт) приблизно на 30% вища в порівнянні з такою для вже сформованої емульсії (140 ... 150 Вт). На підставі отриманих результатів були розраховані витрати енергії на емульгування жирів. Для розрахунків були використані дані, отримані при найбільш раціональній (див. п.3.1) інтенсивності обробки. Виявили, витрати енергії, що забезпечують достатню стійкість емульсій (ступінь дестабілізації менше 30%), знаходяться на рівні 3... 4 кДж / кг. Перевищення цього рівня енергії, яка витрачається недоцільно, тому що практично не збільшує стійкість емульсій. Потужність обробки, що забезпечує отримання стабільної емульсії, знаходиться на рівні 150 ... 175 Вт і досягається вона при інтенсивності обробки, відповідній швидкості ротора емульгуючого пристрою 2500 ... 3000 об/хв. Обробка емульсій в роторному пристрої з вищевказаної потужністю дозволяє вже через 1,5 хв отримувати стійку жирову дисперсію.

Показники стабільності емульсій, отриманих при різній інтенсивності механічної обробки, а також деякі характеристики емульгування наведені в таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1

Ступінь дестабілізації жирових емульсій при різній інтенсивності обробки в роторно-вихровому емульгуючому пристрої Я5-ОММ

Інтенсивність оброблення, Вт; (об/хв); [м/с]	Ступінь дестабілізації емульсій, % через, хвилин обробки				
	0,5	1,5	2,5	3,0	4,5
63 (1500) [9,5]	91	74	65	69	63
125(2000) [12,6]	85	60	40	49	31
150(2500) [15,7]	80	28	25	43	27
175(3000) [18,8]	43	28	25	27	25

Характеристики процесу емульгування суміші з
концентрацією жирової фази 65%

Назва показника	Значення показників при швидкості обертання ротора емульсора, об/мин			
	3000	2500	2000	1500
Потужність, Вт	175	150	125	63
Питома потужність, Вт/кг	0,88	0,75	2,08	-
Тривалість емульгування, с	90	90	300	-
Необхідна кількість циклів емульгування	8	8	27	-
Продуктивність емульгування, кг/год	200	200	60	-
Витрати енергії на емульгування, кДж/кг	3,15	2,7	7,5	-

Висока потужність впливу, в перші секунди диспергування суміші, обумовлена з одного боку інерційністю маси приводних елементів і робочих органів емульсора, з іншого – підвищеним при запуску емульсора гідравлічним опором оброблюваної емульсії. Підводячи підсумок цього розділу досліджень можна відзначити, що на першій стадії формування емульсії в зоні активного емульгування витрати енергії приблизно на 30% вищі, ніж при обробці практично стабільної жирової дисперсії. Витрати енергії на емульгування зростають у міру збільшення швидкості обертання ротора диспергуючого пристрої, зниження температури проведення процесу, а також підвищення масової частки жирової фази в суміші [1].

Для порівняльної оцінки ефективності роботи роторно-вихрового диспергуючого пристрої були проведені дослідження для молочно-жирових сумішей з різною масовою долею жирової фази (параметри інших диспергуючих пристроїв взяті стосовно молока з вмістом жирової фази 3,5% [4]). Результати представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Порівняння різних типів диспергуючих пристроїв

Тип диспергуючого пристрою	Продуктивність, л/год	Діаметр частинок після обробки, мкм	Потужність пристрою, кВт	Питома потужність пристрою, кВт/м ³
Клапанний, А1-ОГ2М	5000	0,8...2,5	37	7,4
Ультразвуковий	30	1,6	1,4	46,7
Сопловий, ОГВ	1000	1...1,25	4,4	4,4
Вихровий, на базі клапанного А1-ОГ2М	5000	0,77...1,05	19	3,8
Роторно-вихровий, Я5-ОММ	5000	1...2,5	2,1	0,5...0,6

Виходячи з принципів мінімізації енерговитрат на отримання тонкодисперсних жирових емульсій, емульсор Я5-ОММ має високу продуктивність при низьких витратах енергії і тому є оптимальним для використання в промисловості.

Показники робочого тиску, струму і споживаної потужності, поетапно протягом усього емульгування представлені в табл. 3.4. Отримані дані показують, що тиск, що створюється емульсором в процесі роботи, залежить від зазору між ротором і статором, а також реологічних властивостей оброблюваного продукту. Так, наприклад, на стадії змішування компонентів (робочий зазор 0,44 мм) емульсор створює надлишковий тиск 0,3МПа і протягом 7 хв обробки, за рахунок підвищення в'язкості суміші при грубому диспергування, надлишковий тиск зростає до 0,42МПа. Далі, в ході емульгування при переході на мінімальний зазор 0,22 мм, робочий тиск підвищується, особливо протягом перших двох циклів обробки (до 0,48МПа), в зоні найбільш активного диспергування.

Таблиця 3.4

Режими роботи емульсора Я5-ОММ (вміст жиру в суміші 30%, $t^{\circ}=70^{\circ}\text{C}$)

Показники	Режим												
	Змішування, робочий зазор 0,44мм	Емульгування, робочий зазор 0,22мм								Змішу- вання, робочий зазор, мм		Перека- чування, робочий зазор 1,76мм	
		№ циклу											
		1	2	3	4	5	6	7	8	0,88	1,76		
Робочий тиск, МПа	0,30-0,42	0,48	0,48	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,42	0,39	0,57
Струм, А	4,2	4,25	4,25	4,3	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,3	4,0
Потужність, кВт	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,15	2,0

При збільшенні робочого зазору в процесі перемішування готової емульсії (з більш високою в'язкістю, ніж на стадії змішування компонентів) тиск, що створюється емульсором, знижується: при зазорі 0,88мм до 0,42МПа, а при 1,76 мм - 0,39МПа. Підвищення робочого тиску при перекачуванні готової емульсії обумовлено гідравлічним опором, який створюється трубопроводом між ємністю для емульгування і резервуаром для змішування емульсії з натуральними вершками.

3.3. Використання явища кавітації з метою підвищення ефективності емульсорів

Кавітація (від латинського *cavitas* - порожнеча) – це процес утворення в рідині порожнин (кавітаційних бульбашок, або каверн), заповнених газом, паром або їх сумішшю. Кавітація виникає в результаті локального зниження тиску в рідині, яке може відбуватися або при збільшенні її швидкості (гідродинамічна кавітація), або при проходженні акустичної хвилі великої інтенсивності під час напівперіоду розрідження (акустична кавітація). Переміщуючись з потоком в область з більш високим тиском або під час

напівперіоду стискання, кавітаційна бульбашка закривається, випромінюючи при цьому ударну хвилю. Бульбашки кавітацій утворюються в тих місцях, де тиск в рідині стає нижче деякого критичного значення (в реальній рідині критичний тиск приблизно дорівнює тиску насиченої пари цієї рідини при даній температурі). Оскільки в реальній рідині завжди присутні найдрібніші бульбашки газу або пари, то, рухаючись з потоком і потрапляючи в область тиску $p < p_{кр}$, вони втрачають стійкість і набувають здатність до необмеженого росту. Після переходу в зону підвищеного тиску і вичерпання кінетичної енергії розширення рідини зростання бульбашки припиняється і вона починає скорочуватися. Якщо бульбашка містить досить багато газу, то по досягненню нею мінімального радіуса він відновлюється і робить декілька циклів затухаючих коливань, а якщо газу мало, то бульбашка закривається повністю в першому періоді життя. Таким чином, поблизу обтічного тіла наприклад, в трубі з місцевим звуженням, створюється досить чітко обмежена кавітаційна зона, заповнена рухомими бульбашками. Скорочення кавітаційного пухирця відбувається з великою швидкістю і супроводжується звуковим імпульсом, тим більш сильним, чим менше газу містить бульбашка.

Як вказано в [5], найбільш ефективними, як в лабораторних, так і в промислових умовах є, так звані, кавітаційні роторні змішувачі. Вони мають одну або кілька робочих камер, в яких розташовані один або кілька роторів, оснащених кавітуючими елементами (КЕ). Можливо також наявність різних додаткових елементів, наприклад, відбивачів, камер попереднього змішування, розподільних камер і т.п. Конструкції роторних кавітаторів дозволяють реалізувати стійкі та регульовані режими кавітації в рідких середовищах. Об'ємна концентрація кавітаційних бульбашок в робочій камері апаратів досягає величини порядку 10^{10} на 1м^3 , із середнім діаметром близько 10мкм .

Ефективність процесу емульгування в емульсорах з КЕ в порівнянні зі звичайними роторними емульсорами підвищується на 5-7% в випадку застосування відносно низьких швидкостей обертання ротора (1000-1500об/хв) та на 10-15% в випадку застосування високих швидкостей обертання ротора (2500-3000об/хв).

Тому було вирішено удосконалити конструкцію ротора емульсора Я5-ОММ (див. розділ 2) з метою підвищення його ефективності.

Очікувані параметри стабільності жирової емульсії та її дисперсного складу після емульгування з допомогою удосконаленого емульсора Я5-ОММ наведено на рис. 3.3 і 3.4.

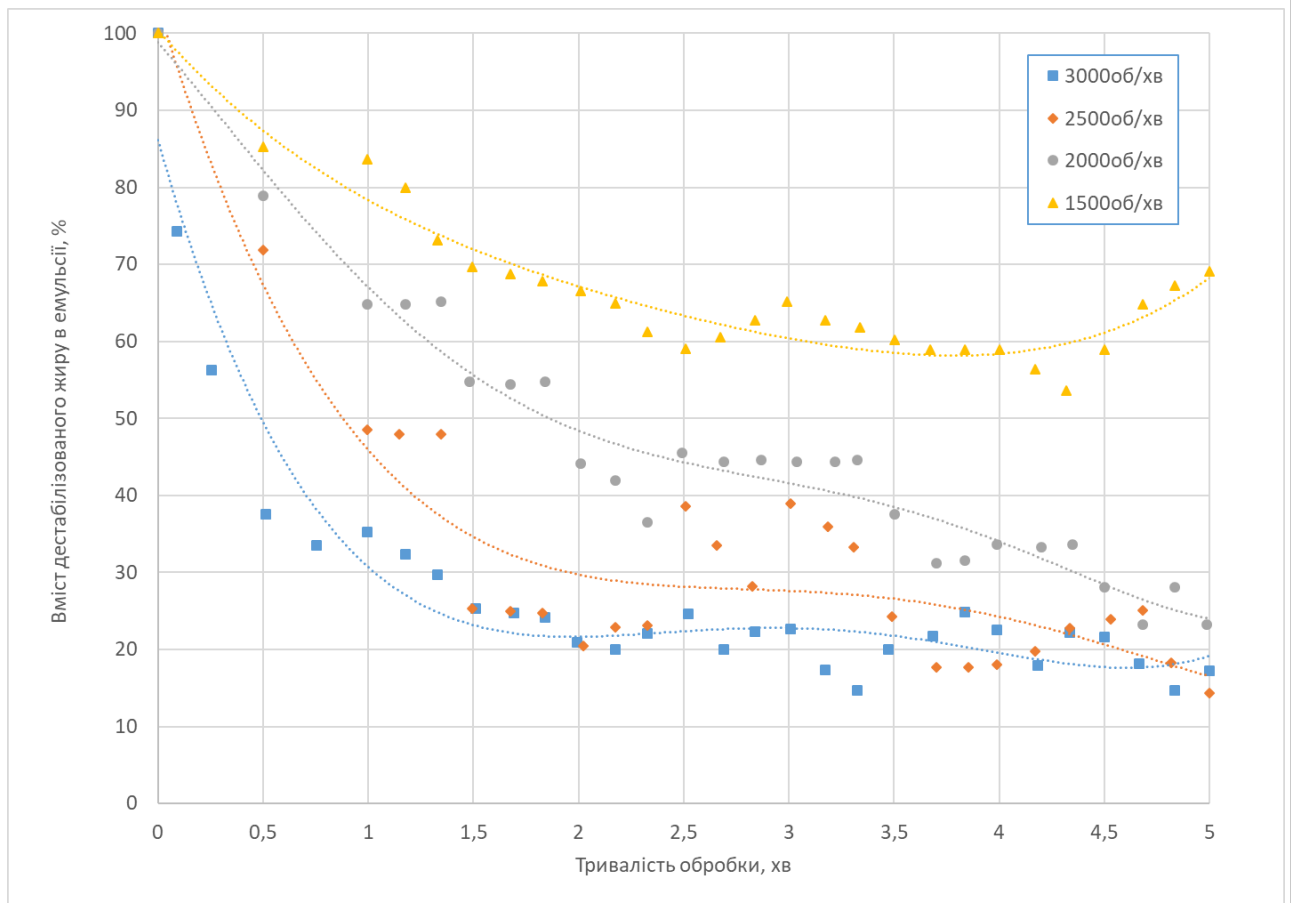


Рис. 3.3. Стабільність жирової емульсії в процесі її обробки в емульсорі Я5-ОММ з удосконаленою конструкцією ротора

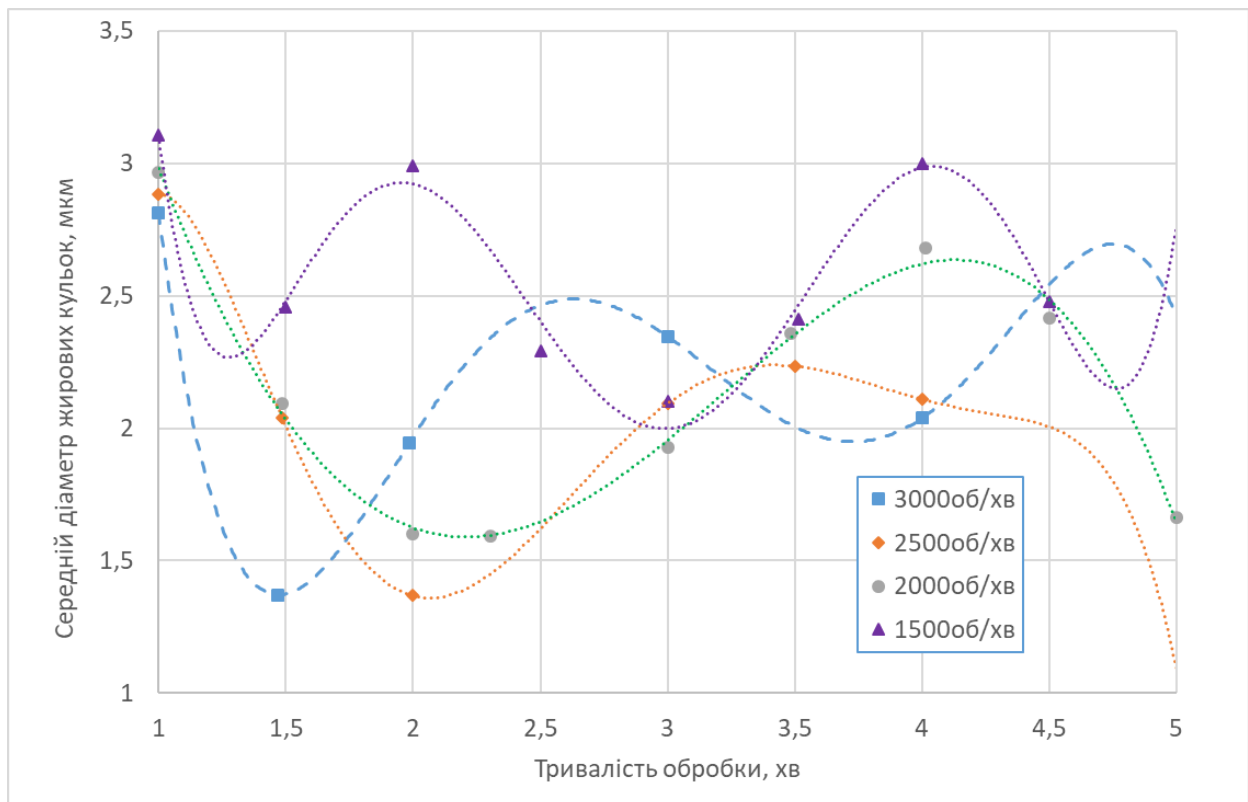


Рис. 3.4. Дисперсність жирової емульсії в процесі її обробки в емульсорі Я5-ОММ з удосконаленою конструкцією ротора

Висновки:

1. При встановленні в технологічну лінію виробництва спредів емульсора Я5-ОММ прогнозований час емульгування суміші масою 3т скоротиться з 90 до 25 хв порівняно з типовою схемою технологічної лінії, яка передбачає емульгування суміші насосом Г2-ОБД. З огляду на періодичний режим отримання технологічно стійких емульсій, робоча продуктивність по продукту складе відповідно для емульсора Я5-ОММ 6 т/год, при споживаній потужності $2,5 \pm 0,1$ кВт, а відцентрового насоса Г2-ОБД - 2 т/год, при споживаній потужності - $4,2 \pm 0,1$ кВт. Економія електроенергії (при обсягах виробництва спредів 10 т на добу) складе 17,5 кВт/год на добу, або (при річному обсязі виробництва спредів 3050 т) 5337,5 кВт/год на рік.

2. Підвищення інтенсивності механічного впливу на емульсію в емульсорі Я5-ОММ (шляхом зростання частоти обертання ротора з 1500 до 3000 об/хв) суттєво підвищує стійкість емульсії. Раціональна тривалість емульгування при інтенсивності обробки 3000 об/хв становить 1,5хв. Кількість дестабілізованого жиру при цьому знаходиться на рівні 30%. При цьому отримується тонкодисперсна жирова емульсія з розмірами жирових кульок, порівнянними з такими для натуральних молочних вершків (1,5-2мкм).

3. Прогнозується, що використання емульсора з удосконаленим ротором дозволить за рахунок кавітаційних явищ ще підвищити ефективність емульгування на 6-12% в залежності від швидкості обертання ротора при тих же тривалості процесу і затратах енергії. Стійкість емульсії при цьому зросте пропорційно: кількість дестабілізованого жиру зменшиться до 24-25%, а розмір жирових кульок – до 1,4-1,3мкм.

4. Обґрунтування модернізації

Технологія спредів (харчових продуктів з комбінованим складом жирової фази) передбачає використання рослинних жирів, оптимізований процес емульгування яких, є найважливішою умовою отримання якісного продукту.

Основним фактором, що забезпечує вироблення спредів високої якості, є стійкість жирових емульсій, які не повинні руйнуватися на стадіях, що передують збиванню або перетворенню, тобто вони повинні бути технологічно стійкими з урахуванням застосовуваного методу виробництва. Технологічна стійкість для методів збивання і перетворення різна. Для методу збивання вона повинна бути значно вищою через особливості підготовки емульсії до подальшої переробки.

Для отримання жирових емульсій в даний час використовують велику кількість різноманітних пристроїв: відцентрових, гвинтових, соплових, вакуумних, клапанних, ультразвукових, вібраційних, вихрових і ін.

Кожний з них має свої переваги і недоліки, зумовлені закладеними в конструкцію пристроїв механізмами отримання високодисперсних жирових емульсій. Наприклад, відцентрові насоси часто не забезпечують необхідну дисперсність суміші. В кінцевому рахунку, це позначається на зниженні якості готових продуктів і сприяє підвищенню виведенню жиру в вигляді втрат. Використання для диспергування жирової фази гомогенізаторів призводить до отримання надмірно стійкої емульсії, що не доцільно, так як в подальшому (за технологією) її потрібно руйнувати.

Слід також зауважити, що енергія, яка витрачається на отримання технологічно стійкою жирової емульсії при виробництві спредів – найважливіший показник, що характеризує досконалість застосовуваного

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Обґрунтування модернізації	19-1705.MP.13.004 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2	

обладнання та є інтегральним показником, що залежать від принципу дії і конструктивних особливостей диспергуючого пристрою.

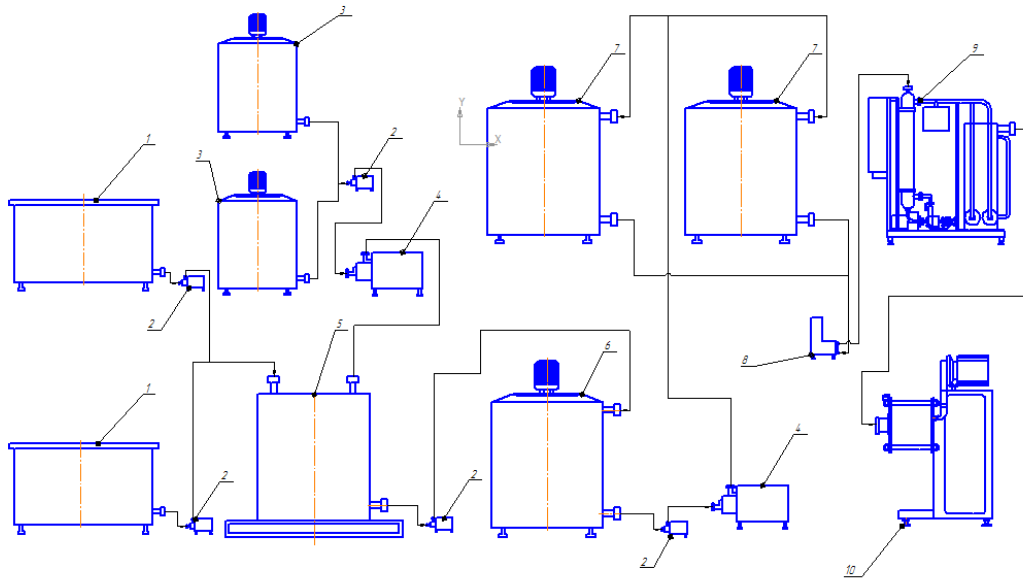
Одним з перспективних напрямків розробки обладнання для емульгування жирів є використання роторних пристроїв, що також підтверджено дослідженнями, проведеними в Технологічному інституті молока і м'яса (м. Київ).

З огляду на сучасні потреби виробників молочної та масложирової продукції, на основі експериментальних досліджень процесу емульгування і відомих технічних рішень фахівцями Технологічного інституту молока і м'яса розроблено емульсор для підготовки технологічно стійких дисперсій жирів при виробництві спредів.

Ми удосконалили конструкцію робочого органу даного емульсора та запропонували включити його до технологічної лінії, яка розглядається в даному проекті.

Також розраховано і адаптовано до використання в даній технологічній лінії пластинчастий теплообмінник Я5-ОВІ та маслоутворювач Я5-ОМС-1, що усуне вузькі місця, яке виникнуть після встановлення модернізованого емульсора Я5-ОММ, оскільки його продуктивність суттєво вища від Г2-ОБД, яким комплектується лінія в базовому варіанті.

5. Устрій та принцип роботи модернізованого обладнання



5.1 Схема лінії виробництва спредів

Технологічний процес здійснюється наступним чином:

1. Жирові компоненти розплавляють в плавителях жиру 1 з трубними решітками, по яких проходить гаряча вода. Температура води автоматично підтримується в заданому діапазоні з метою запобігання пригорання продукту та зміни його хімічних властивостей.

2. Одночасно розчинюють сухе молоко в ємностях 3 та обробляють суміш за допомогою диспергатора 4.

3. Розчинений жир та відновлене молоко перекачують відцентровим насосом 2 в ємність для зважування продукту 5, яка встановлена на вагах з тензOMETричним датчиком.

4. Зважені компоненти потрапляють в ємність для отримання молочно-жирової емульсії в 6.

Ємність має спеціальний дисковий перемішуючий пристрій, який при великій частоті обертання дає можливість одержувати стійку молочно-

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лементар С. Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Приходько О.О.	Назва, додаткова назва		19-1705.MP.13.005 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В. Г.	Устрій та принцип роботи модернізованого обладнання					

жирову емульсію. В модернізованій лінії, для підвищення дисперсності емульсії використовують емульсор Я5-ОММ роторного типу 4.

5. Готову високожирну молочно-жирову емульсію направляють в ємність з рамочною мішалкою 7 для зберігання.

6. Плунжерним насосом 8 суміш подають в теплообмінник 9 та після цього в маслоутворювач 10. Отриманий продукт подають на фасування.

5.1 Пластинчасті теплообмінні установки

Серед теплообмінних установок пластинчастого типу можна виділити за технологічним призначенням наступні види:

- Пластинчасті підігрівачі, охолоджувачі і регенератори;
- Автоматизовані пастеризаційно-охолоджувальні установки для молока;
- Автоматизовані пастеризаційно-охолоджувальні установки для вершків, сумішей морозива.

Пластинчасті підігрівачі використовуються для підігріву молока до температури $35 + 40$ °С перед сепаруванням. Нагрівальним агентом може бути гаряча вода при температурі $76 + 96$ °С або водяна пара. Установки працюють в ручному або автоматичному режимі. Продуктивність підігрівачів А1-ОНС-5М — 5000 л/год. Теплообмінники мають одну секційну будову, скомпоновані на базі пластини ПІ. Контроль температури — візуальний, регулювання подачі молока і пари — в ручному режимі.

Автоматизовані пластинчасті охолоджувальні установки використовуються для первинного охолодження молока на приймальних пунктах молока і фермерських господарствах, а також для додаткового охолодження молока при резервуванні.

Установки включають вирівнювальний бачок, відцентровий насос, пластинчастий теплообмінник, витримувач, сепаратор-молокоочищувач, сепаратор-вершковідділювач, гомогенізатор, перепускний клапан та прилади для контролю і автоматичного регулювання процесу.

Широкого використання в молочній промисловості набула установка Я5-ОВИ (рис. 5.2, 5.3). Вона призначена для пастеризації молока при температурі 74 - 78 °С, короткотривалої витримки і охолодження до 4 °С. Установка складається з пластинчастого теплообмінника 5, двох сепараторів-молоко очищувачів 9, відцентрового насоса для молока 11, відцентрового насоса для води 1, вирівнювального бачка 8, бойлера 2, з'єднувальних трубопроводів 3 і арматури, щита керування з приладами, перепускного клапана 6, регулятора рівномірності потоку 12, регулювальних клапанів, встановлених на паропроводі і розсольній лінії.

Молоко з ємності надходить у вирівнювальний бачок 8 і звідти насосом 11 подається через регулятор рівномірності потоку 7 в секцію регенерації теплообмінника. Підігріте молоко до температури 62 °С надходить в один з двох сепараторів молокоочищувачів 9, які працюють по черзі. Тривалість роботи одного сепаратора при середній забрудненості молока — до 3,5 год. Після очищення молоко надходить в секцію пастеризації і нагрівається до температури 76 °С гарячою водою. Після витримувача 7 молоко надходить через автоматичний перепускний клапан 6 в секцію регенерації теплообмінника. В секції регенерації пастеризоване молоко охолоджується до температури 19°С. Далі молоко проходить послідовно секції водяного і розсольного охолодження. На виході із теплообмінника температура молока 4 ± 2 °С. Якщо температура молока нижча від встановленої температури пастеризації, перепускний клапан скеровує молоко в вирівнювальний бак на повторну пастеризацію.

Основним апаратом установки є пластинчастий теплообмінник (рис. 5.4).

Секція пастеризації складається із 25 пластин, що скомпоновані в три пакети по чотири канали для молока і одного пакета з 12 каналів для гарячої води. Схема компоновки умовно позначається: 4 + 4 + 4 12

Пастеризація здійснюється при невеликій різниці температур між молоком і гарячою водою, що забезпечує повільне утворення пригару.

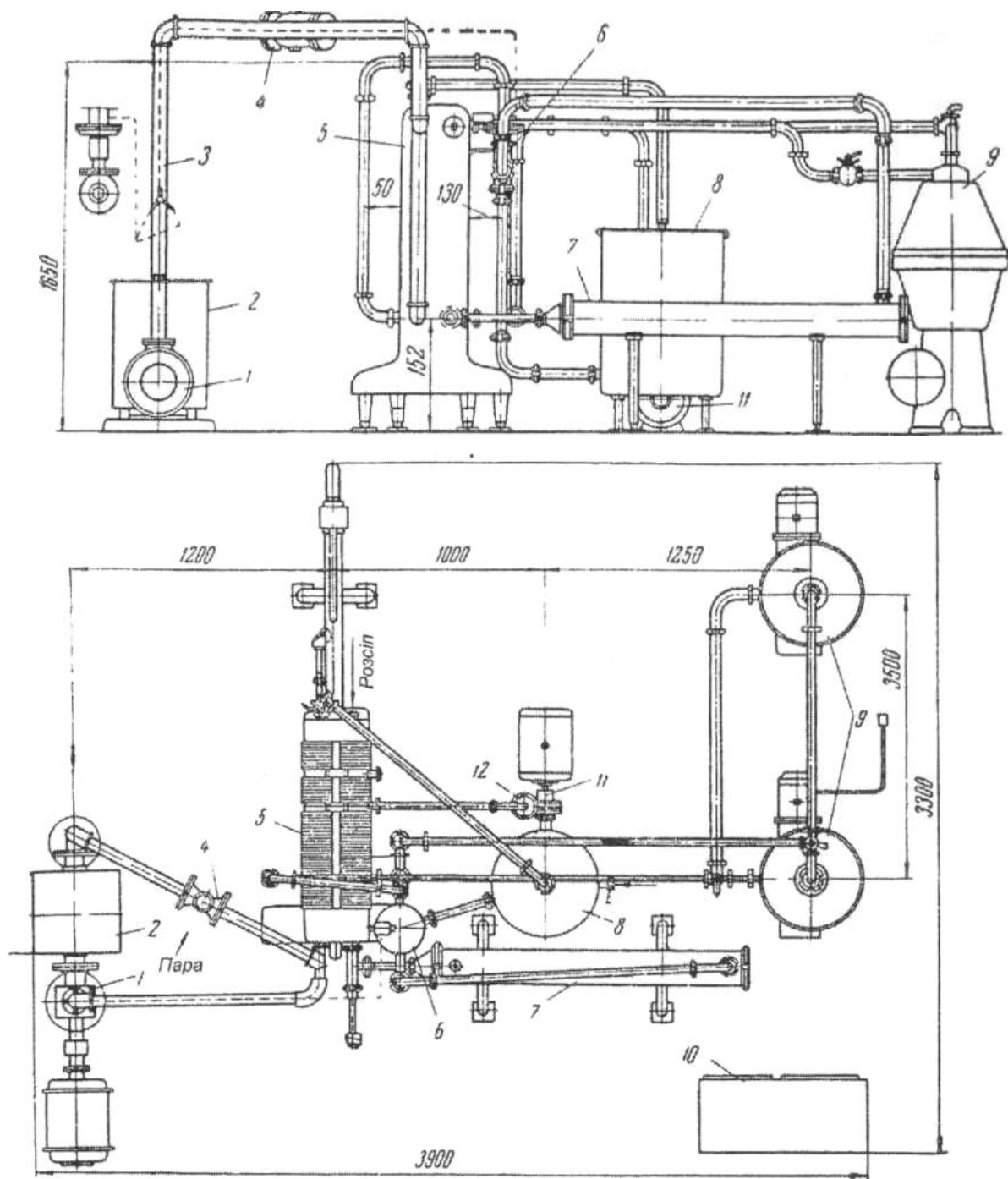


Рис. 5.2. Пастеризаційно-охолоджувальна установка Я5-ОВИ

1 — відцентровий насос для води; 2 — бойлер; 3 — з'єднувальні трубопро-
води; 4 — інжектор; 5 — пластинчастий теплообмінник; 6 — перепускний
клапан; 7 — витримувач; 8 — вирівнювальний бачок; 9 — сепаратори-

молокоочищувачі; 10 — щит керування; 11 — відцентровий насос для молока; 12 — регулятор рівномірності потоку.

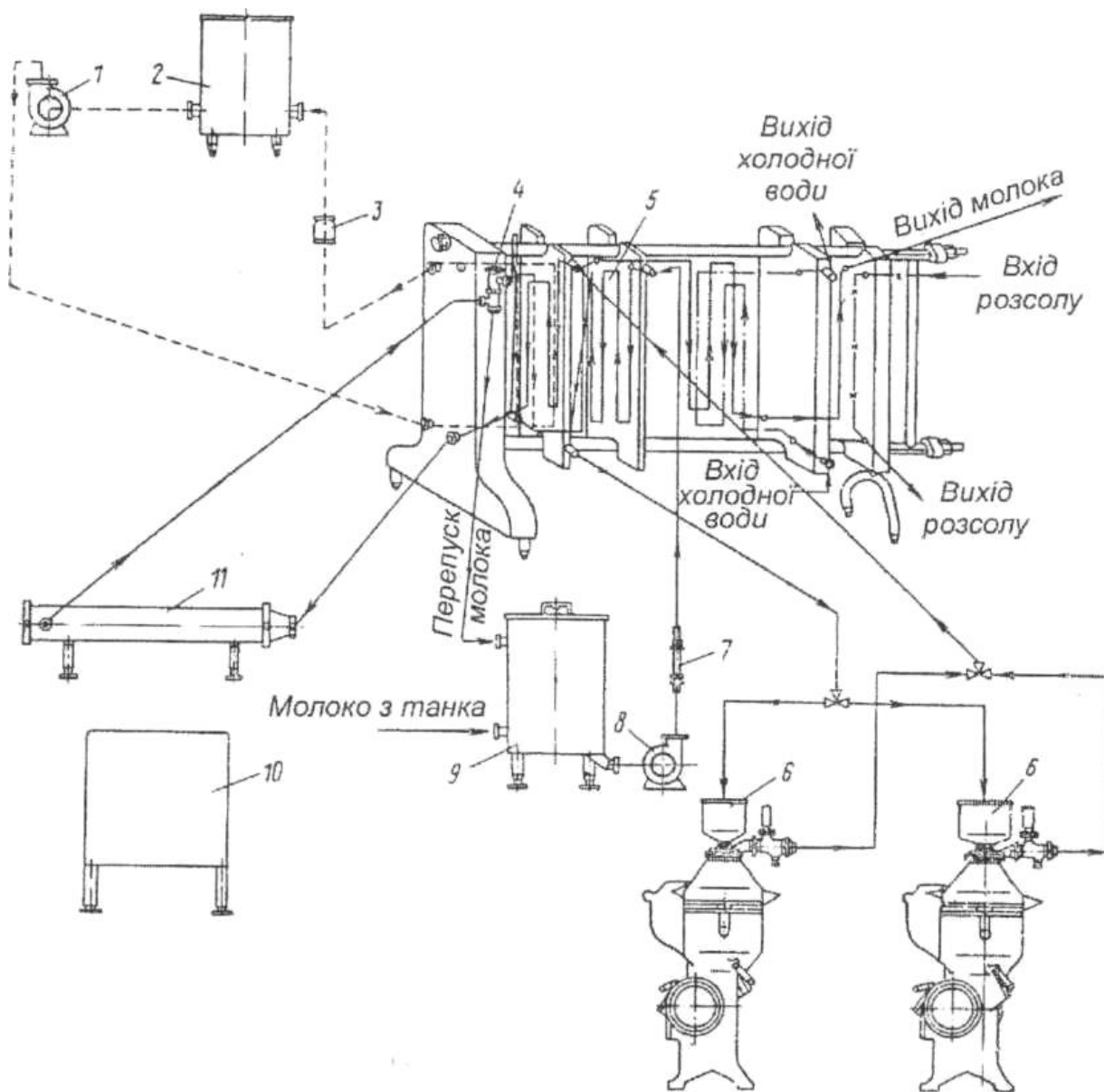


Рис. 5.3. Технологічна схема руху рідин в пастеризаційній установці Я5-ОВИ

1 — відцентровий насос для води; 2 — бойлер; 3 — інжектор; 4 — перепускний клапан; 5 — теплообмінник; 6 — сепаратори - молокоочищувачі; 7 — регулятор рівномірності потоку; 8 — відцентровий насос для молока; 9 — вирівнювальний бачок; 10 — пульт; 11 — витримувач.

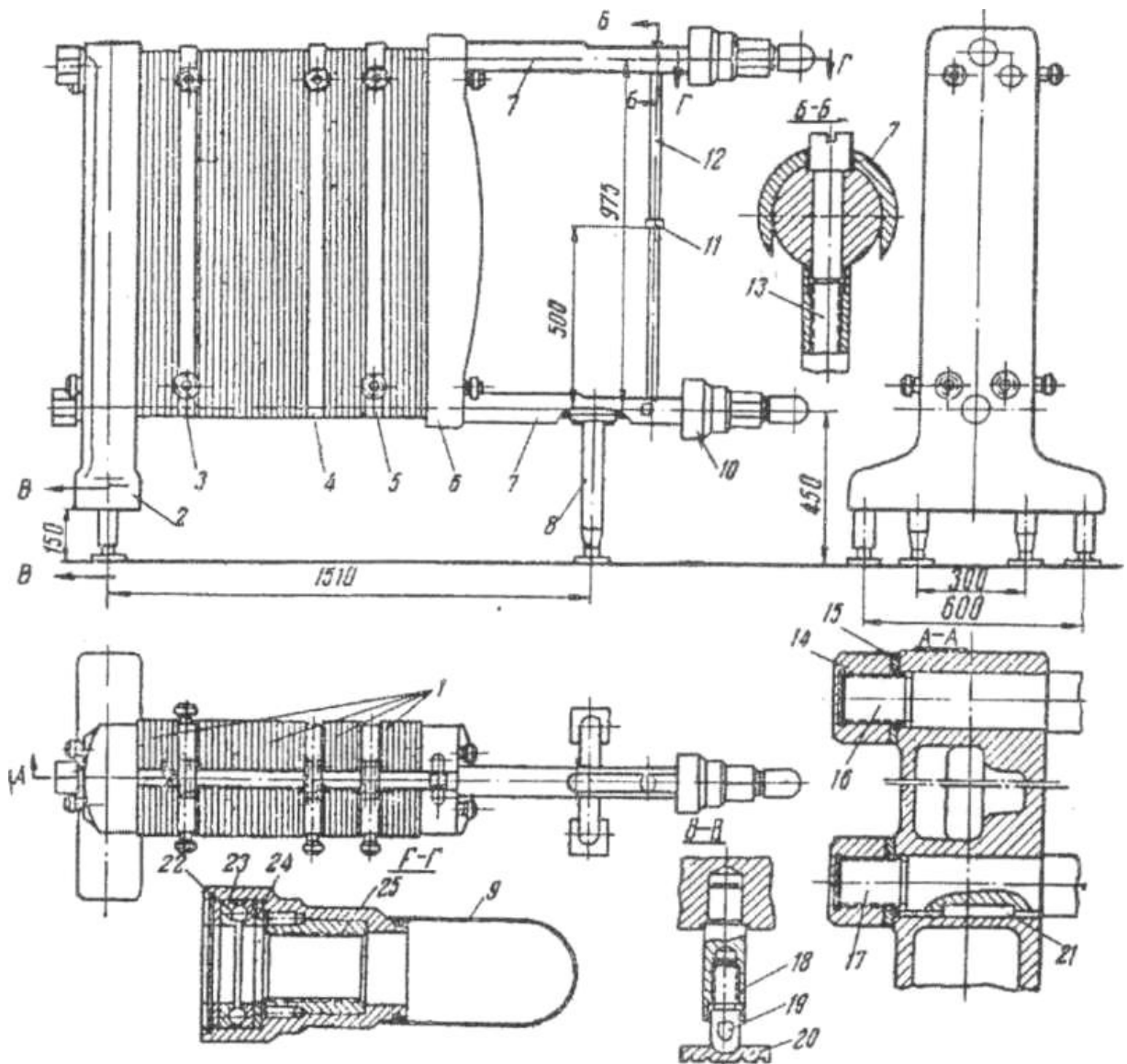


Рис. 5.4. Ескіз пластинчастого теплообмінника в пастеризаційній установці Я5-ОВИ

1 — секції; 2 — станина; 3,4,5 — секції; 6 — затискна плита; 7 — тяги; 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.

Широке використання пластинчастих теплообмінників обумовлене низкою суттєвих переваг:

- технологічний процес здійснюється в закритому потоці,
- продуктивність теплообмінників можна змінювати в широких межах шляхом збільшення площі поверхні теплообміну,
- дозволяють здійснювати регенерацію теплоти, а також створити замкнений контур для гарячого теплоносія,
- займають невеликі виробничі площі при відносно великій поверхні теплообміну;
- конструкція апаратів дозволяє здійснювати ефективну безрозбірну мийку, контролювати технологічний процес на всіх етапах, а також працювати в автоматичному режимі.

Недоліком пластинчастих апаратів є велика кількість ущільнень, що ускладнює їх експлуатацію і розбірне миття.

5.2 Масловиготовлювач

Твердоподібну консистенцію спреда можна одержати у виготовлювачах масла, зокрема в апараті Я5-ОМС. Характерною особливістю такої технології виготовлення спредів і, відповідно, конструкції маслоутворювачів є можливість регульованої термомеханічної обробки на різних стадіях маслоутворення. Маслоутворювач (рис. 5.5) складається з двох пластинчастих скребкових теплообмінників, між якими встановлений дестабілізатор, що служить для швидкої дестабілізації охолоджених вершків.

Дистабілізатор являє собою перемішуючий пристрій, виконаний у вигляді білчиного колеса, розміщену безпосередньо на валу електродвигуна.

Пластини теплообмінника досягають в діаметрі до 500 мм. Це дає змогу зменшити кількість пластин, не зменшуючи площі поверхні теплообміну, тим самим зменшивши металоємність установки.

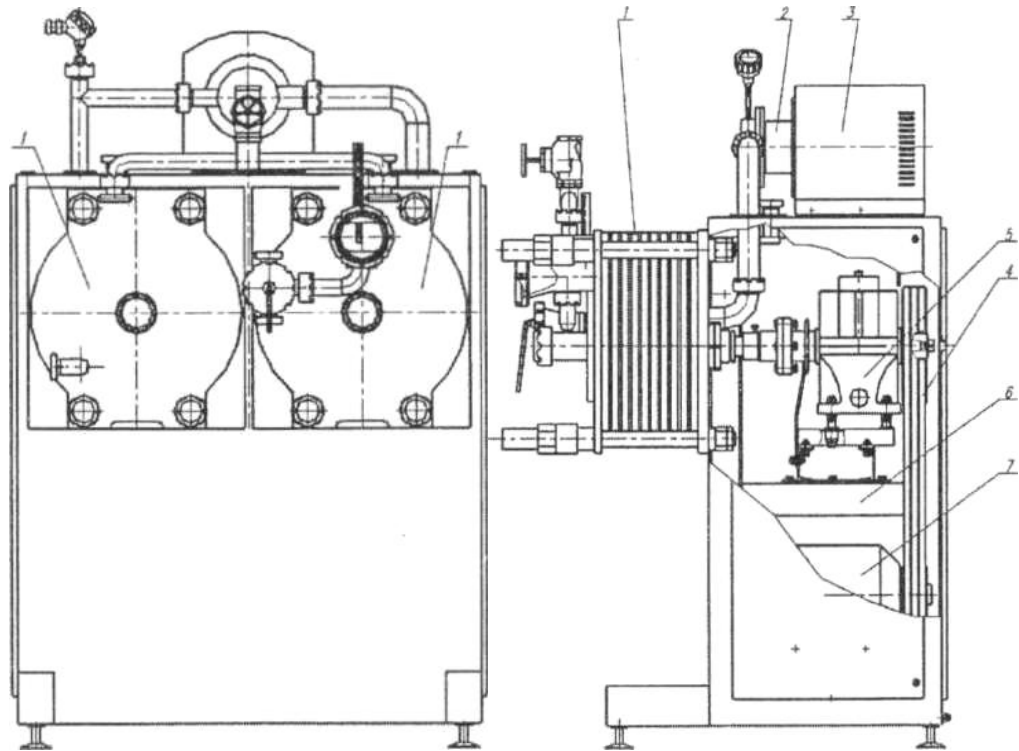


Рис. 5.5. Пристрій для виробництва вершкового масла Я5-ОМС

- 1 — скребковий теплообмінник; 2 — дестабілізатор; 3 — електродвигун;
4 — пасова передача; 5 — редуктор; 6 — станина; 7 — електродвигун.

Вершки охолоджуються на першому пластинчастому скребковому теплообміннику і при температурі 15-17 °С надходять в дестабілізатор, де піддаються інтенсивній механічній обробці. При цьому за 2 - 3 с відбувається руйнування емульсії і практично повне перетворення фаз з хорошим диспергуванням води.

Другий теплообмінник служить для продовження процесу структуроутворення і охолодження масла. Завершується процес структуроутворення в трубі діаметром 0,1 м і довжиною 3 м, встановленою на виході із другого теплообмінника.

Випускаються утворювачі масла продуктивністю 500, 1000, 2000 кг/год.

Охолоджувач (рис. 5.6) — теплообмінний апарат пластинчастого типу складається з продуктових і розсольних пластин, закріплених на

горизонтальних штангах 3. У центрі пластин розміщений горизонтальний вал 2.

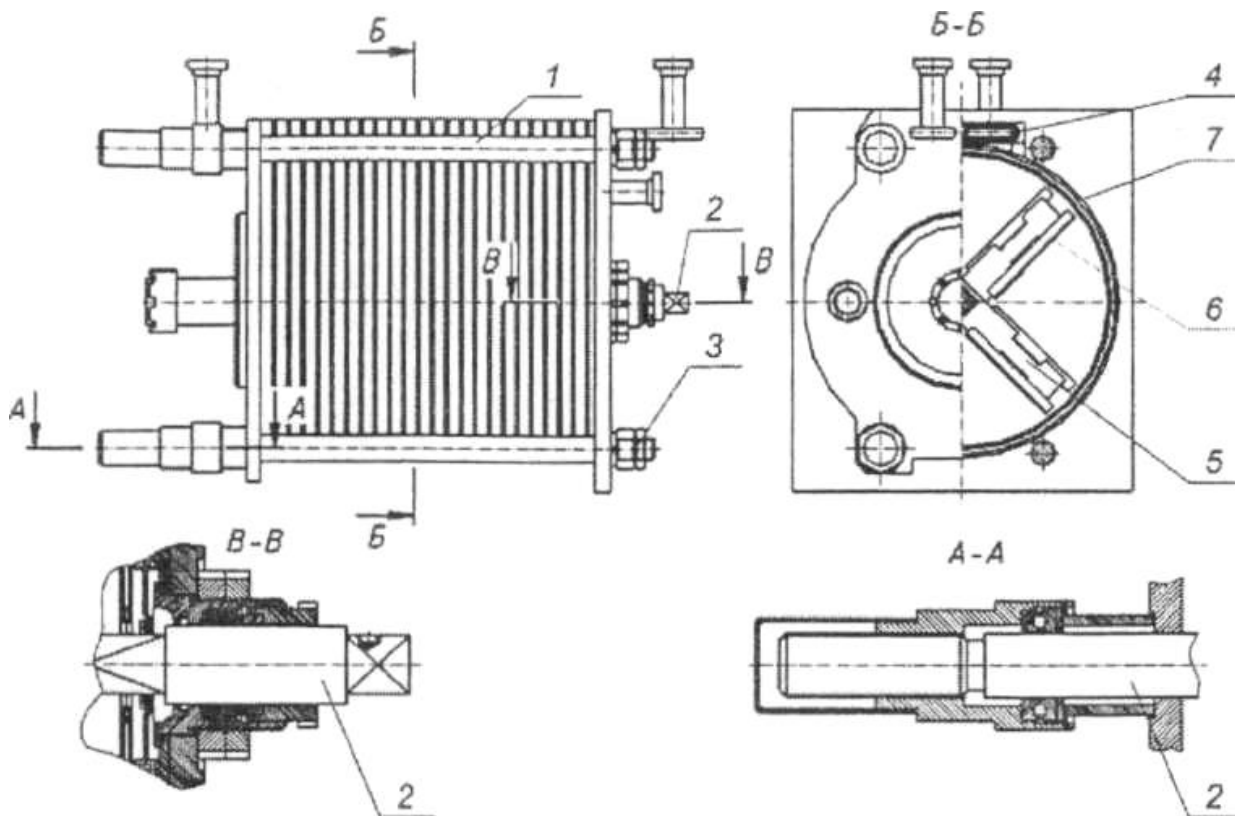


Рис. 5.6. Ескіз охолоджувача

1 – пакет пластин; 2 – вал; 3 – штанги; 4 – колектор;
5 – хрестовина; 6 – ножі; 7 – камера.

Продуктова пластина являє собою раму круглої або чотирикутної форми з двома наскрізними отворами для проходження розсолу. При стисканні пластин отвори утворюють колектор 4. З двох боків продуктова пластина обмежена розсольними пластинами (рис. 3.8) і таким чином утворюється камера для обробки високо жирнихвершків. В камері знаходиться хрестовина 5 із ножами 6 для турбулізації потоку і запобігання намерзання вершків на пластині. Хрестовина надіта на вал і обертається разом з ним.

Розсольні пластини (рис. 5.7) являють собою пустотілий диск з отворами 4 для надходження розсолу всередину диску і його відведення. Диск має отвір 3 для проходження масла в наступну камеру.

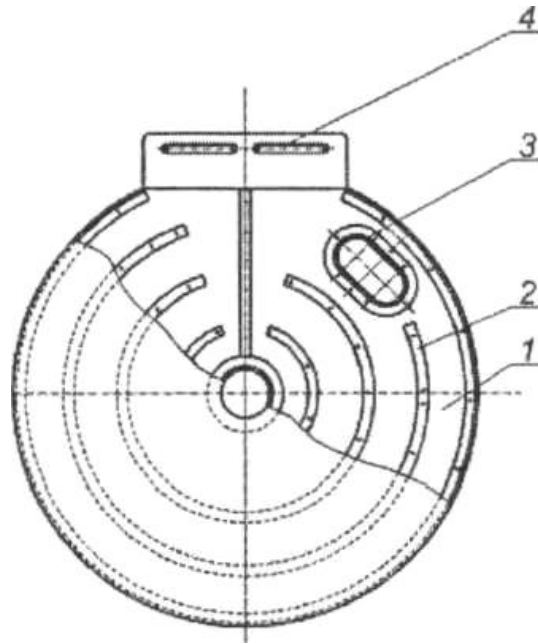


Рис. 5.7. Розсільна пластина маслоутворювача:

- 1 — пластина; 2 — ребра; 3 — отвір для проходження масла;
4 — колектор розсолу

Герметизація потоків розсолу і масла забезпечується ущільненнями, розміщеними в канавках розсольних і продуктових пластин.

Високожирні вершки надходять у продуктову пластину, огинають хрестовину і через отвір 3 надходять в наступну продуктову пластину, а далі піддаються механічній обробці в обробнику.

Камера кристалізації (обробник) служить для механічної обробки масла і утворення відповідної структури.

Камера являє собою циліндр, закритий конусною насадкою. Між циліндром і конусною насадкою встановлена дискова ґратка.

В циліндрі нерухомо закріплений відбійник, а на валу — мішалка з трьома рядами лопатей. Внаслідок механічної обробки температура масла підвищується до 15-18 °С.

Для зменшення зайвих витрат електроенергії доцільно змінити привід установки.

Сутність модернізації описана в розділі 4 і наведена в графічній частині проекту.

Після модернізації маслоутворювач буде мати такий вигляд.

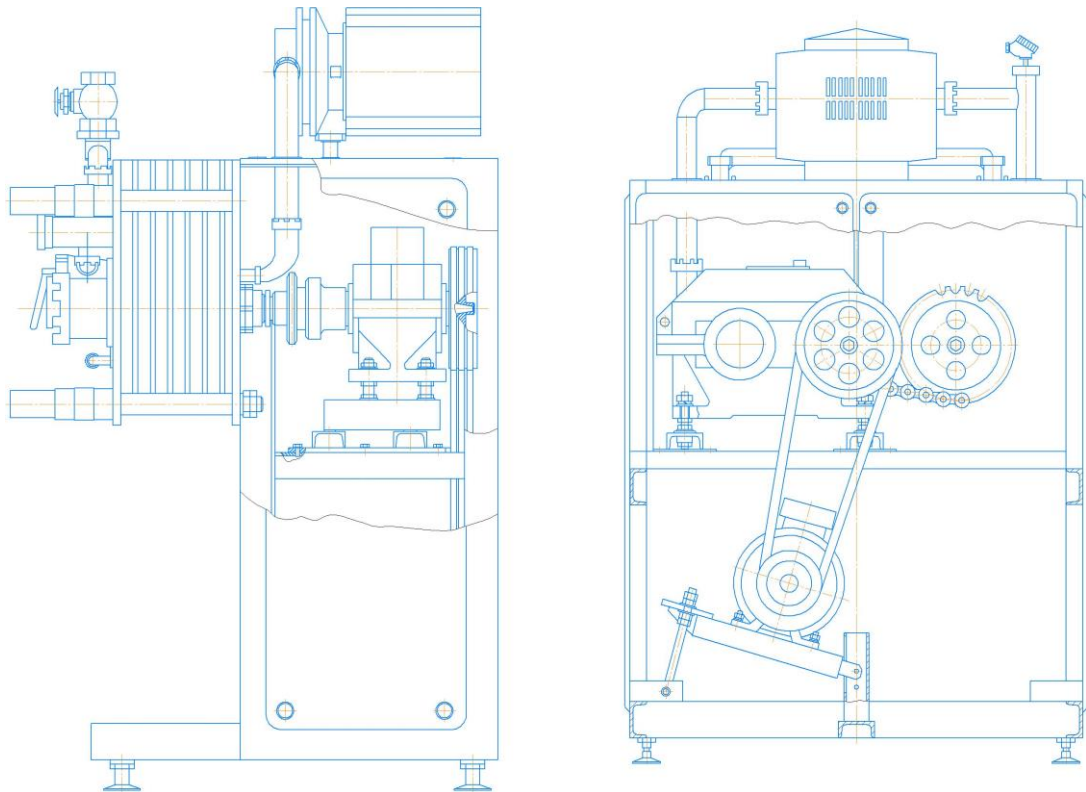


Рис 5.8. Ескіз модернізованого маслоутворювача Я5-ОМС-1

5.3 Емульсор роторного типу

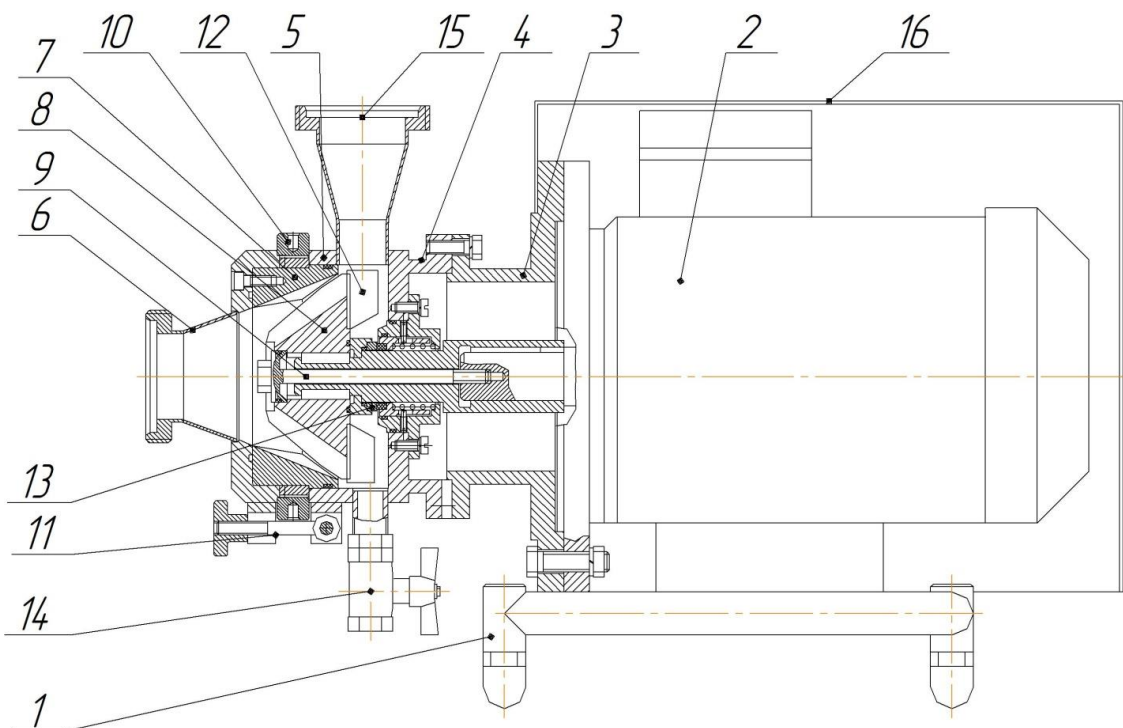


Рис 5.9. Ескіз емульсора Я5-ОММ

Емульсор складається з рами 1 з приводом 2, на фланці якого за допомогою стакана 3 встановлено корпус 4 емульгуючого пристрою. Кришка 5 за допомогою вхідного патрубку 6 з'єднується з трубопроводом для підведення вихідного продукту або його компонентів. У корпусі емульгуючого пристрої встановлено профільний конічний статор 7, який утворює з обертовим профільним конічним ротором 8, встановленим на проміжному валу 9, робочий зазор. Величина робочого зазору може регулюватися за допомогою розпірної гайки 10, при одночасному ослабленні відкидних болтів 11. Тильна частина ротора виконана у вигляді лопатевого колеса 12. Проміжний вал герметизований торцевим ущільненням 13. Емульсор забезпечений зливним краном 14 і вихідним патрубком 15 для з'єднання з трубопроводом циркуляції або вивантаження. Електропривод емульсора захищений від попадання води і миючих розчинів кожухом 16.

Принцип дії емульсора полягає в наступному: компоненти суміші подаються у вхідний патрубок емульсора і потрапляють в робочий зазор між ротором і статором, де інтенсивно змішуються, гомогенізуються і емульгуються, а потім за допомогою лопатей ротора подаються у вихідний патрубок емульсора для циркуляції або вивантаження. Ступінь диспергування визначається інтенсивністю механічної обробки в робочому зазорі і кратністю циркуляції продукту.

Сутність модернізації емульсора описана в розділі 4 і наведена в графічній частині проекту.

Завдяки зміні форми канавок ротора, яка запропонована в модернізації, виникає коефіцієнт кавітації, що підвищує інтенсивність емульгування та якість кінцевого продукту.

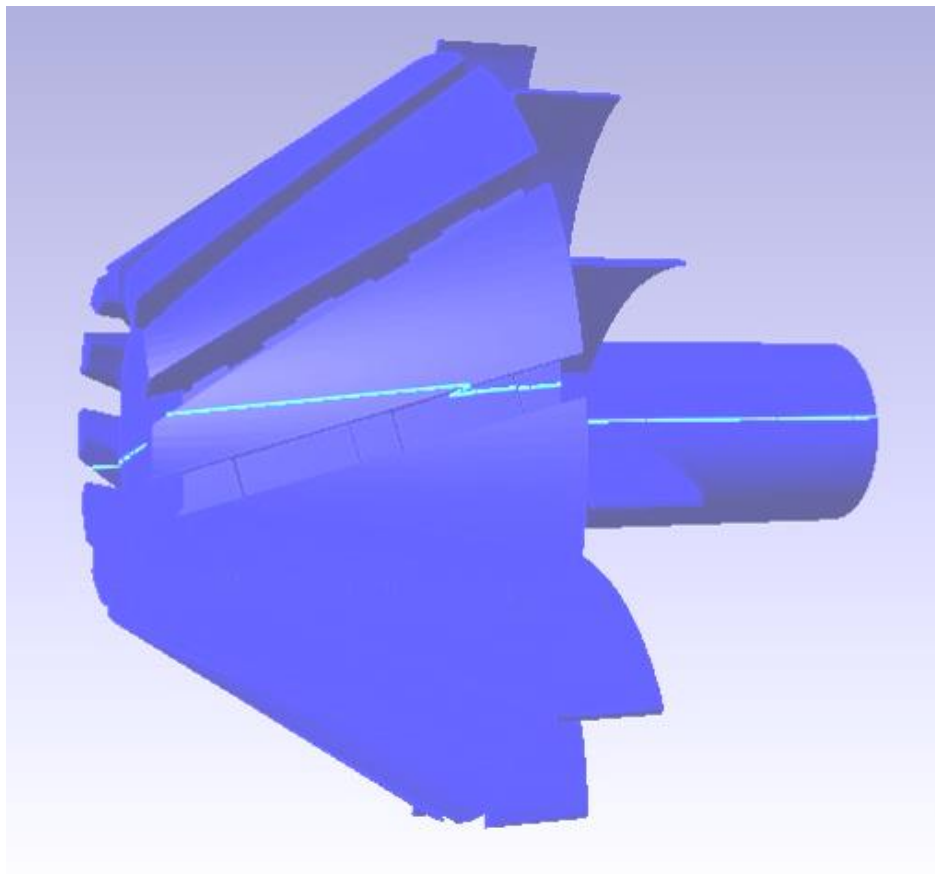
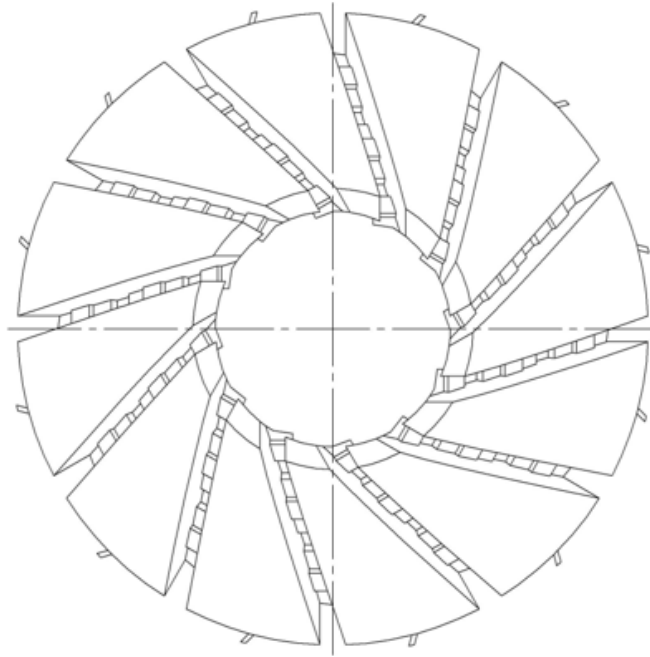


Рис 5.10. Ескіз удосконаленого ротора емульсора Я5-ОММ

6. Розрахункова частина

6.1. Розрахунок пастеризаційної установки Я5-ОВІ

Вихідні дані для розрахунку:

Продуктивність (5000 кг/год);

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

Температура пастеризації $t_3 = 70^\circ\text{C}$;

Кінцева температура молока $t_5 = 25^\circ\text{C}$;

Коефіцієнт рекуперації тепла $\varepsilon = 0,8$;

Початкова температура гарячої води $t_r = 90^\circ\text{C}$;

Початкова температура льодяної води $t_e = 0$;

Кратність температури льодяної води $n_e = 2.9$;

Загальний допустимий гідравлічний опір $\Delta P = 350\text{кПа}$;

Середня питома теплоємність молока $C_M = 3880 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг}^\circ\text{C})}$;

Густина молока $\rho_M = 1033 \text{ кг/м}^3$;

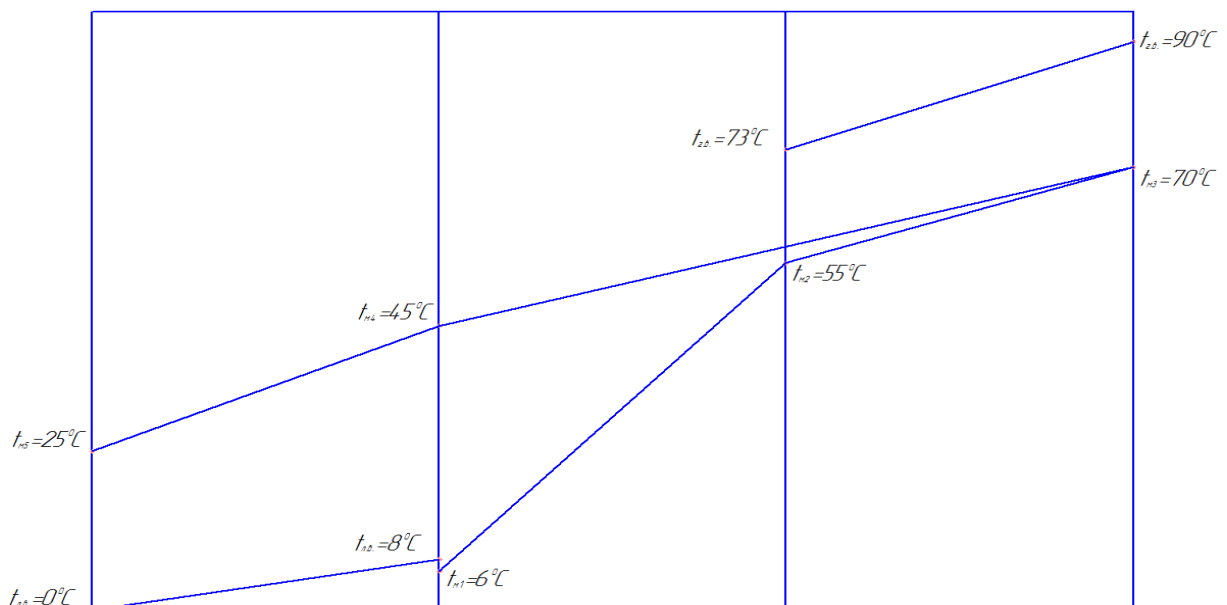


Рис. 6.1 Графік зміни температур по секціям пастеризаційної установки

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лементар С. Ю.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Приходько О.О.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	19-1705.МР.13.006 ПЗ			
	Документ затверджено Миранчук В. Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/27

Технічна характеристика пластин теплообмінника

Параметри	Значення
Тип пластини	П-2
Габаритні розміри пластини, мм	
- довжина, мм	1025
- ширина, мм	315
- товщина стінки, мм	1
- поверхня теплообміну, м ²	0,36
маса, кг	0,560

Гумові прокладки виготовлені з натурального каучуку. Марка гуми 1024 ИР-36 А; БКСО-107; норматив на поставку ТУ 233-54р. Температурні межі для повітря й води від -20 до 110°С.

Гумові прокладки кріпляться на пластину за допомогою клею. Найбільш вживаними є: фенол формальдегідні клеї БФ-2 і БФ-4; КФС-2; епоксидний клей марки Епоксид П4 поліуретановий клей Леконат; каучуковий клей ГЭН-150.

Пластини виготовлені із хромонікелевої сталі 12Х18Н10Т.

Рама (або станина) пластинчастого апарата виконує функцію несучої пластини й одночасно затискного пристрою. Рама спроектована із двогвинтовим затискним механізмом.

При двогвинтовому затиску гвинтові нарізки виконані безпосередньо на кінцях горизонтальних штанг. Затискають пластини гайкою, а попереду опорним кільцем з кульковим підшипником. Опорне кільце давить на знімну скобу, що сковзає по штанзі й передає зусилля на натискну плиту.

В апараті використовуються пластини сітчато-поточного типу.

6.1.1 Тепловий розрахунок

1. Секція рекуперації тепла

Температура сирого молока в кінці секції рекуперації (при вході в секцію пастеризації):

$$t'_2 = t'_1 + (t_3 - t'_1) \times \varepsilon = 6 + (70 - 6) \times 0.8 = 57^\circ \text{C} \quad (1)$$

Температура пастеризованого молока після секції рекуперації (при виході з секції рекуперації)

$$t_4 = t'_1 + (t_3 - t'_2) = 6 + (70 - 57) = 22^\circ \text{C} \quad (2)$$

Знаходимо кінцеві температури гарячої і льодяної води

$$t_{2.6} = t'_{2.6} - C_m \cdot (t_3 - t_2) / (I_{2.6} \cdot C_{2.6}) = 90 - 3,98 \cdot (76 - 61) / (2 \cdot 4,21) = 71^\circ \text{C} \quad (3)$$

$$t_{л.6} = t'_{л.6} - C_m \cdot (t_4 - t_5) / (I_{л.6} \cdot C_{л.6}) = 0 + 3,88 \cdot (21 - 4) / (4 \cdot 4,23) = 4^\circ \text{C} \quad (4)$$

1.2 Розраховуємо теплові навантаження для кожної секції:

$$Q = M \cdot C_m \cdot (t_2 \cdot t_1) \text{ кВт} \quad (5)$$

де M - кількість молока, що пастеризується, кг/с

C_m - теплоємність підігрітого молока $\frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$

t_1, t_2 - початкова і кінцева температура нагрітого молока.

рекуперації $Q = M \cdot C_m \cdot (t_2 \cdot t_1) = 2.77 \cdot 3.951 \cdot (61 - 6) = 613 \text{ кВт}$

пастеризації $Q = M \cdot C_m \cdot (t_3 \cdot t_2) = 2.77 \cdot 3.980 \cdot (76 - 61) = 165 \text{ кВт}$

охолодження $Q = M \cdot C_m \cdot (t_4 \cdot t_5) = 2.77 \cdot 3.885 \cdot (21 - 4) = 183 \text{ кВт}$

1.3 Середній температурний напір для кожної секції рекуперації:

$$t_{cp} = t_4 - t_1 = 21 - 6 = 15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

$$\text{пастеризації } \Delta t_{сер} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}}} = \frac{10 - 2}{\ln \frac{10}{5}} = 6.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{охолодження } \Delta t_{сер} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}}} = \frac{17 - 4}{\ln \frac{17}{4}} = 9.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.4. Знаходимо при середніх температурах теплофізичні характеристики продукту і робочого середовища:

а) секція рекуперації

прямий хід продукту при $t_{cp} = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\nu = 1.17 \cdot 10^{-6} \text{ м/с};$$

$$\lambda = 0.501 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}; a = 0.122 \cdot 10^{-6} \text{ м/с} \quad (7)$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{0.17 \cdot 10^{-6}}{0.122 \cdot 10^{-6}} = 9.4 \quad (8)$$

зворотній хід

при $t_{cp} = 46 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\nu = 0.87 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}; \lambda = 0.514 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}; a = 0.124 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{0.87 \cdot 10^{-6}}{0.124 \cdot 10^{-6}} = 7$$

б) секція пастеризації

прямий хід продукту при $t_{cp} = 68 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\nu = 0.62 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}; \lambda = 0.527 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}; a = 0.132 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{0.62 \cdot 10^{-6}}{0.132 \cdot 10^{-6}} = 4.7$$

зворотній хід

вода при $t_{cp} = 75^{\circ}\text{C}$

$$\nu = 0,380 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}; \lambda = 0,660 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}; a = 0,1618 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{0,380 \cdot 10^{-6}}{0,1618 \cdot 10^{-6}} = 2,3$$

в) секція охолодження льодяною водою

продукт при $t_{cp} = 12^{\circ}\text{C}$

$$\nu = 2,176 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}; \lambda = 0,486 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}; a = 0,120 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{2,172 \cdot 10^{-6}}{0,120 \cdot 10^{-6}} = 18,1$$

вода при $t_{cp} = 2^{\circ}\text{C}$

$$\nu = 1,610 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}; \lambda = 0,547 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}; a = 0,1319 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{1,610 \cdot 10^{-6}}{0,1319 \cdot 10^{-6}} = 11$$

1.5 Орієнтовно задаємо швидкість продукту $\omega = 0,44 \text{ м/с}$

Кількість каналів в продуктовому пакеті по формулі:

$$V_{cp} = b \cdot h \cdot m \cdot U_{np}; \text{м/с} \quad (9)$$

звідси

$$m = V_{cp} / b \cdot h \cdot m = 3,52 \cdot 10^{-6} / 0,008 \cdot 0,44 \cdot 0,2 = 5,1 \quad (10)$$

приймаємо $m = 5$

Коригуємо швидкість продукту

$$\omega_{np} = V_{cp} / b \cdot h \cdot m = 3,52 \cdot 10^{-6} / 0,008 \cdot 5 \cdot 0,2 = 0,46 \text{ м/с} \quad (11)$$

Приймаємо швидкість гарячої і холодної води

$$\omega_{г.в} = 2 \cdot \omega_{np} = 2 \cdot 0,46 = 0,92 \text{ м/с}$$

$$\omega_{л.в} = \omega_{np} = 0,46 \text{ м/с}$$

1.6 Отримані данні дозволяють розрахувати критерій R_e для рідини в усіх секціях:

а) рекуперації (прямий хід)

$$Re = \frac{\omega \cdot d_e}{\nu} \quad (12)$$

для секції рекуперації $Re = \frac{0.46 \cdot 2 \cdot 0.008}{1,17 \cdot 10^{-6}} = 6290$

де $d_e = 2 \cdot h$

зворотній хід

$$Re = \frac{0.46 \cdot 2 \cdot 0.008}{0,87 \cdot 10^{-6}} = 8459$$

б) пастеризації

$$Re, np = \frac{0.46 \cdot 2 \cdot 0.008}{0,620 \cdot 10^{-6}} = 11870$$

$$Re, вод = \frac{0.46 \cdot 2 \cdot 0.008}{0,380 \cdot 10^{-6}} = 38736$$

в) охолодження льодяною водою

$$Re, np = \frac{0.46 \cdot 2 \cdot 0.008}{2,172 \cdot 10^{-6}} = 3388$$

$$Re, вод = \frac{0.46 \cdot 2 \cdot 0.008}{1,610 \cdot 10^{-6}} = 4571$$

1.7 Розраховуємо коефіцієнт теплопередачі по формулі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad (13)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі зі сторони теплоносія; $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

δ – товщина стінки, м

λ_{cm} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінок; $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі зі сторони середовища, що нагрівається;

$$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Секція рекуперації

$$\alpha = \left(\frac{\lambda}{de}\right) \cdot 0,1 \cdot R_e^{0,7} \cdot P_r^{0,43} \cdot \left(\frac{P_{r1}}{P_{r2}}\right)^{0,25} \frac{Bm}{m^2 \cdot K} \quad (14)$$

$$\alpha_1 = \frac{0,516}{2 \cdot 0,008} \cdot 0,1 \cdot 8459^{0,7} \cdot 7^{0,43} \cdot 0,95 = 3953 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$\alpha_2 = \frac{0,501}{2 \cdot 0,008} \cdot 0,1 \cdot 6290^{0,7} \cdot 9,4^{0,43} \cdot 1,05 = 3898 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{3953} + \frac{0,00125}{17} + \frac{1}{3898}} = 1607 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Секція пастеризації

$$\alpha_1 = \frac{0,660}{2 \cdot 0,008} \cdot 0,1 \cdot 38736^{0,7} \cdot 2,3^{0,43} \cdot 0,95 = 8931 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$\alpha_2 = \frac{0,527}{2 \cdot 0,008} \cdot 0,1 \cdot 11870^{0,7} \cdot 4,7^{0,43} \cdot 1,05 = 4672 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{8931} + \frac{0,00125}{17} + \frac{1}{4672}} = 2785 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Але, так як при експлуатації утворюється наліт на стінці, зменшуємо результат на 25%

$$K = 2785 \cdot 0,75 = 2089 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Секція охолодження

$$\alpha_1 = \frac{0,486}{2 \cdot 0,008} \cdot 0,1 \cdot 3388^{0,7} \cdot 18,1^{0,43} \cdot 0,95 = 2734 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$\alpha_2 = \frac{0,546}{2 \cdot 0,008} \cdot 0,1 \cdot 3388^{0,7} \cdot 11^{0,43} \cdot 1,05 = 3816 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2734} + \frac{0,00125}{17} + \frac{1}{3816}} = 2017; \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

6.1.2 Конструкційний розрахунок

Робоча поверхні секції рекуперації

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} \quad (15)$$

для секції рекуперації $F = \frac{613000}{1607 \cdot 15} = 22,4 \text{ м}^2$

Кількість пластин в секції

$$Z = \frac{F}{f} \quad (16)$$

F-робоча поверхня секції, $м^2$

f-робоча поверхня однієї пластини, $м^2$

$$Z = \frac{22,4}{0,2} = 112$$

$$Z_{заг} = 114$$

Кількість пакетів в секції

$$i = \frac{Z_{заг}}{2 \cdot m} \quad (17)$$

$$i = \frac{114}{2 \cdot 5} = 11,4$$

приймаємо $i=12$

корегуємо кількість пластин

$$Z_0 = 2 \cdot m \cdot i = 2 \cdot 5 \cdot 12 = 120$$

компоновка пластин для секції рекуперації

$$K = \frac{5+5+5+5+5+5+5+5+5+5+5+5+5}{5+5+5+5+5+5+5+5+5+5+5+5+6}$$

Для пастеризації

$$F = \frac{165000}{2785 \cdot 6,3} = 9,5 \text{ м}^2$$

Кількість пластин в секції

$$Z = \frac{9,5}{0,2} = 48$$

$$Z_{\text{заг}} = 50$$

Кількість пакетів в секції

$$i = \frac{Z_{\text{заг}}}{2 \cdot m}$$

$$i = \frac{50}{2 \cdot 5} = 5$$

коригуємо кількість пластин

$$Z_{\text{д}} = 2 \cdot m \cdot i = 2 \cdot 5 \cdot 5 = 50$$

для гарячої води кількість каналів

$$m = m \cdot n / 2 = 5 \cdot 5 / 2 = 13$$

компоновка пластин для секції пастеризації

$$K = \frac{5 + 5 + 5 + 5 + 5}{5 + 5 + 5 + 5 + 6}$$

Для охолодження

$$F = \frac{183000}{2017 \cdot 9,4} = 11,5 \text{ м}^2$$

Кількість пластин в секції

$$Z = \frac{11,5}{0,2} = 58$$

$$Z_{\text{заг}} = 60$$

Кількість пакетів в секції

$$i = \frac{Z_{\text{заг}}}{2 \cdot m}$$

$$i = \frac{60}{2 \cdot 5} = 6$$

коригуємо кількість пластин

$$Z_0 = 2 \cdot m \cdot i = 2 \cdot 5 \cdot 6 = 60$$

для гарячої води кількість каналів

$$m = m \cdot n = 5 \cdot 6 = 30 ; i = 60 / 2 \cdot 30 = 1 \text{ пакет}$$

компоновка пластин для секції охолодження

$$K = \frac{5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5}{31}$$

6.1.3 Гідравлічний розрахунок

Розраховуємо напір по секціям

$$H = \frac{E_0 \cdot \rho \cdot c \cdot (t^{11} - t^1) \cdot \delta \cdot u^3}{2 \cdot k \cdot \Delta t_{cp} \cdot l \cdot 2 \cdot g} \quad (18)$$

для секції рекуперації :

$$H = \frac{1,6 \cdot 1033 \cdot 3914 \cdot (61 - 6) \cdot 0,003 \cdot 0,46^3}{2 \cdot 1607 \cdot 15 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 9,8} = 96,3 \text{ кПа}$$

для секції пастеризації :

$$H = \frac{1,6 \cdot 1033 \cdot 3914 \cdot (76 - 61) \cdot 0,003 \cdot 0,46^3}{2 \cdot 2785 \cdot 7,3 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 9,8} = 57,3 \text{ кПа}$$

для секції охолодження :

$$H = \frac{1,6 \cdot 1033 \cdot 3595 \cdot (21 - 4) \cdot 0,003 \cdot 0,46^3}{2 \cdot 2017 \cdot 9,47 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 9,8} = 64,7 \text{ кПа}$$

Загальний напір $H = 2 \cdot 96,3 + 57,3 + 65 = 315 \text{ кПа} = 0,32 \text{ МПа}$

Для гарячої води

$$H = \frac{1,6 \cdot 1033 \cdot 3595 \cdot (21 - 4) \cdot 0,003 \cdot 0,92^3}{2 \cdot 38736 \cdot 9,47 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 9,8} = 72,1 \text{ кПа}$$

Для льодяної води

$$H = \frac{1,6 \cdot 1033 \cdot 3595 \cdot (21 - 4) \cdot 0,003 \cdot 0,46^3}{2 \cdot 3388 \cdot 9,47 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 9,8} = 18 \text{ кПа}$$

Вибираємо насос для молока Я9.ОНЦ-1, подача $5 \frac{м^3}{г}$

6.2. Розрахунок маслоутворювача Я5-ОМС-1

Кінематична схема модернізованого маслоутворювача Я5-ОМС-1 має привод, який складається з електродвигуна загального призначення, клинопасової передачі, циліндричного редуктора, ланцюгової передачі. Оптимальна частота обертання валу структуроутворювача, який обертає ножі-скребки в маслоутворювачі, повинна бути в межах 48-55 об/хв. Частота обертання валу теплообмінника лежить в межах 26-30 об/хв., залежно від виду масла.

6.2.1 Розрахунок потужності.

Розрахунок потужності ведемо враховуючи, що кінематична в'язкість змінюється по ходу руху продукту в напрямку осі теплообмінника при температурі від 60°C до 14°C на виході. В структуроутворювачі кінематична в'язкість змінюється при температурі від 14°C до 16°C на виході. При цьому для розрахунку витрат потужності приймаємо таку кінематичну схему:

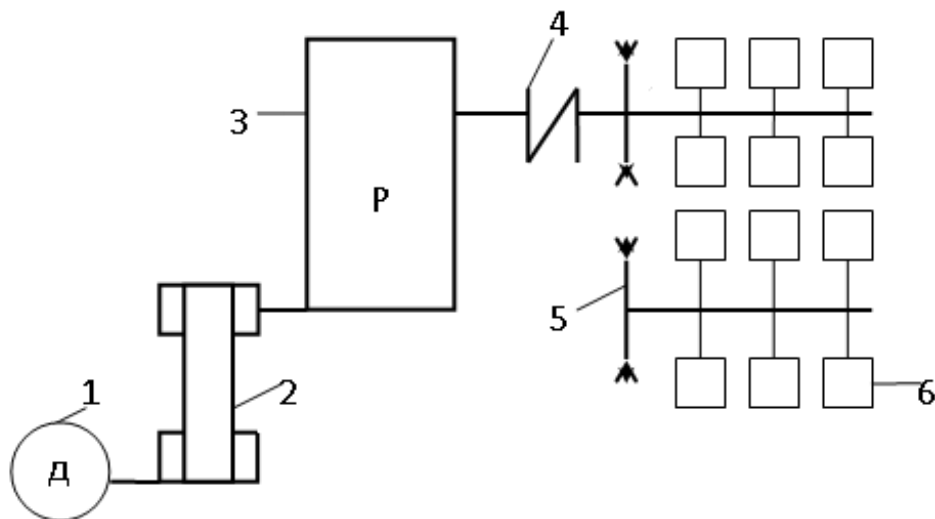


Рис. 6.2 Кінематична схема модернізованого
маслоутворювача Я5-ОМС-1

- 1 – електродвигун;
- 2 – клинопасова передача;
- 3 – редуктор;
- 4 – муфта втулковопальцева;
- 5 – ланцюгова передача;
- 6 – скребки.

Розрахунок потужності ведемо окремо для структуроутворювача і охолоджувача при відповідній в'язкості, а також враховуємо конструкційні особливості мішалки, що складається з 9 пар лопаток.

Для розрахунку використовуємо:

зовнішній діаметр мішалки, мм $D = 470$

внутрішній діаметр мішалки, мм $d = 50$

висота лопатки, мм $h = 5$

довжина мішалки, мм $H = 400$

Кінематична в'язкість ВЖВ (високожирних вершків)

при $t_1 = 15^\circ\text{C}$, $\text{м}^2/\text{с}$ $\nu = 1,73 \cdot 10^{-5}$

при $t_2 = 37^\circ\text{C}$, $\text{м}^2/\text{с}$ $\nu = 5 \cdot 10^{-6}$

Визначення потужності структуроутворювача.

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{n \cdot D^2}{60 \cdot \nu_{сер}} = \frac{55 \cdot 0,47^2}{60 \cdot 1,73 \cdot 10^{-5}} = 11704,7,$$

де $n = 55$ об/хв – частота обертання мішалки структуроутворювача (максимальне значення)

Визначаємо коефіцієнт опору

$$\xi = \frac{A}{R_e^K} = \frac{7,8}{11704,7^{0,2}} = 1,1,$$

де $A = 7,8$; $K = 0,1$ – коефіцієнти, знайдені дослідним шляхом.

Знаходимо коефіцієнт похибки

$$K_\alpha = \left(\frac{D}{3d}\right)^{1,1} \cdot \left(\frac{H}{D}\right)^{0,6} \cdot \left(\frac{4h}{D}\right)^{0,3} = \left(\frac{470}{3 \cdot 50}\right)^{1,1} \cdot \left(\frac{400}{470}\right)^{0,6} \cdot \left(\frac{4 \cdot 5}{50}\right)^{0,3} = 2,42$$

Робочу потужність знаходимо за формулою

$$N_p = \xi \frac{K_\alpha}{\eta_{\text{доо}}} \cdot D^5 \cdot n^3 \cdot \rho \cdot z$$

Де $\eta_{\text{доо}} = 0,8 - 0,95$ – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати на подолання шорсткості поверхні відбивних лопаток; $\rho = 922 \text{ кг/м}^3$ - густина вершків; $z = 68$ шт. – загальна кількість скребків.

Отже

$$N_{p.cm.} = 1,2 \cdot \frac{2,42}{0,95} \cdot 0,47^5 \cdot 0,92^3 \cdot 922 \cdot 68 = 3422,7 \text{ Вт} = 3,4 \text{ кВт}$$

Визначаємо потужність для теплообмінника, враховуючи іншу частоту обертання і в'язкість.

Критерій Рейнольда дорівнює

$$R_e = \frac{n \cdot D^2}{60 \cdot \nu_{\text{сер}}} = \frac{30 \cdot 0,47^2}{60 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 22090$$

Коефіцієнт опору $\xi = 7,8/22090^{0,2} = 1,06$

Коефіцієнт похибки приймаємо такий як і для структуроутворювача, так як розміри теплообмінника такі ж, як і структуроутворювача

$$K_\alpha = 2,42$$

Визначаємо робочу потужність:

$$N_{p.m.} = \xi \frac{K_a}{\eta_{\text{дод}}} \cdot D^5 \cdot n^3 \cdot \rho \cdot z = 1,06 \cdot \frac{2,42}{0,95} \cdot 0,47^5 \cdot 0,5^3 \cdot 922 \cdot 68 = 0,49 \text{ кВт}$$

Враховуючи, що в'язкість вершків досить суттєво впливає на розрахунок потужності, введемо компенсуючий коефіцієнт $\eta_{\text{ком}} = 1,4$

$$\text{Тоді, } N_{p.m} = 0,49 \cdot 1,4 = 0,69 \text{ кВт}$$

Загальна потужність

$$N_{\text{заг}} = N_{p.cm.} + N_{p.m} = 3,4 + 0,69 = 4,09 \text{ кВт}$$

Знайдемо ККД приводу

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{к.п.}} \cdot \eta_p \cdot \eta_m \cdot \eta_{\text{лн}} = 0,95 \cdot 0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,92 = 0,83,$$

де $\eta_{\text{к.п.}} = 0,95$ – ККД клинопасової передачі; $\eta_p = 0,96$ – ККД редуктора; $\eta_m = 0,99$ – ККД муфти; $\eta_{\text{лн}} = 0,92$ – ККД ланцюгової передачі.

Потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = 4,09/0,83 = 5 \text{ кВт.}$$

Підбираємо найближчий по ряду електродвигун серії ЧА100L2У3 потужністю $N = 5,5$ кВт, частотою обертання $n = 1500$ об./хв.

6.2.2 Конструкційний розрахунок

Розрахунок ланцюгової передачі.

Вихідні дані для розрахунку: тип ланцюга - роликівий, потужність 5,5 кВт, частота обертання на виході із редуктора 48 об./хв, передаточне число

$$U = 1,85, \text{ навантаження спокійне.}$$

Визначаємо потужність на виході з редуктора.

$$N_{\text{вих}} = N_{\text{ел}} \cdot \eta_{\text{кп}} \cdot \eta_p \cdot \eta_m = 5,5 \cdot 0,95 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 5 \text{ кВт}$$

Відповідно до умов експлуатації приймаємо коефіцієнти

$K_1 = 1$ – характеризує навантаження (спокійне);

$K_2 = 1$ – натяг ланцюга прижимним роликком;

$K_3 = 1$ – враховує співвідношення між основною відстанню та кроком ланцюга;

$K_4 = 1$ – напрям ланцюга горизонтальний;

$K_5 = 1,5$ – враховує періодичність та вид змащення (періодичне);

$K_6 = 1,25$ – враховує змінність роботи.

Тоді коефіцієнт експлуатації буде:

$$K_7 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,25 = 1,875$$

Вибираємо попередньо крок ланцюга – $t = 15,875$ мм.

По кроку $t = 15,875$ мм і частоті обертання ведучої зірочки визначаємо допустимий тиск в шарнірах, $P = 35$ МПа.

Приймаємо кількість зубців ведучої зірочки $z = 23$

Коефіцієнт, що враховує кількість рядів ланцюга при однорядному ланцюзі $K_m = 1$

Розрахунковий крок ланцюга визначаємо з формули

$$t = 1833 \sqrt{\frac{N \cdot K_7 \cdot 10}{\rho_t \cdot [p] \cdot z_1 \cdot n_1 \cdot K_m}} = 1833 \sqrt{\frac{0,69 \cdot 1,875 \cdot 10}{0,28 \cdot 35 \cdot 23 \cdot 48 \cdot 1}} = 19,42 \text{ мм.}$$

Вибираємо найближчий по ряду ланцюг ПР – 19,05 – 3180 з параметрами $t = 19,05$ мм,

$$Q_{руйн} = 3180 \text{ Н, } S_{ол} = 105,8 \text{ мм}^2$$

Для ланцюга повинна виконуватись умова

$$n_1 < n_{max}.$$

При $t = 19,05$ мм $n_{max} = 900$ об./хв. Тоді $48 < 900$ – отже - умова виконується.

Колова швидкість ланцюга

$$\omega = \frac{z_1 \cdot n \cdot t}{60 \cdot 1000} = \frac{23 \cdot 48 \cdot 19,05}{60 \cdot 1000} = 0,35 \text{ м/с}$$

Колове зусилля, що передається ланцюгом.

$$F_t = \frac{1000 \cdot N}{\omega} = \frac{1000 \cdot 0,69}{0,35} = 1971,4 \text{ Н}$$

Середній тиск в шарнірах

$$p = \frac{F_t}{S_{on}} = \frac{1971,4}{105,8} = 18,63 \text{ МПа, що менше допустимого питомого}$$

тиску

$$[p] = 35 \text{ МПа при } n = 48 \text{ об./хв.}$$

Визначаємо термін експлуатації ланцюга

$$T = 5200 \frac{t \cdot K_c \cdot \sqrt{z_1} \cdot \sqrt[3]{d_t - u}}{p \cdot \sqrt[3]{\omega} \cdot K_7}$$

для цього приймаємо допустиме збільшення кроку ланцюга $t = 3\%$

$$K_c = \frac{K_{cn}}{\sqrt{\omega}} = \frac{1,4}{\sqrt{0,35}} = 2,4; \text{ де } K_{cn} = 1,4 \text{ – коефіцієнт, що враховує}$$

спосіб змащування ланцюга;

$$d_t = \frac{d}{t} = \frac{520}{19,05} = 27,3 \text{ - міжосьова відстань виражена в кроках.}$$

Тоді

$$T = 5200 \frac{3 \cdot 2,4 \cdot \sqrt{23} \cdot \sqrt[3]{27,3 - 1,85}}{18,63 \cdot \sqrt[3]{0,35} \cdot 1,875} = 28961,3 \text{ год}$$

Очікуваний термін експлуатації:

$$T = 20000 \cdot K_{cn} = 20000 \cdot 1,4 = 28000 \text{ год.}$$

Розрахунок навантаження ланцюгової передачі.

1. Знайдемо натяг від провисання веденої гілки ланцюга під дією власної ваги.

$$F_7 = K_7 \cdot q \cdot g \cdot a = 6 \cdot 1,9 \cdot 9,8 \cdot 0,52 = 60\text{Н,}$$

де $K_7 = 6$ – для горизонтальних передач; $a = 520$ мм – міжосьова відстань;

$$g = 10 \text{ м/с}^2 - \text{прискорення вільного падіння.}$$

2. Натяг від відцентрових сил не враховується при швидкості ланцюга меншій 12 м/с.

3. Колове зусилля $F_t = 1971,4$ Н (див. вище)

4. Сумарний натяг ведучої гілки:

$$F_{\Sigma} = F_7 + F_t \cdot K_I = 58,9 \cdot 1971,4 \cdot 1 = 2030,3 \text{ Н,}$$

де $K_I = 1$ – коефіцієнт, що враховує характер навантаження.

Навантаження, що діє на вали

$$R = (1,15 \dots 1,2) F_t = 1,2 \cdot 1971,4 = 2356,6 \text{ Н}$$

6. Перевіряємо ланцюг по запасу міцності

$$n = \frac{Q_{pyin}}{F_{\Sigma}} = \frac{3180}{2030,3} = 1,57$$

Розрахунок геометричних параметрів ланцюгової передачі

1. Міжосьова відстань закладена конструкцією маслоутворювача,

$$a = 520 \text{ мм.}$$

2. Кількість зубців веденої зірочки

$$Z_2 = Z_1 \cdot U = 23 \cdot 1/85 = 42$$

Довжина ланцюга виражена в кроках

$$L_t = \frac{2a}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{a} = \frac{2 \cdot 520}{19,05} + \frac{23 + 42}{2} + \left(\frac{42 - 23}{2 \cdot 3,14} \right)^2 \cdot \frac{19,05}{520} = 87,4$$

Кількість ланок в ланцюгу приймаємо $L_t = 88$

Ділильні кола зірочок визначаємо з формул:

$$d_{\omega_1} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_1}} = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{23}} = 139,9 \text{ мм}$$

$$d_{\omega_2} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_2}} = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{42}} = 254,9 \text{ мм}$$

6.2.3 Механічний розрахунок

Розрахунок та перевірка на міцність шпоночного з'єднання.

На приводному валу маслоутворювача застосовується призматична шпонка. Враховуючи діаметр валу 40 мм приймаємо за ГОСТ 10748 -79 шпонку за параметрами 12×8×70, для якої глибина шпоночного паза

$$t_1 = 55 \text{ мм.}$$

Матеріал валу сталь 40×13, шпонки сталь 50.

Перевіряємо з'єднання на зминання

$$\sigma_{з.м} = \frac{2T}{d \cdot l(h - t_1)} \leq [\sigma_{з.м}]$$

$$\text{де } T = T_{ox} + T_{cmp}$$

$$T_{ox} = \frac{N_{ox} \cdot 30}{n_{ox} \cdot 3,14} = \frac{0,49 \cdot 30}{30 \cdot 3,14} = 160 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$T_{cmp} = \frac{N_{cmp} \cdot 30}{n_{cmp} \cdot 3,14} = \frac{3,4 \cdot 30}{55 \cdot 3,14} = 590 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$T = (160 + 590) \cdot 10^3 = 750 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$h = 8$ мм – висота шпонки; $b = 12$ мм – ширина шпонки; $l = 70$ мм – довжина шпонки;

$[\sigma_{зм}] = 130...180$ МПа – допустима напруга зминання для матеріалу шпонки при середньому режимі роботи.

Отже:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 750 \cdot 10^3}{40 \cdot 70(8-5)} = 178,5 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 180 \text{ МПа}$$

умова виконується $\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}]$

Перевіряємо шпонку на зріз

$$\sigma_{зр} = \frac{2T}{d \cdot b(l-b)} \leq [\sigma_{зр}]$$

де $[\sigma_{зр}] = 80$ МПа

$$\text{Тоді } \sigma_{зр} = \frac{2 \cdot 750 \cdot 10^3}{40 \cdot 12(70-12)} = 53,9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{зр} = 53,9 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зр}] = 80 \text{ МПа}$$

Умови зминання $\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}]$

та зрізання $\sigma_{зр} \leq [\sigma_{зр}]$ виконуються.

6.2.4 Розрахунок валу теплообмінника.

Вихідні дані для розрахунку: навантаження на вал від ланцюгової передачі $F_t = 19971,4$ Н матеріал вала сталь 40×13, кутова швидкість обертання вала $W = \Pi_n/30 = 3,14 \cdot 26130 = 2,7 \text{ с}^{-1}$

1. Визначаємо реакції в опорах:

$$\sum M_{AB} = 0; -R_{BB} \cdot l_1 + F_t(l_1 + l_2) = 0$$

$$R_{BB} \cdot l_1 = F_t(l_1 + l_2)$$

$$R_{AB} = \frac{F_t \cdot l_2}{l_1} = \frac{1971,4 \cdot 65}{355} = 360,9 \text{ Н}$$

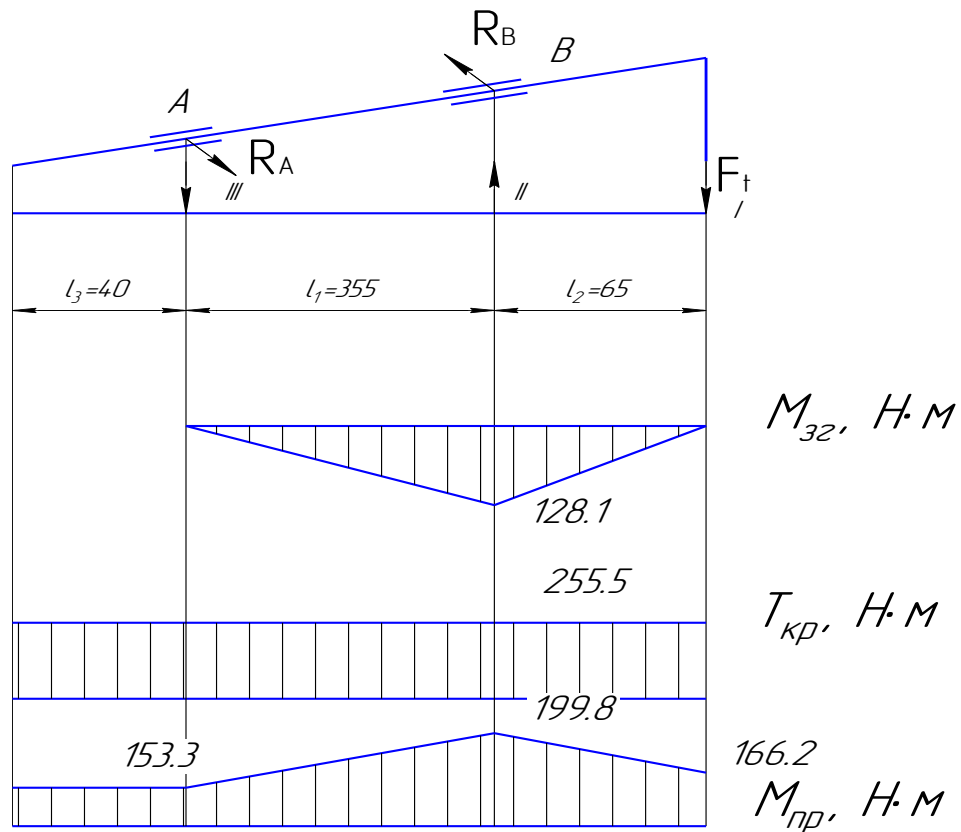


Рис. 6.3 Епюри навантаження валу

2. Визначаємо згинальний момент в опорі В.

$$M_{BB} = F_t \cdot l_2 = 1971,4 \cdot 65 = 128141 \text{ Н}\cdot\text{мм} = 128,1 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Будуємо епюру згинальних моментів M_{32}

Визначаємо крутний момент, що передається валом

$$T = \frac{N}{\omega} = 255,5 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Будуємо епюру $T_{кр}$.

Визначаємо приведений момент.

$$M_{пр} = \sqrt{M_{32}^2 + (\alpha \cdot T_{кр})^2}$$

де $\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]}$ - коефіцієнт, що враховує різницю в характеристиках циклів

навантажень згину і кручення.

$[\sigma_{-1}] = 90$ МПа – допустима знакозмінна напруга для матеріалу валу 40×13 ;

$[\sigma_0] = 150$ МПа – допустима, пульсуюча від нуля, напруга для валу.

Тоді $\alpha = 0,6$

Приведені моменти в перерізах.

$$- I - I M_{np I-I} = \sqrt{0 + (0,6 \cdot 255,5)^2} = 166,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$- M_{np II-II} = \sqrt{128,1^2 + (0,6 \cdot 255,5)^2} = 199,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$- M_{np III-III} = \sqrt{0 + (0,6 \cdot 340)^2} = 153,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Будуємо епюру приведених моментів M_{np} .

5. Знаходимо діаметри валу в характерних точках.

$$d = \sqrt[3]{\frac{2M_{np}}{0,1[\sigma_{-1}]}} \text{ , мм}$$

$$d_{I-I} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 166,2 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 90}} = 33,3 \text{ мм}$$

Конструкційно приймаємо $d_{I-I} = 35$ мм

$$d_{II-II} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 199,8 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 90}} = 38,7 \text{ мм}$$

Конструкційно приймаємо $d_{II-II} = 45$ мм

$$d_{III-III} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 153,3 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 90}} = 32,6 \text{ мм}$$

Конструкційно приймаємо $d_{III-III} = 35$ мм

6.2.5 Тепловий розрахунок охолоджувача маслоутворювача

Вихідні дані для розрахунку

- продуктивність, кг/год. - 600

- початкова температура вершків, °С - 65
- кінцева температура вершків, °С - 10
- охолоджувач, розсіл CaCl_2
- початкова температура охолоджувача, °С - мінус 5
- тиск охолоджувача, МПа - 0,3
- тиск вершків, МПа - 0,4
- витрати охолоджувача, кг/год. - 4000
- жирність вершків, % - 72,5
- кількість скребків однієї несучої хрестовини, шт. - 8

Розміри пластин та міжпластинного каналу

- робоча поверхня пласти, м^2 - 0,33
- зазор для руху холодоагенту в теплообмінній пластині, м - 0,003
- товщина температуропровідної стінки, м - 0,002
- еквівалентний діаметр, м - 0,006

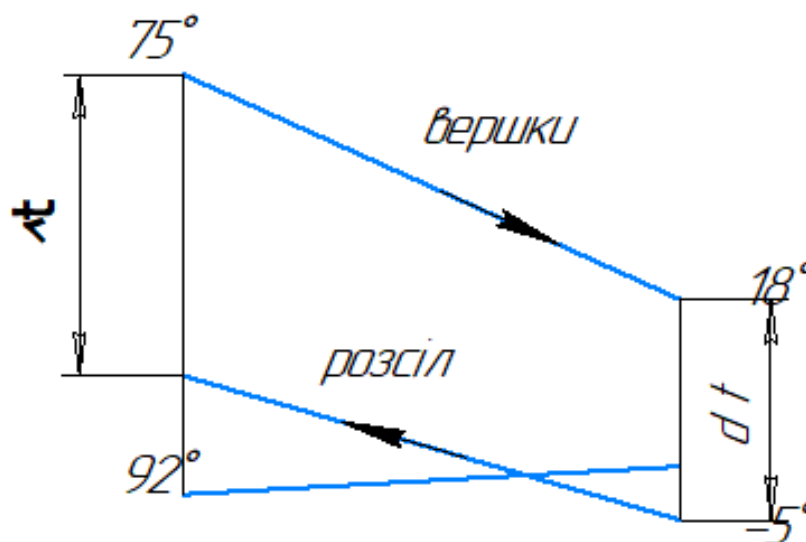


Рис. 6.4 Температурний режим в охолоджувачі

Визначаємо кількість теплоти, що відбирається від продукту для зниження температури вершків від 65°C до 10°C

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

Деякі теплофізичні параметри вершків в даному діапазоні температур в довідковій літературі відсутні, тому для отримання необхідних значень використовуємо залежність запропоновану Г.А. Єресько.

$$C_t = C_{жс} \cdot U + C_n (1 - U)$$

де $C_{жс}$ - теплоємність молочного жиру;

C_n - теплоємність склотин, Дж/кг·к

Тоді, $Q = c \cdot m \cdot \Delta t = C_{жс} \cdot m \cdot \Delta t + C_n \cdot \Delta t (1 - U) \cdot m$

$C_{жс} = 1870 + 4,2 t$ – тільки для рідної фази

$C_n = 3920 + 1,5 t$ – теплоємність склотин.

Розбиваємо діапазони температур на інтервали, в яких знаходяться високожирні вершки.

Визначаємо теплоємність склотин на інтервалах:

$$C_{(175^\circ\text{C})} = 3920 + 1,5t = 3920 + 1,5 \cdot 65 = 4032,5 \text{ Дж/кг/к}$$

$$C_{(65^\circ\text{C})} = 3920 + 1,5t = 3920 + 1,5 \cdot 60 = 4017,5 \text{ Дж/кг/к}$$

$$C_{(55^\circ\text{C})} = 3920 + 1,5t = 3920 + 1,5 \cdot 55 = 4002,5 \text{ Дж/кг/к}$$

$$C_{(45^\circ\text{C})} = 3920 + 1,5t = 3920 + 1,5 \cdot 45 = 3987,5 \text{ Дж/кг/к}$$

$$C_{(35^\circ\text{C})} = 3920 + 1,5t = 3920 + 1,5 \cdot 35 = 3972,5 \text{ Дж/кг/к}$$

$$C_{(18^\circ\text{C})} = 3920 + 1,5t = 3920 + 1,5 \cdot 10 = 3937 \text{ Дж/кг/к}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю.

Таблиця 6.2

t, °C	65	60	55	45	35	10
C, Дж/кг·К	4032,5	4017,5	4002,5	3987,5	3972,5	3937

Для сколотин справедлива лінійна залежність теплоємності від температури, тому

$$\Delta t_n = t_n - t_k = 75 - 10 = 57 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C \cdot \Delta t_n = \sum C_{\text{сеп}} \cdot \Delta t_n = 3996,25 \cdot 57 = 227786,26 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

$$C_{\text{сеп}} = \frac{4032,5 + 3937}{2} = 3996,25 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

Оскільки значення залежності теплоємності молочного жиру нелінійно залежить від температури, то

$$C_{\text{жс}} \cdot t = \sum C \cdot m \cdot \Delta t$$

По графіку залежності питомої теплоємності молочного жиру від температури розраховуємо площі елементарних ділянок для діапазонів температур:

$$(30^\circ - 18^\circ), t_1 = 12^\circ\text{C}, S_1 = 1884 \cdot 12 = 22608 \text{ Дж/кг}$$

$$(50^\circ - 30^\circ), t_2 = 20^\circ\text{C}, S_2 = 1994 \cdot 20 = 37600 \text{ Дж/кг}$$

$$(54^\circ - 50^\circ), t_3 = 4^\circ\text{C}, S_3 = 2044 \cdot 4 = 8176 \text{ Дж/кг}$$

$$(65^\circ - 54^\circ), t_4 = 11^\circ\text{C}, S_4 = 2053 \cdot 11 = 22363 \text{ Дж/кг}$$

$$(75^\circ - 65^\circ), t_5 = 10^\circ\text{C}, S_5 = 2158 \cdot 10 = 21580 \text{ Дж/кг}$$

$$\sum C \cdot m \cdot \Delta t = \sum S_i = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 = 22608 + 37600 + 8176 + 22363 + 21580 + 22608 = 112275 \text{ Дж/кг}$$

Визначаємо втрати тепла в процесі охолодження високожирних вершків тепловиділенням в навколишнє середовище (зовнішньою поверхнею теплообмінного пакету нехтуємо)

$$Q_1 = C \cdot m \cdot \Delta t = \left[\left(\sum C_{i_{ж. \Delta t}} \right) + \left(\sum C_{i_{in \Delta t}} \right) (1 - U) \right] m =$$

$$= [112275 \cdot 0,725 + 227687,25(1 - 0,725)] \cdot 600 = 86400 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

де $m = 600$ кг – годинна продуктивність маслоутворювача

$$Q_{\text{год}} = Q_1 + Q_{m.в.},$$

де $Q_{m.в.} = 36000$ кДж – тепло, що сприймається продуктом від механічної дії.

$$\text{Отже, } Q_{\text{год}} = 86400 + 36000 = 122400 \text{ кДж}$$

2. Розрахунок кінцевої температури холодоагенту

$$C_{\text{сер. } x/a} = 3,33 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

$$\lambda_{x/a} = 0,523 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\rho_{x/a} = 1170 \text{ кг/м}^3$$

$$t_{к. x/a} - t_{н. x/a} = \frac{Q_{\text{год}}}{C_{\text{сер. } x/a} \cdot m} = \frac{122400}{3,33 \cdot 400} = 9,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $m = 400$ кг/год. – витрата холодоагенту

$$\text{тоді } t_{к. x/a} = 9,2 - (-5) = 14,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Визначення витрат холодоагенту та режимів його руху в пластинах.

В конструкцію теплообмінника маслоутворювача закладена пакетопаралельна схема руху холодоагенту: холодоагент рухається по трьох теплообмінних пластинках паралельно.

Визначаємо живий переріз пластин

$$F = F_{ж.в.} \cdot 3 = 340,5 \cdot 3 = 1021,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$\text{де } F_{ж.в.} = R_h - S_p = 210 \cdot 3 - 289,5 = 340,5 \text{ мм}$$

$h = 3$ мм – ширина каналу пластин.

Схема пакету теплообмінника.

Об'ємна витрата холодоагенту

$$Q_V = \frac{Q}{\rho} = \frac{4000}{1170} = 3,418 \text{ м}^3/\text{ГОД} = 949 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість холодоагенту, що проходить по одній пластині

$$\omega = \frac{Q_V}{F_{ж.с}} = \frac{949 \cdot 10^{-6}}{340,5 \cdot 10^{-6}} = 2,9 \text{ м/с}$$

Визначимо швидкість холодоагенту при русі по трьох пластинах

$$\omega = \frac{Q_V}{F_{x.с}} = \frac{949 \cdot 10^{-6}}{340,5 \cdot 10^{-6} \cdot 3} = 0,9 \text{ м/с}$$

Визначимо режим руху холодоагенту в пластині

$$R_e = \frac{\omega \cdot d_{екв}}{\nu} = \frac{0,9 \cdot 0,006}{2,5 \cdot 10^{-6}}$$

Режим руху ламінарний $R_e < 2300$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі α від стінки до холодоагенту

$$N_U = 1,783(R_e \cdot P_r)^{0,33} \left(\frac{d_l}{l}\right)^{0,33} \cdot E = 1,783(2160 \cdot 29)^{0,33} \left(\frac{0,006}{0,72}\right)^{0,33} \cdot 1,235 = 17,2$$

де $E = 1,235$, $P_r = 29$

Тоді

$$\alpha = \frac{N_U \cdot \lambda}{d_{екв}} = \frac{17,2 \cdot 0,523}{0,006} = 5366,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Розраховуємо середню логарифмічну температуру

$$\Delta t_{\sigma} = 75 - 9,2 = 65,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 19 - (-5) = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{65,8 - 23}{2,3 \lg \frac{65,8}{23}} = 40,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі α , від продукту до стінки (для теплообмінників)

$$\alpha_1 = 0,29\sqrt{c \cdot d \cdot \rho \cdot n \cdot z} = 0,29\sqrt{3000 \cdot 0,5 \cdot 922 \cdot 25 / 60 \cdot 8} = 2619 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{к}$$

Де $c = 3000$ Дж/кг/к – теплоємність вершків; $z = 8$ – кількість скребків;

$n = 25/60$ – секундна частота обертання валу.

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2619} + \frac{0,002}{14} + \frac{1}{5366,3}} = 1428 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{к}$$

Визначаємо кількість пластин теплообмінного пакету

$$N = \frac{F}{f} = \frac{2,1}{0,264} = 8 \text{ шт, де}$$

$$F = \frac{Q_{заг}}{k \cdot \Delta t} = \frac{122400}{1428 \cdot 40,8} = 2,1 \text{ м}^2 - \text{теплопередаюча поверхня;}$$

$f = 0,264 \text{ м}^2$ – поверхня розсольної порожнини.

З врахуванням забруднення приймаємо запас для пластин 10%

$$\text{Тоді } N = \frac{2,1 \cdot 0,21}{0,26} = 8,75 \text{ шт. Приймаємо } N = 9 \text{ пластин.}$$

7. Підбір конструкційних матеріалів

Специфічні умови харчового виробництва, такі як: присутність корозійно - активних харчових середовищ; регулярне використання миючих і дезінфікуючих розчинів; підвищені температури і суттєві перепади тиску визначає особливі вимоги до підбору матеріалів для використання в конструкції технологічного обладнання.

Вимоги до харчового обладнання:

Промислове обладнання для харчової промисловості, зважаючи на специфіку застосування, має відповідати ряду технологічних вимог: бути стійким до хімічного, фізичного і термічному впливу, в зв'язку з чим, для його виробництва застосовуються, як правило, допущені до застосування в харчовій промисловості матеріали.

До компонентів індустріального харчового обладнання пред'являються досить жорсткі вимоги, закріплені на законодавчому рівні і обумовлені такими факторами, як: гігієна виробництва і безпеку здоров'я потенційних споживачів, запобігання активності бактерій і часті профілактичні роботи.

Деталі й компоненти харчових машин і апаратів повинні:

- мати поліровану, гладку, безпористу внутрішню поверхню;
- не містити шкідливих речовин, які можуть проникати в продукт;
- не служити живильним середовищем для патогенних мікроорганізмів;
- погіршувати органолептичні властивості готової харчової продукції;
- забезпечувати збереження біологічної цінності продуктів;
- легко піддаватися планової мийці, чищенні і дезінфекції;
- не вступати в реакцію з різними видами лугів і кислот.

Так само, обладнання для харчової промисловості повинно забезпечувати захист харчових продуктів, в процесі обробки, від забруднень з навколишнього середовища.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	19-1705.MP.13.007 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4	

При цьому воно повинно бути функціональним, зручним і ефективним.

Матеріали для харчової промисловості:

Розглядаючи процес взаємодії сировини і харчових продуктів з матеріалами з яких виробляють обладнання для харчової промисловості, враховуються три важливих фактори: нейтральність матеріалу по відношенню до харчового продукту (відсутність впливу харчового продукту на матеріал); нейтральність продукту до впливу на нього матеріалу; працездатність матеріалу з точки зору виконання вимог технологічного процесу.

Матеріали, використовувані в технологічному обладнанні харчових виробництв, можна умовно розділити на чотири основні групи:

- конструкційні матеріали для деталей харчового обладнання, що не мають прямих контактів з харчовою сировиною або продуктом;
- матеріали для деталей обладнання, що мають безпосередній контакт з сировиною або харчовим продуктом;
- зовнішні захисні покриття для деталей, що мають контакт із сировиною, харчовим продуктом, миючими або дезінфікуючими засобами;
- пакувальні матеріали для споживчої і транспортної тари.

Матеріали, з яких виготовляють обладнання для індустріального виробництва продуктів харчування повинні, в обов'язковому порядку, бути нешкідливими для здоров'я споживачів готової продукції, відповідати вимогам виробничої гігієни і бути допущеними для використання на підприємствах харчової промисловості.

Корозійностійкі сталі:

Так склалося, що найбільш поширеним матеріалом, який частіше за інших застосовують виробники машин і апаратів для харчової промисловості, є легована корозійностійка, так звана, "нержавіюча" сталь.

Сучасною наукою створене безліч видів нержавіючих сталей, придатних до використання в якості конструкційних матеріалів для створення харчового обладнання. Вибір конкретної марки стали залежить від корозійних властивостей оброблюваних продуктів або хімічних засобів, що контактують з даним матеріалом.

Кольорові метали і сплави:

Поряд з корозійностійкими сталями в харчовій промисловості широко використовуються кольорові метали та їх сплави: алюміній, титан, мідь, бронза, латунь і багато інших. Ці метали використовують: для виробництва основних і допоміжних деталей харчових машин, механізмів і апаратів, для виготовлення трубопроводів і ємнісного обладнання. Алюміній, також, широко використовується для упаковки харчових продуктів.

Однак, на відміну від корозійностійких сталей, до кольорових металів і сплавів застосовують регламент, який кожного виду продукту визначає дозволені або заборонені до застосування матеріали. Наприклад, мідь дозволена до застосування в кондитерському обладнанні, але заборонена до застосування в технологічному обладнанні молочних заводів. Алюміній допускається до застосування в молочній промисловості в цілому, однак заборонено його використання в харчовому обладнанні, призначеному для виробництва молочних продуктів для дитячого харчування.

Кольорові метали та сплави повинні проходити обов'язкову перевірку і отримувати дозвіл на їх застосування в технологічному обладнанні для виробництва конкретних видів харчових продуктів.

Харчові полімери:

Різноманітні за складом і структурі харчові полімери використовують в харчовій промисловості, як: конструкційні матеріали або покриття для харчових машин і апаратів; таропакувальні матеріали; консервні лаки і емалі; ущільнювальні прокладки; рукава продуктопроводів; транспортерні стрічки; підшипникові вузли і багато іншого.

Популярність полімерів, як конструкційний матеріал для виготовлення деталей харчового обладнання, зумовлена рядом властивостей: висока міцність; стійкість до корозії; добре обробляється; малу вагу; довгий термін експлуатації; естетичний зовнішній вигляд і інші.

Крім того, значного поширення харчові полімери набули в якості матеріалу для упаковки різних харчових продуктів.

Марки матеріалів, які використовуються в маслоутворювачі та допоміжному обладнанні, наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Основні конструкційні матеріали, які застосовуються в маслоутворювачі та допоміжному обладнанні	
Матеріали	Деталі
12X13, 08X17T	Трубопроводи
10X17H13M2, 03X17H14M2	Деталі кріплення
Сталь 40, 45	Вали, осі, муфти, які не контактують з продуктом
40X, 45X	Зубчасті колеса, деталі системи передач
12X18H10T, 08X18T1	Деталі, що контактують з продуктом, корпус

8. Технологія машинобудування

8.1. Вибір вузла та аналіз характеристик виробу

В даному розділі розглянуто технологію складання підшипникового вузла приводу маслоутворювача Я5-ОМС-1 лінії виробництва спредів.

Табл. 8.1. Подетальний склад вузла

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1.	Корпус	1
2.	Вал	1
3.	Кришка	1
4.	Стакан	1
5.	Гайка М125 ДСТУ ГОСТ 5915:2008	2
6.	Манжета 1-80x70-0 ДСТУ ISO 16589-1:2006	1
7.	Манжета 1-80x65-0 ДСТУ ISO 16589-1:2006	1
8.	Шпонка ДСТУ ГОСТ 24071:2005	1
9.	Підшипник 180113 ДСТУ ГОСТ 520:2014	1

Табл. 8.2. Технологічний маршрут складання вузла

Номер переходу	Зміст переходу
10. Збирання підшипникового вузла СК2	
10.1.	Встановити стакан в корпус теплообмінника
10.2.	Встановити ущільнення

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Приходько О.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Технологія машинобудування	19-1705.МР.13.008 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миранчук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/6

10.2.	Встановити підшипник
10.4.	Встановити ущільнення
10.5	Закріпити стакан гайкою
10.6	Закріпити стакан контр гайкою
20. Збирання і встановлення валу СКЗ	
20.1.	Встановити шпонку на вал
20.2.	Встановити вал в стакан
30. Встановлення кришки СК4	
30.1.	Встановити ущільнення в кришку
30.2.	Встановити кришку в стакан

8.2. Розрахунок надійності валу при експлуатації

Визначаємо ймовірність безвідмовної роботи валу підшипникового вузла теплообмінника та проаналізуємо надійність його роботи.

Обираємо критичний переріз валу, який має галтель. За робочим кресленням валу знаходимо геометричні розміри, необхідні для користування таблицями: d_1 та d_2 – діаметри валу, радіус галтелі r_r , ширину шпонкового пазу b , висоту шпонкового пазу t , мм. За довідником знаходимо для матеріалу валу границю міцності при розтягу σ_{rp} , МПа.

Проведемо розрахунок ймовірності безвідмовної роботи валу для критичного перерізу в місці переходу діаметрів (галтелі), у якого:

$$d_1 = 55 \text{ мм,}$$

$$d_2 = 50 \text{ мм,}$$

$$\text{Радіус галтелі } r_r = 0,5 \text{ мм.}$$

З довідника знаходимо для сталі 45 значення $\sigma_{rp} = 700$ МПа, а з технічної документації на вузол з'ясуємо, що значення згинаючого та крутного моментів:

$$M_{zg} = 10 \text{ Н} \cdot \text{м;}$$

$$M_{kr} = 50 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Розподіл моментів підпорядковується нормальному закону.

Шляхом інтерполяції знаходимо ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні валу для галтелі при валу при $\sigma_{гр} = 700$ МПа

$$\frac{r_2}{d_2} = \frac{0,5}{50} = 0,01$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{55}{50} = 1,1$$

$$K_{\sigma} = 1,97;$$

$$K_{\tau} = 1,39.$$

Масштабний фактор при згинанні та крученні валу визначаємо за величиною його меншого діаметра $d_2 = 50$ мм коефіцієнти дорівнюють:

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,78;$$

$$\varepsilon_{\tau} = 0,67.$$

Середні значення амплітуд напружень при згинанні та крученні:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_2^3} = \frac{32 \cdot 10 \cdot 10^3}{\pi (50)^3} = 0,5 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{0,2d_2^3} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,2(50)^3} = 1,09 \text{ МПа},$$

де $W_{зг}$, $W_{кр}$ - момент опору при згинанні та крученні в критичному перерізі валу, мм³.

Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні валу становить відповідно:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \sigma_u} = \frac{280}{\frac{1,97}{0,78} \cdot 0,5} = 31,3;$$

$$n_{\tau} = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,39}{0,67} \cdot 1,16} = 2,4;$$

$\sigma_{-1} = 280$ МПа, $\tau_{-1} = 140$ МПа – границі витривалості матеріалу валу (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні (довідникові дані).

Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 \cdot n_{\tau}^2}} = \frac{31,3 \cdot 2,4}{\sqrt{31,3^2 \cdot 2,4^2}} = 2,21.$$

Середньоквадратичне відхилення амплітуд напружень:

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{32}}{3} = \frac{0,71 \cdot 0,5}{3} = 0,11 \text{ МПа},$$

$$\text{де } A = \frac{M_{кр}}{M_{32}} = \frac{50}{10} = 5.$$

Коефіцієнт варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{32}} = \frac{0,11}{0,5} = 0,22.$$

Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд $v_a = 0,2$. Знаходимо за графіком ймовірність відмови (руйнування валу в критичному перетині) при одержаних розрахункових даних ($n = 2,21$; $v_a = 0,22$). Ймовірність руйнування валу в критичному перерізі: $F(t) = 0,05$.

Враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи валу становить:

$$P(t) = 1 - F(t) = 100 - 0,05 = 99,5.$$

Одержаний показник свідчить, що вал має високу експлуатаційну надійність.

8.3 Розроблення структурної схеми сертифікації елемента обладнання.

Об'єктом сертифікації може бути як вузол, так і окрема деталь. В нашому випадку об'єктом сертифікації обираємо вал.

Враховуючи серійний характер обраної деталі, обираємо модель сертифікації для продукції, що випускається серійно із видачею сертифікату відповідності з терміном дії до одного року. Номер моделі III.

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

- обстеження виробництва – проводиться;
- випробування з метою сертифікації - проводяться на зразках в порядку і в кількості, які встановлені органом з сертифікації, випробування валу на статичну міцність;
- технічний нагляд за виробництвом - проводиться в порядку, що визначений органом з сертифікації.

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

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

11) інформацію про результати робіт з сертифікації.

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

Основними показниками, які необхідно перевірити при випробуваннях виробу є механічні та геометричні показники (відповідність розмірам, допускам та посадкам, безвідмовність при навантаженні розрахунковим крутним моментом тощо).

Для контролю обраних характеристик виробу застосовуємо наступні прилади: твердомір HRA-1; мікрометр гладкий цифровий МКЦ 100 з діапазоном вимірювання 50...100 мм; приладом для контролю шорсткості поверхні слугує індикаторний глибиномір И402 або И405.

9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

9.1. Планування монтажних і пусконаладжувальних робіт

Монтажні та пусконаладжувальні роботи виконують при будівництві нових, при розширенні, реконструкції й технічному переоснащенні діючих підприємств, а також при капітальному ремонті технологічного устаткування.

При реконструкції підприємства повинні забезпечуватися: збільшення виробничої потужності насамперед у результаті усунення диспропорцій в технологічних ланках; впровадження маловідходної чи безвідхідної технології та гнучких виробництв; підвищення продуктивності праці; зниження матеріалоемності виробництва й собівартості продукції; підвищення фондівіддачі й поліпшення інших техніко-економічних показників діючого підприємства; поліпшення умов праці працюючих.

До складу обов'язкових заходів при реконструкції входять такі переліки робіт: по впровадженню автоматизованих систем керування й контролю виробничих процесів (пневматичні клапани для молока й миючих розчинів, мікропроцесорна техніка, системи автоматизації компресорних, вентиляційних установок й ін.), по впровадженню безвідхідної технології й комплексній переробці вторинної сировини (знежирене молоко, скотини, молочна сироватка) з організацією ділянок по виробництву нежирної молочної продукції, сухого знежиреного молока й сироватки, замінників незбираного молока й інших; по створенню механізованих експедицій для контейнерних перевезень готової продукції.

При технічному переоснащенні діючі підприємства можуть установлювати додатково на виробничих площах устаткування і машини, впроваджувати автоматизовані системи керування і контролю, викорисовувати сучасні засоби в керуванні виробництвом, здійснювати

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	19-1705.МР.13.009 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/9

модернізацію і технічне переоснащення різних об'єктів, вентиляційних систем, цехів й установок. При цьому допускаються часткова перебудова й розширення існуючих виробничих будинків і споруджень відповідно до габаритів розташовуваного нового обладнання, а також розширення існуючих або будівництво нових об'єктів підсобного й обслуговуючого призначення (об'єкти складського господарства, компресорні, котельні й ін.), якщо це пов'язане із заходами, проведеними при технічному переозброєнні.

Капітальні вкладення, до складу яких входять витрати на виробництво монтажних робіт, на будівництво нових і розширення діючих підприємств, можуть виділятися тільки в тих випадках, коли потреби в продовольчих товарах даного виду не можуть бути забезпечені шляхом реконструкції й технічного переозброєння діючих підприємств.

Роботи з виготовлення нестандартизованого устаткування не є будівельно-монтажними, оплачуються по титульному списку по графі "Устаткування" і не можуть включатися у виконання плану на ведення будівельно-монтажних робіт. Залежно від місцевих умов визначають, яку частину нестандартизованого устаткування виготовляє сам замовник і яку частину приймає монтажна організація. Поставку всіх матеріалів і деталей заводського виготовлення для зборки нестандартизованого устаткування забезпечує замовник. Те ж положення зберігається при капітальному ремонті устаткування.

Обсяг виготовлення нестандартизованого устаткування (у грошовому вираженні) записується по споруджуваному об'єкті окремим рядком і підкріплюється лімітами по праці, які передаються монтажній організації замовником у встановленому порядку.

Пусконаладжувальні роботи підрозділяються на роботи, необхідні для введення в експлуатацію змонтованого технологічного устаткування (до підписання акту Державною приймальною комісією про приймання об'єкта в експлуатацію), і роботи, що забезпечують організацію випуску продукції на

діючих підприємствах після їхнього приймання в експлуатацію, проектних виробничих потужностей, уведених у дію підприємств, цехів, установок і технологічних ліній.

Виконання пусконаладжувальних робіт передує проведенню комплексного випробування змонтованого устаткування й комунікацій.

Тривалість пусконаладжувальних робіт входить у загальну тривалість будівництва й регламентована Єдиними нормами тривалості проектування й будівництва підприємств, будинків і споруджень.

Монтажні й пусконаладжувальні організації планують наступні основні показники: термін введення в дію виробничої потужності, обсяг підрядних робіт, завдання по продуктивності праці й прибуток, норматив заробітної плати всіх працівників на 1грн. вартості будівельно-монтажних (пусконаладжувальних) робіт, ліміти централізованих капітальних вкладень і будівельно-монтажних робіт.

9.2 Основи планування ремонтних робіт

Планування ремонтів й оглядів здійснюють шляхом складання річних і місячних планів ремонту устаткування. Річний план ремонту устаткування становлять на підставі дефектної відомості. Складений на підставі зазначених документів відділом головного механіка підприємства річний план ремонту устаткування затверджується головним інженером.

Установлений на підставі річних планів обсяг робіт з ремонту всього устаткування підприємства розподіляється між ремонтно-механічним цехом і цеховими ремонтними бригадами.

На підставі затвердженого річного плану ремонту устаткування на кожен машину (апарат) встановлюють уточнені місячні плани ремонту устаткування. Місячним планом ремонту устаткування встановлюється рівномірне завантаження ремонтників, призначаються відповідальні особи за проведення ремонтних робіт у встановлений термін. Затверджений головним

механіком місячний план видається щомісяця, але не пізніше, ніж за 4 дні до початку місяця бригадам ремонтників.

Ремонт устаткування, що працює не на безперервному циклі, проводять у години зупинки даного устаткування. Вихідні дні ремонтників установлюють за графіком .

При плануванні ремонтних робіт користуються системою показників і нормативів, за допомогою яких визначають: тривалість ремонту кожної одиниці устаткування, витрати праці, потребу в матеріалах.

Міжремонтний цикл - період роботи машини (апарата) між двома плановими ремонтами, а для нового обладнання - період роботи від початку введення машини в експлуатацію до першого капітального ремонту.

Міжремонтний період - період роботи устаткування між двома черговими плановими ремонтами.

Міжооглядовий період - період роботи устаткування між двома черговими плановими оглядами або між черговим плановим ремонтом й оглядом.

Тривалість міжремонтних і міжооглядових періодів визначається шляхом розподілу терміну служби деталей, що підлягають заміні при тому або іншому виді ремонту, на величину дійсного фонду робочого часу.

$$P_{\text{мр.ц}} = T_{\text{с.д}} / D_{\text{ф.рч}} ,$$

де $P_{\text{мр.ц}}$ - тривалість міжремонтного циклу;

Для окремих видів устаткування, час безперервної роботи якого обмежено конструктивними особливостями (сепаратори, пастеризаційно-охолоджувальні установки й ін.), а також при неповному завантаженні машин дійсний фонд робочого години встановлюється на підставі фактичного режиму роботи в зміну і добу. Термін служби деталей визначають на підставі встановлених нормативів, а при їхній відсутності - шляхом накопичення статистичних даних про фактичне зношування.

Дійсний розрахунковий фонд часу роботи обладнання (в годинах).

Таблиця 9.1

Фонд робочого часу	Змінність робіт		
	в одну зміну	у дві зміни	у три зміни
Місячний	175	350	525
Квартальний	525	1050	1575
Піврічний	1050	2100	3150
Річний	2100	4200	6300

Типова структура й тривалість міжремонтних циклів, міжремонтних і міоглядових періодів для окремих видів устаткування передбачені Положенням про систему планово-попереджувального ремонту технологічного устаткування підприємств молочної промисловості, наведені в табл. 9.2.

**Категорія складності і норми часу на ремонтні роботи
для деяких видів технологічного обладнання молочної промисловості.**

Устаткування для виробництва спреїв

Таблиця 9.2

Група обладнання	Структура ремонтних циклів	Тривалість періоду до найблищого ремонту			
		К	С	Т	О
Ємності, накопичувачі, ємкості для нормалізації молока, для дозрівання вершків.	К-О-О-О-О-О-О-О-О- О-О-О-Т-О-О-О-О-О- О-О-О-О-О-О-С-О-О-О- О-О-О-О-О-О-О-О-Т- О-О-О-О-О-О-О-О- О-О-К ¹	48	24	12	1

Машини для дозування, маслоутворювачі, сепаратори	К-0-0-Т-0-0-Т-0-0-Т-0-0-С-0-0-Т-0-0-Т-0-0-Т-0-0-С-0-0-Т-0-0-Т-0-0-Т-0-0-К ¹	36	12	6	2
---	--	----	----	---	---

9.3 Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання

Монтаж обладнання

Установку доставляють в транспортній упаковці. При отриманні установки споживач повинен провести зовнішній огляд тари; якщо тара пошкоджена, виявлено недостачу чи псування виробу, механізмів чи приладів установки, то необхідно скласти відповідний акт.

Після зняття упаковки необхідно провести зовнішній огляд складальних одиниць установки, а також перевірити її комплектність. При виявленні дефектів чи недостачі необхідно скласти акт і відіслати рекламацию заводу-виготовлювачу. Перед монтажем складальні одиниці і деталі установки необхідно очистити від консервуючого мастила. Поверхні, що мають контакт з продуктом, потрібно очистити згідно „Інструкції по санітарній обробці обладнання молочної промисловості”.

Потрібно підготувати майданчик для монтажу і розміщення установки, обладнати її підведенням трифазного струму, води, стиснутого повітря.

Монтаж установки необхідно виконувати відповідно до складальних креслень.

Маслоутворювач, плунжерний насос, регулятор холодоносія та шафу управління установки необхідно встановити по рівню за допомогою

регульованих опор на рівній підлозі. Плуджерний насос встановлюється поблизу від ванн нормалізації.

При складанні маслоутворювача продуктові та охолоджуючі пластини повинні встановлюватись згідно їх порядковій нумерації, початок нумерації від опорної плити.

Електромонтаж установки необхідно проводити відповідно до схеми підключення.

Особливу увагу необхідно звернути на правильність підключення електродвигунів. Напрямок їх обертання повинен відповідати напрямку стрілок, що нанесені на приводі.

Після завершення монтажу установки необхідно провести перевірку продуктової та охолоджуючої систем на герметичність, шляхом підведення води під тиском 0,58 МПа відповідно з обліком правил перевірки. Протікання виявляється візуально і усувається.

Герметичність пневмосистеми перевіряється шляхом подачі стиснутого повітря під тиском 0,5 – 0,6 МПа при закритому редукційному клапані.

Місця просочування повітря виявляються візуально при допомозі мильного розчину. Просочування повітря недопустиме.

Експлуатація обладнання

При пуску маслоутворювальної установки необхідно:

- а) короткочасним включенням перевірити нормальну роботу установки, відсутність сторонніх шумів;
- б) відкрити повітряний кран в системі;
- в) за 2-3 хв до пуску насоса відкрити запірний вентиль для подачі холодоагенту в теплообмінні секції;

г) відкрити кран ванни, з яких буде перекачуватися високожирні вершки в маслоутворювач;

д) включити насос для вершків.

У початковий момент роботи маслоутворювача недостатньо охолоджене масло повертається назад в ванну, поки існує несталий температурний режим охолодження.

Режими роботи маслоутворювача, при якому можна отримати максимальну продуктивність і гарну якість масла по консистенції і термостійкості, повинні встановлювати і уточнювати фахівці з урахуванням місцевих умов.

Ремонт обладнання

Ремонт маслоутворювальної установки проводять відповідно до графіку, наведеному в табл. 9.2.

Система планово-попереджувального ремонту (ППР) складається з наступних основних заходів: міжремонтного обслуговування, профілактичних оглядів і ремонтів обладнання на основі застосування сучасних технологій ремонту; організації забезпечення підприємств запасними деталями та вузлами, та їх зберіганням; розробки нормативів трудоемності ремонту, простоїв обладнання в ремонті; підбору робочих креслень на деталі та вузли.

Система ППР включає наступні види робіт по технічному нагляду і ремонту обладнання: міжремонтне обслуговування; профілактичні огляди; поточний ремонт; середній ремонт; капітальний ремонт.

Позапланові роботи, які виникають при аварії або при незадовільній експлуатації обладнання, системою не враховуються.

Відповідальність за загальну організацію і проведення заходів по ППР на підприємствах покладається на головного інженера і головного механіка.

Міжремонтне обслуговування є повсякденною роботою профілактичного характеру і включає нагляд за виконанням правил технічної експлуатації обладнання, а також своєчасне усунення дрібних несправностей і регулювання механізмів. Огляд обладнання – це робота профілактичного характеру, яка виконується по плану через відповідні проміжки часу.

При огляді обладнання усуваються дрібні несправності і виявляють об'єм роботи, який слід виконати при наступному плановому ремонті. Огляди проводять по встановленому графіку. Результати огляду заносять в журнал прийому – задачі зміни. Поточний ремонт – це такий мінімальний по об'єму вид ремонту, який забезпечує нормальну експлуатацію обладнання до наступного планового ремонту. Поточний ремонт проводять на місці встановлення обладнання силами цеха.

Суть середнього ремонту полягає в оновленні експлуатаційних характеристик обладнання шляхом ремонту або заміни тільки зношених чи пошкоджених складових частин.

При середньому ремонті може виконуватися капітальний ремонт окремих вузлів. Капітальний ремонт полягає в повній розробці і дефектації машин (апаратів), в заміні або ремонті всіх зношених вузлів та деталей, в тому числі базових.

Після капітального ремонту продуктивність машини (апарата) повинна бути не меншою паспортної величини, а при модернізації, навіть, більшою.

Капітальний ремонт виконують силами ремонтно-механічних цехів і участків або спеціалізованими організаціями (підрядний спосіб).

10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування

У наш час впровадження автоматизації у всіх галузях народного господарства – один із головних напрямків створення сучасного виробництва. Цьому питанню приділяється велика увага. Сучасна харчова промисловість – високо механізовані підприємства, які потребують комплексної автоматизації.

Автоматизація технологічних процесів є важливим засобом підвищення продуктивності праці, скорочення витрат матеріалів та енергії, підвищення якості продукції, впровадження прогресивних методів керування виробництвом та підвищення ефективності праці.

Впровадження автоматизації в виробництво молока та молочних продуктів дозволяє здійснити контроль та регулювання основних параметрів, що забезпечує високу якість виробленої продукції.

Розрізняють такі ступені автоматизації :

- а) часткова, при якій автоматизовано окремі ділянки виробництва або процесу, їх взаємного зв'язку між собою;
- б) комплексна, при якій автоматизовано всі основні або допоміжні ділянки процесів.

Поряд з локальними системами управління основними технологічними процесами запроваджується централізовані системи на базі управляючих ЕОМ та мікропроцесорних контролерів.

Зокрема, велику увагу приділяють автоматизації процесів на ділянці теплової обробки молока, які впливають на якість продукції, втрати сировини і енергії. Концентрація виробництва, зростання потужностей підприємств,

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	19-1705.МР.13.010 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/5

використання неперервних способів виробництва, оснащення підприємств новим високопродуктивним обладнанням – створюють передумови для запровадження Автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП). Застосування АСУТП обумовлено значним економічним ефектом, який досягається завдяки: забезпеченню заданих якісних показників продукції в незалежності від суб'єктивних факторів, зниженню трудоємності процесів виробництва, підвищенню культури виробництва.

Системи АСУТП на базі мікропроцесорних контролерів дозволяють реалізувати «гнучкі» алгоритми управління, змінювати алгоритми керування без демонтажу системи шляхом перепрограмування, при цьому розширюються і функціональні можливості системи.

Опис функціональної схеми автоматизації

1. Вимірювання маси молока на вагах здійснюється електротензометричним пристроєм для автоматичного зважування продуктів в ємностях, типу 1858 УТВ-(1а);
2. Контроль рівня у зрівнювальному баці здійснюється за допомогою поплавка;
3. Автоматичний контроль та регулювання рівня молока в збірниках;
4. Автоматичний контроль тисків на ділянках технологічної схеми;
5. Автоматичний контроль та регулювання витрат молока до та після теплообмінника;
6. Контроль температури на виході із сепаратора-молокоочисника;
7. Контроль температури пастеризованого молока на виході із трубчастого стерилізатора;
8. Контроль температури молока на виході із секції охолодження здійснюється термометром ТПТ-4;

9. Автоматичне програмно-логічне і ручне дистанційне управління здійснюється електроприводами та клапанами.

Керування всіма технологічними процесами здійснюється за допомогою мікропроцесорного контролера «Siemens».

Сигнали про t^0 молока надходить до логічного мікропроцесорного контролера (19-1), який регулює t^0 пастеризації молока, діючи на подачу води в теплообмінник для підігріву молока через пневматичний виконавчий механізм (5г). Якщо t^0 молока на виході з секції пастеризації буде $<t^0$ пастеризації то система управління повертає молоко на повторну обробку.

Для контролю рівня мін молока в збірнику використовується система сигналізації, яка складається з датчиків (4а, 4б), і має вихід на контролер, який управляє виконавчим механізмом (4д) встановленим на трубопроводі.

Ручне дистанційне управління електроприводами насосів, сепаратора, гомогенізатора здійснюють системи, які складаються з магнітних пускачів NS, кнопок дистанційного управління H/SBi, перемикачів режиму управління HS/SAi і мають вихід на контролер для програмного управління електроприводами.

Згідно схеми автоматизоване управління технологічним процесом ділянки, здійснюється з пункту управління, де розміщено щит управління і постійно знаходиться оператор.

На щиті управління сконцентроване технічні засоби що дозволяють здійснювати контроль і регулювання параметрів .

Обґрунтування вибору системи технічних засобів автоматизації

При виборі системи автоматизації слід виходити з структурних і алгоритмічних особливостей, умов роботи і вимог до якості роботи проектованої системи. Для забезпечення таких вихідних даних необхідна однорідність вимог до апаратної частини, а також невелика інерційність

об'єкта . Сучасні автоматичні пристрої дозволяють швидко обробляти та приймати значно більшу кількість інформації, ніж це доступно людям. Дякуючи цьому розробляються та втілюються в практику процеси, які важко виконати при звичайному способі керування ними. Автоматизація технологічних процесів є одним із вирішальних факторів, підвищення рівня виробництва та покращення умов праці. Всі наявні виробничі об'єкти та ті які будуються в тій чи іншій мірі забезпечуються засобами автоматизації. При технічно грамотному підборі засобів автоматизації підвищується випуск продукції, знижується її собівартість, скорочується кількість обслуговуючого персоналу, практично виключаються аварійні ситуації.

Завдання на розробку АСУТП наведено в табл.10.1

Таблиця 10.1

№	Обладнання	Кількість	Параметр	Система АСУТП			Місце контролю
				Вид системи	Характер контролю, регулювання	Додаткові вимоги	
1	Збірник молока	1	Рівень мінім., номін	Контроль Управління Регулювання	Сигналізація Автоматична і ручна, дистанційна стабілізація	Світлова, звукова сигналізація Дія на подачу молока	Щит -П- По місцю
2	Теплообмінник	1	t^0 Пастеризації	Контроль Регулювання Управління	Покази, запис Сигналізація Стабілізація Автоматичне і ручне блокування	Світлова Дія на подачу пари Дія на потік молока	Щит -П- -П-
3	Підігрівач води	1	t^0	Контроль	Покази, сигналізація	Світлова	-П-
4	Трубопровід молока	2	Витрати	Контроль Регулювання	Покази, стабілізація	Дія на подачу молока	-П- по місцю
5	Паропровід Гомогенізатор Сепаратор	3	Тиск	Контроль	Покази		-П-
6	Електроприводи	5	Стан	Контроль Управління	Сигналізація Автоматичне і ручне дистанційне	Світлова, звукова Пуск стоп	Щит по місцю
7	Запірні клапани	2	Стан	Контроль Управління	Покази, Автоматичне регулювання	Відкрити, закрити	Щит -П-

Специфікація на пристрої і засоби автоматизації

Таблиця 10.2

Пара-метр	Зна-чення пара-метру	Місце вста-новлення	Назва приладу та коротка його характеристика	Тип моделі	Кіль-кість	Завод виго-товлювач
Темпе-ратура	0-100°C	Трубопро-води і в ємностях	Термометри опору типу ТСП-175. Межі вимірювання 50...150°C, градування М50	ТСП-175	6	м.Львів (НВО) "Термо-прилад"
Темпе-ратура	0-100°C	По місцю	Багатоточковий АЕМ типу КВМ-1 -507. Клас точності 1. Шкала 0...100°C	КВМ-1-507	2	м.Львів (НВО) "Термо-прилад"
Темпе-ратура	0-100°C	По місцю, в трубо-проводі	Електропневматичний клапан ЕПК 1/4.Дистанційне керування вимикачем ВТ-1, сигналізується лампочкою.	ЕПК-1/4 ВТ-1	4	м.Львів (НВО) "Термо-прилад"
М1-М4			Пускова і сигнальна апаратура електродвигунів, насосів, приводів маслоутворювача та мас-лообробника	ПМЕ-122 ПМЕ-22	4	Siemens GmbH
Тиск	0,1-0,5 МПа	Трубо-проводи	Мановакуометр МЕД, 22364 -0,1÷0÷+0,9 Клас точності 0,5	МЕД, 22364	3	м. Харків ООО «НПП «УАМ» (UAM)

11. Заходи з охорони праці

Згідно із Законом України «Про охорону праці» служба охорони праці створюється власником або уповноваженим ним органом на підприємствах, в установках, організаціях незалежно від форм власності та видів їх діяльності для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів спрямованих на запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням і аваріям в процесі праці.

Служба охорони праці вирішує завдання:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів праці;
- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працівників;
- професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Служба охорони праці входить до структури підприємства, установи, організації, як одна з основних виробничо-технічних служб.

Ліквідація служби охорони праці допускається тільки в разі ліквідації підприємства.

Фінансування заходів з охорони праці

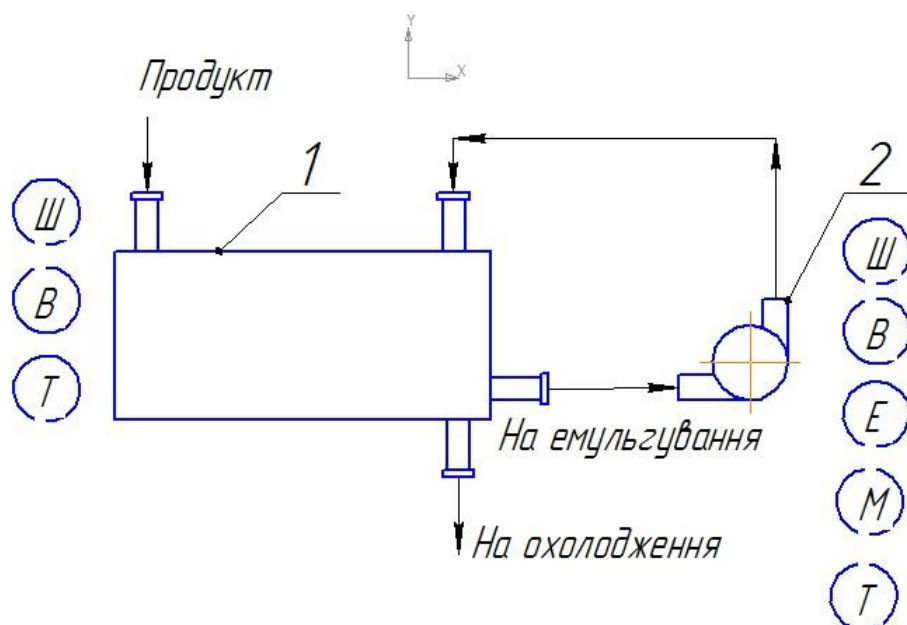
Фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем.

Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм поліпшення стану

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Заходи з охорони праці	19-1705.MP.13.011 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12

безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається, поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у державному і місцевих бюджетах. Для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 відсотка від суми реалізованої продукції. На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються в державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2 відсотка від фонду оплати праці. Суми витрат з охорони праці, що належать до валових витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначаються згідно з переліком заходів та засобів з охорони праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації обладнання



де, 1-ванна

2-емульсор

Умовні позначення шкідливих і небезпечних чинників:

Ш-шум;

В-вібрація;

Т-тепловиділення;

Е-електронебезпека.

Мікроклімат

Для забезпечення здорових безпечних умов праці оточуюче повітряне середовище на виробництві повинно відповідати встановленим санітарно-гігієнічним нормативам. Серед цих нормативів особливе значення належить мікрокліматичним умовам на робочому місці, так як для харчових виробництв є характерним виділення теплоти та вологи.

Допустимі значення мікроклімату в цеху наведено в табл. 11.1

Таблиця 11.1

Пора року	Параметри	Оптимальні норми	Допустимі норми
Холодна пора	температура	19...21	18...22
	відносна вологість	40...60	75
	швидкість повітря	0,1	Не більше 0,1
Тепла пора	температура	20...22	18...24
	відносна вологість	40...60	65
	швидкість повітря	0,1	0,2

Шум

Одним із найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину, являється шум. Він завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втрати, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці.

Все це є однією з причин збільшення економічних утрат.

Для визначення шумових характеристик технологічного обладнання можна використовувати чотири методи.

Перший метод - метод вільного звукового поля, який застосовується в заглушених камерах, в приміщеннях із великим звукопоглинанням чи у відкритому просторі.

Наступний метод - це метод зразкового джерела шуму, який можна застосовувати у звичайних приміщеннях та цехах.

Останній метод - метод вимірювання шумових характеристик на відстані 1 м від зовнішнього контуру машини, який застосовується в заглушених камерах, у приміщеннях із великим звукопоглинанням або у відкритому просторі.

В результаті вимірювання шуму на робочих місцях в цехах підприємств молочної промисловості була розроблена класифікація цехів і ділянок по шумності.

Цех, у якому розташоване дане обладнання належить до 2-го класу шумового режиму. Для зниження шуму в даному цеху застосовується звукопоглинаюче покриття стін.

Зниження шуму методом звукопоглинання базується на переході енергії звукових коливань частинок повітря в теплоту завдяки втратам на тертя в порах звукопоглинаючого матеріалу. Чим більше коливається енергія, тим менше її відбивається назад в приміщення.

Заходи по зниженню шуму у виробничих приміщеннях.

Для зниження шуму в промислових умовах на підприємстві молочної промисловості можуть бути використані такі п'ять методів: зменшення шуму в джерелі його виникнення; зміна напрямку випромінювання від джерела шуму; будівельно-акустичний; зменшення шуму на шляху його розповсюдження.

Зниження шуму в джерелі його виникнення є найбільш раціональним. Захист від шуму будівельно - акустичним методом треба проектувати на підставі акустичного розрахунку, який дозволяє визначити в розрахункових точках очікувані рівні звукового тиску та зіставити з нормованими. Для зниження шуму всередині промислових приміщень проводять їх акустичну обробку, яка полягає в розміщенні на внутрішніх поверхнях приміщень звукопоглинаючих матеріалів. В якості звукопоглинаючих матеріалів використовують: супертонке скловолокно, капронове волокно, мінеральна вата, мінераловатні плити та ін.

Шкідливий вплив шуму є причиною багатьох серйозних захворювань, діючі на нервову систему. Шум викликає передчасну втому, послаблює увагу, пам'ять, заважає нормальному відпочинку та відновленню сил.

У випадках, коли зменшити шум до допустимої величини загально технічними заходами неможливо, застосовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). В молочній промисловості рекомендується застосовувати наступні ЗІЗ: вкладиші протишумові з матеріалу ФПП-Ш для захисту від високочастотного шуму з рівнем до 100дБ; протишумові заглушки "Антифони"; каска протишумова ВЦНПОТ-2; навушники протишумові ПШ-10 і деякі інші. Вкладиші, які виготовлені з перхлорвинілу типу ФПП, найбільш зручні, завдяки еластичній структурі та малому діаметру волокон вони не руйнують шкіру зовнішнього слухового каналу. Такі вкладиші еластичні і, заповнюють слуховий канал і не здійснюють неприємної дії на нього.

Вібрація

Збільшення потужностей та швидкостей переміщення продукту за рахунок модернізації обладнання призводять до збільшення таких небажаних явищ, таких як вібрація. Вібрація не тільки погіршує самопочуття працюючих і знижує продуктивність праці, а й може призвести до серйозних патологічних змін організму людини. Комплексна механізація й автоматизація підприємства є радикальним способом позбавлення людини від шкідливого впливу вібрацій.

Органи відчуття людини приймають не миттєве значення параметрів вібрацій, а діюче.

Заходи по зниженню вібрації у виробничих приміщеннях:

Основою профілактики вібраційної хвороби є застосування обладнання і інструментів з параметрами вібрації, що не перевищують рекомендовані відповідними ДСТУ, а також уведення прогресивних технологій, які зменшують дію виробничої вібрації на робітників.

При конструюванні вібробезпечних машин застосовують методи, які виключають резонансні режими роботи.

Застосовують вібропогашення - це зниження рівня вібрацій машин і агрегатів, встановленням її на віброізолюючі фундаменти. Віброізоляція - це зниження рівня вібрації об'єкта шляхом зменшення коливань, які передаються йому від джерела.

Освітлення

У виробничих, адміністративних та допоміжних приміщеннях підприємств молочної промисловості застосовується бокове природне та загальне штучне освітлення. На території заводів передбачено штучне охоронне освітлення. Для робочого освітлення у виробничих приміщеннях застосовуються люмінесцентні лампи, для охоронного освітлення лампи

розжарювання. Інтенсивність робочого та охоронного освітлення не менше 75 Лк. Крім того на заводах передбачено аварійне освітлення (інтенсивність не менше 5 Лк), яке використовується у аварійних ситуаціях. Світильники аварійного освітлення вмикаються автоматично.

Оптимальна інтенсивність освітлення робочих місць визначається типом виконуваних робіт. Чим точніша робота, чим менший розмір деталі, чим темніший фон, чим більша забрудненість простору, чим більша відстань, тим більшим і рівномірнішим повинно бути освітлення.

Наприклад, для робіт високої точності з діаметром об'єкта 0,1—0,3 мм при малому контрасті об'єкта і фону найменше освітлення люмінесцентними лампами становить понад 200 лк. Для неточних робіт з об'єктом діаметром більше 10 мм незалежно від яскравості фону і контрасту найменший рівень освітлення становить 100 лк.

На підприємстві передбачено також евакуаційне освітлення в основних проходах та сходових клітинах для евакуації персоналу у надзвичайних ситуаціях. Інтенсивність даного освітлення 2 Лк.

Передбачено встановлення біля кожного пожежного гідранта світильника – покажчика на висоті не менше 2,5 м від нього.

Електробезпека

Підприємство молочної промисловості відноситься до категорії з підвищеною електробезпекою. Тому застосовуються такі заходи по електробезпеці. Біля пультів і всередині щитів є захисні килими. Вся пускова апаратура встановлена в вологозахисному виконанні.

а) Захисне занулення.

Для електрообладнання в приміщеннях з нормальним середовищем в якості захисних провідників повинні бути використані нулеві робочі жили кабелів, з'єднаних з заземленою нейтраллю трансформаторної підстанції потужністю 2х1600 кВА, напругою 6/0,4 кВ.

Занулення електрообладнання (електродвигунів, магнітних пускачів, вимикачів шляхових та ін.) в вибухонебезпечних приміщеннях необхідно виконувати лише приєднанням спеціальної нульової захисної жили кабелю до занулюючого контакту в ввідному пристрої електрообладнання. Нульова жила кабелю приєднується до заземленої нейтралі існуючої трансформаторної підстанції потужністю 2х1600 кВА, напругою 6/0,4 кВ.

Вторинний контур заземлення з смугової сталі розміром 25х4 мм прокладається по стінах по периметру приміщення на висоті 0,4 м від рівня підлоги і є допоміжним захисним засобом.

Зовнішній контур заземлення виконується з електродів з круглої сталі діаметром 6 мм довжиною 5 м, з'єднаних між собою смуговою сталлю розмірами 40х4 мм, що покладена на глибині 0,5 м від рівня землі.

Всі з'єднання заземлювачів виконуються зварюванням. Проходи магістралі заземлення крізь фундаменти повинні виконуватись в водогазопровідних трубах.

б) Захист від електростатичної індукції.

Захист від електростатичної індукції здійснюється шляхом приєднання сталлююю катанкою Ø6 мм металічних корпусів всього обладнання і апаратів, а також металічних конструкцій до захисного заземлюючого пристрою приміщення.

в) Захист від електромагнітної індукції.

Захист від електромагнітної індукції виконується в виді пристрою через кожні 25... 30 м металевих перемичок між трубопроводами і іншими простягнутими металічними предметами в місцях їх взаємного зближення на відстань менше 10 см.

г) Захист від високих потенціалів.

На вході в приміщення цеху всі підземні металеві комунікації і зовнішні наземні металеві конструкції необхідно приєднати до захисного заземлюючого пристрою приміщення.

д) Індивідуальні засоби захисту.

Кожний працюючий забезпечується відповідним спецодягом, взуттям і захисними засобами для виробництва і ремонту обладнання, що відповідають відповідним стандартам. До захисних засобів відносяться: окуляри, респіратори, запобіжні пояси, діелектричні рукавиці, ізолюючі шланги, плоскогубці та ін.

Захисне приладдя зберігається як цеховий інвентар і видається по мірі потреби під час виконання робіт, крім приладдя, яке знаходиться в чергового персоналу та передається позмінно.

е) До колективних заходів відносяться: запобігання дії електричного струму; занулення, захисні відключення і різні огорожі.

Заходи протипожежної охорони

Будівля цеху II-го ступеня вогнестійкості. У відповідності з класифікацією виробництва по вибухопожежній і пожежній небезпеці відноситься до категорії Д.

Протипожежна безпека досягається використанням конструкцій та матеріалів, які мають необхідну межу вогнестійкості і забезпечують будівлі необхідну ступінь вогнестійкості згідно СНиП 2.01.02-85 „Протипожежні норми" і СНиП 2.09.02-85 „Виробничі споруди".

В будівлі передбачені протипожежні заходи як архітектурним рішенням планування приміщень, так і використанням інженерних мереж і систем.

Внутрішнє планування приміщень забезпечує повну і безпечну евакуацію людей. Двері в приміщеннях передбаченні шириною не менше 800 мм, з відкриванням їх в бік евакуаційних виходів.

В доступних місцях встановлюються вогнегасники та обладнується пожежний щит з набором необхідних інструментів та інвентарю.

Керівництво наказом визначає коло осіб, відповідальних за протипожежний стан, розробляє та вирішує на видних місцях шляхи евакуації працюючих.

Передбачено первинні засоби пожежогасіння, до яких належать:

- вогнегасники;
- пожежні крани-комплекти, ручні насоси
- лопати, ломи, сокири, гаки, пили, багри;
- ящики з піском, бочки з водою;
- азбестові полотнища, повстяні мати та ін.

Первинні засоби пожежогасіння розміщують на пожежних щитах, які встановлюють на території цеху з розрахунку один щит на 5000м². Вони мають бути пофарбовані у червоний колір, а пожежний інструмент у чорний.

Загальна розрахункова витрата води на гасіння пожежі складається з витрат води на зовнішнє (від гідрантів) і внутрішнє (від внутрішніх пожежних кранів) гасіння і визначається за формулою:

$$G = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (n_1 + n_2)}{1000}$$

де 3600 і 1000 - перевідні коефіцієнти відповідно годин в секунди і літрів в м³; n₁ та n₂ – витрати води відповідно на внутрішнє та зовнішнє пожежогасіння (n₁ = 5 л/с; n₂ = 20 л/с); тривалість гасіння пожежі приймаємо 3 години.

$$G = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 20)}{1000} = 270 \text{ м}^3$$

Отже, для забезпечення гасіння пожежі протягом трьох годин необхідно 270 м³ води.

Техніка безпеки при експлуатації обладнання

Для безпечної експлуатації установки щодо пожежної безпеки виконуються наступні вимоги:

- дотримання всіх частин установки режиму роботи відповідно паспортних даних і технологічного регламенту;

- оснащення установки пристроями для запобігання накопичення статичної електрики;
- дотримання терміну своєчасного змащування відповідними мастилами, для запобігання підвищенню температури підшипників (не вище 60°C);
- установлення на обладнанні граничних норм завантаження, швидкості переробки;
- виключення вогневих робіт з одночасним розбиранням обладнання;
- дотримання своєчасного проведення оглядів, профілактичного випробування і планово-попереджувального ремонту.

Для роботи на обладнанні може бути допущений персонал, який пройшов навчання і ознайомився з правилами безпечної експлуатації.

Перед пуском технологічного обладнання необхідно перевірити правильність складання всіх деталей обладнання і впевнитись у відсутності сторонніх осіб біля машини.

Кнопка вмикання електродвигуна має бути змонтована легкодоступному місці. Підходи до кнопки не можна захищувати сторонніми предметами. Електродвигуни мають бути заземленим.

Забороняється працювати на даному обладнанні при наявності сторонніх шумів, при підвищеній вібрації масловиготовлювача, зношенні підшипників, виявленні у робочих ємностях сторонньої рідини.

Починати розбирання обладнання можна тільки після повної його зупинки. Вузли і деталі розбирати і складати можна лише за допомогою призначених для цієї мети інструментів і пристроїв. Застосовувати випадкові предмети заборонено.

В цеху повинно бути чисто, не допускається наявність бруду та слизкості.

Цех повинен бути добре освітленим, але так, щоб світло не заважало зору.

Пропозиції щодо покращення умов праці

- Забезпечення працюючих необхідними правилами та інструкціями;
- Контроль машин, механізмів, устаткування, технологічних процесів щодо їх відповідності нормативним актам про охорону праці.
- Забезпечення персоналу колективними та індивідуальними засобами захисту від шкідливих та небезпечних факторів виробництва, лікувально-профілактичним харчуванням, миючими засобами, санітарно - побутовими приміщеннями.
- Рекомендується застосування матеріального заохочення працівників, які сумлінно ставляться до виконання виробничих обов'язків і беруть активну участь у підвищенні безпеки та поліпшенню умов праці.

12. Охорона довкілля.

Екологічний стан України нині наближається до кризового. Охорона навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід’ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

З цією метою Україна здійснює на своїй території екологічну політику, спрямовану на збереження безпечного для існування живої і неживої природи навколишнього середовища, захисту життя і здоров’я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням навколишнього природного середовища, досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи, охорону, раціональне використання і відтворення природних ресурсів.

Закон України „Про охорону навколишнього природного середовища” визначає еколого-правовий механізм охорони навколишнього природного середовища, як сукупність організаційно-управлінських, економічних, адміністративно – правових методів, за допомогою яких практично і реалізується головна мета даного закону.

Охорона навколишнього природного середовища є актуальною проблемою для підприємств молочної промисловості. На сучасних підприємствах повинно відводитись належне місце заходам щодо забезпечення безпечного стану навколишнього середовища.

Захист навколишнього середовища на підприємствах харчової промисловості складається з ряду заходів – виявлення джерел забруднень та їх локалізації. Особливе місце серед природоохоронних заходів займають заходи щодо впровадження безвідходних технологій.

При технологічному процесі виробництва різних молочних продуктів утворюється значна кількість рідких забруднюючих стоків.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона довкілля	19-1705.МР.13.012 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

В зв'язку з цим необхідне проведення спеціальних заходів для очищення стоків та інших викидів у навколишнє середовище.

Утворення викидів у технологічних процесах можуть бути викликані наступними причинами:

- недосконалість технологій та обладнання;
- недостатня автоматизація технологічних процесів;
- тривала експлуатація обладнання без профілактичних заходів.

Розглянемо стан забруднення навколишнього середовища молокопереробним підприємством на прикладі ТДВ «Золотоніський маслоробний комбінат».

Основним джерелом забруднення на ТДВ «Золотоніський маслоробний комбінат» є промислові відходи після миття обладнання, установок допоміжних виробництв, котельної, компресорної. Підприємство споживає велику кількість води для технологічних потреб, тому стічні води насичені органічними сполуками. Велика концентрація цих сполук в стічних водах зумовлена втратами сировини в процесі виробництва.

Внаслідок використання великої кількості води в технології виробництва харчових продуктів ТДВ «Золотоніський маслоробний комбінат» утворюється велика кількість стічних вод. Склад стічних вод, що утворюються на підприємстві, наведено в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1

Склад стічних вод ТДВ «Золотоніський маслоробний комбінат», мг / дм³

Завод	Сухий залишок	Залишок після прожарювання	Загальний азот	P_2O_5	K_2O	CaO	Na_2O	Cl^-
«ТДВ «Золотоніський маслоробний комбінат»»	763	320	36	18	23	40	45	24

Як видно з таблиці 12.1, стічні води забруднені переважно органічними домішками, що є залишками сировини.

Стічні води є потужним джерелом забруднення довкілля, їх поділяють на чотири види: виробничі, теплообмінні, господарсько-побутові та зливові. Результати розширеного аналізу складу стічних вод даного підприємства молочної промисловості наведені в таблиці 12.2.

Таблиця 12.2

Результати розширеного аналізу складу загального стоку ТДВ «ЗМК»

Підприємство	Завислі речовини, мг/дм ³	ХСК,мг O ₂ /дм ³	БСК,мг O ₂ /дм ³	Жири, мг/дм ³	Хлориди, мг/дм ³	Азот загальний, мг/дм ³	Фосфор, мг/дм ³	pH
ТДВ «ЗМК»	350	1400	1200	100	150	60	8	6,5-8,5

Основна кількість стічних вод на ТДВ «Золотоніський маслоробний комбінат» пов'язана з мийкою технологічного обладнання, трубопроводів, автоцистерн. Мийка здійснюється розчинами лугів, кислот, хлору. Загальний стічний викид формується з усіх стічних потоків підприємства і впродовж доби має сталий хімічний склад.

Незначна кількість стічних вод утворюється за рахунок побутових потреб, пов'язаних з підтримкою необхідного санітарно-гігієнічного стану виробничих приміщень, а також вологого прибирання території.

Для зменшення кількості стічних вод використано систему зворотного водопостачання. Водовідведення відбувається шляхом скиду стічних вод в заводський колектор, а також міський колектор.

Скидання стічних вод у водні об'єкти після очищення на загальноміських очисних спорудах регламентується нормативами гранично допустимих скидів (ГДС) забруднювальних речовин. Враховуючи обмежені очисні можливості загальноміських очисних споруд, управління з

експлуатації цих споруд встановлюють для своїх абонентів-підприємств – ліміти скиду стічних вод за кількістю і складом. Для збереження встановлених лімітів здійснюється локальне очищення промислових стічних вод, як правило, на самому підприємстві.

ГДС – це нормативи гранично допустимих скидів речовин, які відводяться зі стічними водами в одиницю часу, що надає змогу забезпечити збереження норм якості в контрольному створі водного об'єкта за найгірших умов водокористування. ГДС встановлюється для кожного випуску стічних вод водний об'єкт і для кожного показника якості води визначається як добуток максимальної витрати стічних вод за годину на його гранично допустиме значення:

$$ГДС = Q_{ст} \times C_{ГДЗ} ,$$

де $Q_{ст}$ - максимальна витрата стічних вод за годину, $м^3 / год$;

$C_{ГДЗ}$ - гранично допустиме значення, $г / м^3$.

Рекомендуються такі заходи щодо зниження кількості забруднюючих речовин в стоках заводу:

- встановлення ємності для збору жиромістких елементів після миття технологічного обладнання та трубопроводів;
- передбачена установка для безрозбірної мийки резервуарів;
- передбачено будівництво очисних споруд для доведення вмісту шкідливих речовин в стоках до норм ГДК;
- максимальне зменшення втрат через нещільності на всіх рівнях технологічних процесів;
- організація збору та очищення належним чином стоків ливневих вод.

На ТДВ «Золотоніський маслоробний комбінат», для покращення екологічної обстановки також пропонується раціональне використання водних ресурсів та сучасних методів очищення всіх викидів виробництва, що покращить екологічну обстановку на підприємстві в цілому.

13. Маркетингове обґрунтування проекту

Українські компанії, які виробляють обладнання для виробництва спреїв

ПП «ТХЛ Палладіум» (м. Тернопіль) пропонує надійне і високо-технологічне харчове обладнання власного виробництва, виготовлене за умовами ТУ У 28.9-33768388-001:2017, а також провідних закордонних виробників під замовлення. У каталозі продукції широко представлене все необхідне обладнання для організації повного виробничого циклу - від приймання молока до фасування та пакування молочної продукції.

Молочне обладнання, яке реалізується даним підприємством - спеціальні агрегати, установки та виробничі лінії для таких підприємств молочної промисловості як молочні та молочно-консервні комбінати, масло-і сирзаводи, що здійснюють комплексну переробку сировини і випуск молочної продукції (молоко, сметана, сир, спреди, вершкове масло, згущене молоко, морозиво і багато ін.)

Крім виробництва і постачання обладнання, компанія пропонує повний спектр послуг з монтажу, запуску, ремонту та сервісного обслуговування, а також виконує модернізацію і комплексну реконструкцію молокопереробних та інших харчових виробництв згідно бізнес та проектних документацій.

Компанія ТОВ «ОріонГруп» (Київська обл, с. Крюковщина), що була створена в 1995 році, по праву займає провідні позиції у сфері виготовлення, постачання і монтажу ємнісного обладнання в Україні та за її межами. Компанія виготовляє ємності з нержавіючої сталі об'ємом від 0,01 м³ до 1000 м³. Компанія надає послуги з комплексного механічного монтажу технологічного устаткування і трубопроводів, електромонтажу, ізоляції, налагодження та введення в експлуатацію.

Пропонуються такі технологічні рішення з використанням сучасних технологій виробництва:

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		19-1705.MP.13.013 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

- Автоматичні системи мийки CIP;
- Лінії ESL (тривалий термін зберігання продукту), мікрофільтрація;
- Сепарація, гомогенізація, нормалізація молока;
- Ємності зберігання продукту і стерильні ємності;
- Інтеграція дозуючих і пакувальних систем;
- Системи клапанів, трубопроводів в гігієнічному та стерильному виконанні;
- Комплексні рішення по автоматизації.

ТОВ «ВКФ УкрЮжМолпром» (м. Одеса).

Вітчизняний виробник обладнання для харчової промисловості "УкрЮжМолпром" пропонує великий вибір сучасного устаткування. В наявності лінії переробки молока, універсальні міні-цехи, масловиготовлювачі, ємності для різних завдань (термоусадка, зберігання, формування) та багато іншого обладнання для молочної промисловості. Обладнання виготовлено з харчової нержавіючої сталі, що забезпечує його надійність та безпечність.

ТОВ «ІНПРОМІНОКС» (м. Дніпро).

ТОВ «ІНПРОМІНОКС» здійснює інжиніринг, виготовлення, поставку та монтаж ємнісного і технологічного обладнання з нержавіючої сталі для виноробної, лікеро-горілчаної, молочної, хімічної і фармацевтичної промисловостей.

Накопичений досвід дозволяє компанії успішно реалізовувати найскладніші проекти. На заводі виробляються ємності з нержавіючої сталі будь-якого обсягу, конструкцій і призначення.

Поставляючи обладнання, ТОВ «ІНПРОМІНОКС» забезпечує технічне і гарантійне обслуговування, поставку запчастин і навчання персоналу. При виробництві продукції, яку постачає ТОВ «ІНПРОМІНОКС» діє система управління якістю відповідно до ISO 9001-2000, що забезпечує високий рівень якості та надійності.

Сталь, що застосовується для виготовлення ємностей – AISI 304, AISI 316, яка відповідає всім вимогам та нормам ЄС для харчових продуктів, холоднокатана, листова з двостороннім захисним покриттям.

Пропонуються наступні види обладнання.

1. Ємності для приймання і зберігання молока різного об'єму і призначення. У тому числі – ємності-охолоджувачі, ємності для приймання молока, молочно-кислого бродіння, розведення чистої молочної культури молочно-кислою бактерією, приготування розсолу і т.д.
2. Теплообмінні апарати та установки. Пастеризаційно-охолоджувальні установки для охолодження молока в безперервному потоці, пастеризатори резервуарного типу і т.д.
3. Обладнання для переробки молока: сепаратори, молокоочисники, вершковідділювачі, гомогенізатори, установки для мембранної фільтрації та насоси для молочної продукції.
4. Лінії для виготовлення молочної продукції – згущеного молока, розмішування сухого молока.
5. Системи централізованої мийки.

Враховуючи підтверджену вище наявність сучасних вітчизняних виробників обладнання для виробництва спредів, запропоноване нами технічне рішення може бути реалізоване силами цих виробників обладнання, що забезпечить значно нижчу, в порівнянні з закордонними виробниками, його ціну та вартість доставки, а також подальшого обслуговування.

Висновки

В даній магістерській роботі пропонується удосконалення лінії виробництва спредів шляхом встановлення модернізованого емульсора Я5-ОММ, маслоутворювача Я5-ОМС та пастеризаційної установки Я5-ОВІ з метою підвищення якості продукту.

При встановленні в технологічну лінію виробництва спредів емульсора Я5-ОММ прогнозований час емульгування суміші масою 3т скоротиться з 90 до 25 хв порівняно з типовою схемою технологічної лінії, яка передбачає емульгування суміші насосом Г2-ОБД. З огляду на періодичний режим отримання технологічно стійких емульсій, робоча продуктивність по продукту складе відповідно для емульсора Я5-ОММ 6 т/год, при споживаній потужності $2,5 \pm 0,1$ кВт, а відцентрового насоса Г2-ОБД - 2 т/год, при споживаній потужності - $4,2 \pm 0,1$ кВт. Економія електроенергії (при обсягах виробництва спредів 10 т на добу) складе 17,5 кВт/год на добу, або (при річному обсязі виробництва спредів 3050 т) 5337,5 кВт/год на рік.

Підвищення інтенсивності механічного впливу на емульсію в емульсорі Я5-ОММ (шляхом зростання частоти обертання ротора з 1500 до 3000 об/хв) суттєво підвищує стійкість емульсії. Рациональна тривалість емульгування при інтенсивності обробки 3000 об/хв становить 1,5хв. Кількість дестабілізованого жиру при цьому знаходиться на рівні 30%. При цьому отримується тонкодисперсна жирова емульсія з розмірами жирових кульок, порівнянними з такими для натуральних молочних вершків (1,5-2мкм).

Прогнозується, що використання емульсора з удосконаленим ротором дозволить за рахунок кавітаційних явищ ще підвищити ефективність емульгування на 6-12% в залежності від швидкості обертання ротора при тих же тривалості процесу і затратах енергії. Стійкість емульсії при цьому зросте пропорційно: кількість дестабілізованого жиру зменшиться до 24-25%, а розмір жирових кульок – до 1,3-1,4мкм.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки		19-1705.МР.13.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Також розраховано і адаптовано до використання в даній технологічній лінії пластинчастий теплообмінник Я5-ОВІ та маслоутворювач Я5-ОМС-1, що усуне вузькі місця, яке виникнуть після встановлення модернізованого емульсора Я5-ОММ, оскільки його продуктивність значно вища від Г2-ОБД, яким комплектується лінія в базовому варіанті.

Для обґрунтування запропонованого удосконалення лінії виконано необхідні розрахунки та креслення обладнання.

Список використаних джерел

1. Нарижный С.А. Разработка режимов получения технологически стойких эмульсий при производстве спредов: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. НААНУ Технологический институт молока и мяса, Киев, 2012. 218с.
2. Бронюкайтене Н. Метод определения устойчивости жировой суспензо-эмульсии смодифицированной жировой фазой. Проблемы и пути рационального использования сырья в маслоделии и сыроделии: тезисы докл. VII научно-техн. конф. Каунас, 1986. С. 40-41.
3. Долинский А.А., Шурчкова Ю.А. Влияние некоторых параметров на диспергирование жировых шариков при адиабатном вскипании молока в вакууме. Молочная промышленность, № 2. 2002. С. 55-56
4. Фиалкова Е.А Гомогенизация. Новый взгляд: монография-справочник. СПб.: ГИОРД, 2006. 392 с.
5. Шестаков С.Д. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции»: Учебное пособие для вузов СПб.: ГИОРД, 2013. 152 с.
6. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред.. проф. І. Ф. Малежика. К.: НУХТ, 2003. 400с.: іл.
7. Анурьев В. И. Справочник конструктора - машиностроителя [В 3 т.] Москва : Машиностроение, 1982. (Т. 1. - 729 с. Т. 2. - 584 с. Т. 3. - 576 с.)
8. Гальперин Д. М., Миловидов Г. В. Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств. М: Агропромиздат, 1990.
9. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості : Підручник / Ладанюк А. П., Трегуб В. Г., Ельперін І. В., Цюцюра В. Д. Київ : Аграрна освіта, 2001. 224 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Приходько О.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаних джерел	19-1705.MP.13.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

10. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник / Мирончук В. Г. та ін. Вінниця : Нова книга, 2004. 288 с.
11. Цехмістрова, Г. С. Основи наукових досліджень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. К. : ВД “Слово”, 2003. 240 с.
12. Методичні рекомендації до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Обладнання переробних і харчових виробництв» ден. та заоч. форм навчання [Електронний ресурс]. Уклад. В.Г. Мирончук, С.Ю.Лементар, О.А.Єщенко. К.: НУХТ, 2018. 41 с.