

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення вузла охолоджувача маслоутворювача Я7 – ОМ - 3Т

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

(шифр і назва спеціальності)

Хомин В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Шинкарик М.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворощук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

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

Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОХ

Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 17 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Хомину Василю Богдановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення вузла охолоджувача маслоутворювача Я7 – ОМ - 3Т

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

Затверджені наказом ректора від « 16 » листопада 2023 року № 4/7-1062.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт маслоутворювача Я7-ОМ-3Т.

Інструкція з експлуатації, Технологія виготовлення масла.

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

Анотація. Вступ. 1. Характеристика сучасних технологій та обладнання для виробництва вершкового масла. 2. Конструктивні розрахунки маслоутворювача. 2. Методи та методика досліджень. 3. Вплив режимів роботи маслоутворювача Я7-ОМ-3Т на структурно – механічні

властивості масла. 4. Експлуатація маслоутворювача Я7-ОМ-3Т. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки. 5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

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

Маслоутворювач Я7-ОМ-3Т (1 лист А1)

Машинно-апаратна схема виробництва масла (1 лист А1)

Обробник маслоутворювача Я7-ОМ-3Т-М (1 лист А1)

Барaban витискний обробника маслоутворювача Я7-ОМ-3Т (1 лист А1)

Охолоджувач маслоутворювача Я7-ОМ-3Т (2 листи А1)

Залежності в'язкості вершкового масла (1 лист А1)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 17 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Характеристика сучасних технології та обладнання для виробництва вершкового масла		
4	2. Конструктивні розрахунки маслоутворювача.		
5	2. Методи та методика досліджень		
6	3. Вплив режимів роботи маслоутворювача Я7-ОМ-3Т на структурно – механічні властивості масла.		
7	4. Експлуатація маслоутворювача Я7-ОМ-3Т		
8	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
9	5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки		
10	5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях		
11	Висновки		
12	Графічна частина		
13	Маслоутворювач Я7-ОМ-3Т		
14	Машинно-апаратна схема виробництва масла		
15	Обробник маслоутворювача Я7-ОМ-3Т-М		
16	Барaban витискний обробника маслоутворювача Я7-ОМ-3Т		
17	Охолоджувач маслоутворювача Я7-ОМ-3Т		
18	Залежності в'язкості вершкового масла		
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

Студент

_____ (підпис)

Хомин В.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Шинкарик М.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Автор магістерської кваліфікаційної роботи: Хомин Василь Богданович.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Удосконалення конструкції охолоджувача маслоутворювача Я7-ОМ-ЗТ». 133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2023.

В кваліфікаційній роботі проведено удосконалення конструкції маслоутворювача шляхом встановлення для охолодження високожирних вершків пластинчастого скребкового охолоджувача для досягнення на виході із нього температури кристалізації вершків. Циліндрові обробники використовуються для завершення кристалізації масла і забезпечення його фасування у дрібне упакування.

Робота представлена на листах формату А1 та пояснювальній записці на ст.

Ключові слова: маслоутворювач, високожирні вершки, скребковий пластинчастий теплообмінник.

Abstract

The author of the master's thesis: Vasyl Bogdanovych Khomyn.

The topic of the master's qualification thesis: "Improvement of the cooler unit of the oil separator, model YA7-OM-ZT" 133 "Industrial mechanical engineering". - Ternopil Ivan Puluj National Technical University. - Ternopil, 2023.

In the qualification work, the design of the cooling unit of the oil maker was improved by installing a plate-type scraper cooler to reach the cream crystallization temperature at its exit. Cylinder processors are used to complete the crystallization of the oil and ensure its packaging in small packages.

The work is presented on A1 format sheets and an explanatory note is on page

Keywords: oil former, high-fat cream, scraper plate heat exchanger.

Зміст

Анотація	4
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1.Характеристика сучасних технології та обладнання для виробництва вершкового масла	9
1.1. Особливості технологічної лінії виробництва вершкового масла методом перетворення ВЖВ.....	9
1.2. Огляд конструкцій маслоутворювачів для виробництва масла.....	11
1.3. Особливості утворення консестенції масла у маслоутворювачах.	24
1.4.Аналіз вихідної інформації.	27
1.5. Мета і завдання роботи.....	28
2. Конструктивні розрахунки маслоутворювача.	30
2.1 Будова і принцип роботи модернізованого масловиготовлювача Я7-ОМ-ЗТ, вибір конструкційних матеріалів.....	30
2.2.Розрахунок роботоздатності пластинчастого скребкового охолоджувача.	32
2.2.1. Тепловий розрахунок пластинчастого скребкового охолоджувача.	32
2.2.2. Кінематичний розрахунок скребкового пластинчастого охолоджувача.	36
2.2.3. Розрахунок на міцність деталей пластинчастого скребкового охолоджувача.	40
2.2.3.1 Визначення діаметру штанги пластинчастого скребкового охолоджувача.	40

2.2.3.2. Розрахунок притискної гайки.	42
2.3. Розрахунок циліндрового обробника ВЖВ.	44
2.3.1. Тепловий розрахунок циліндрового обробника.	44
2.3.2. Визначення потужності для приводу циліндрового обробника.	46
3. Вплив режимів роботи маслоутворювача Я7-ОМ-3Т на структурно – механічні властивості масла.	53
3.1. Особливості структури масла одержаного способом перетворення ВЖВ.	53
3.2. Дослідження структурно - механічних властивостей масла.	54
4. Експлуатація маслоутворювача Я7-ОМ-3Т	57
4.1. Монтаж маслоутворювача Я7-ОМ-3Т.	57
4.2. Підготовка до роботи апарату і робота апарату.	58
4.3. Порядок роботи маслоутворювача з продуктом.	60
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	61
5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки.	61
5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.	65
Висновки	72
Перелік посилань	73

Вступ

Вершкове масло цінний харчовий продукт, який виготовляють з молочного жиру. Вершкове масло виробляють майже всі молокопереробні підприємства України, яких нараховується біля 192.

Вершкове масло (ВМ) можна розглядати як концентрацію молочного жиру. Крім цього (ВМ) містить білки, лактозу та інші компоненти молока, і характеризуються високою харчовою цінністю та має високу засвоюваність – 98% та 94% відповідно для молочного жиру (МЖ) та для речовин плазми. Масло містить вітаміни А, Е, В і С, що надає йому високої біологічної і харчової цінності. Масло виготовляють з різним вмістом жиру та з різними наповнювачами - додаванням какао, цукру, ваніліну, ягідного соку і ягід, натурального меду.

За останні 5 років обсяги виробництва вершкового масла масовою часткою жиру менше 85% зменшилися на 35%, а за минулий рік – на 19%. У 2022 році було вироблено близько 70,6 тис. тон даного продукту. Причиною такого явища зменшення обсягів виробництва молока для виробництва вершкового масла. За останні 5 років надої молока зменшилися на 10%, і відповідно це впливає на скорочення виробництва молочної групи товарів. Проте на виробництво вершкового масла значний вплив мало зниження ціни на цей продукт в ЄС, та збільшення його імпорتنих поставок в Україну. Саме через це вже у 2020 році імпорт вершкового масла наздогнав обсяги експортних відвантажень, створив конкуренцію українському виробнику та зменшив його зацікавленість в нарощуванні обсягів виробництва. У результаті, в 2020 році імпорт масла склав 8,7 тис. т, що в 4 рази перевищує аналогічний показник попереднього року. Підвищити конкурентоздатність наших підприємств можна двома шляхами – зменшити собівартість виробництва на підвищити якість продукції.

1. Характеристика сучасних технологій та обладнання для виробництва вершкового масла .

1.1. Особливості технологічної лінії виробництва вершкового масла методом перетворення ВЖВ.

Технологічне обладнання заводів з виготовлення молочної продукції (сирзаводи, маслозаводи, виробництво сухого молока та казеїну) включає традиційне обладнання для приймання, зберігання і первинної переробки молока.

Потокові лінії виготовлення масла як вихідну сировину використовують вершки жирністю 38 – 40% , які одержують після первинного сепарування молока. Тому доцільно проводити аналіз технологічного обладнання ліній від моменту одержання вершків – першого етапу сепарування.

На рис. 1.1. подана апаратурно-технологічна схема потокової лінії вироблення вершкового масла способом ВЖВ.

Обладнання лінії виробництва масла шляхом перетворення ВЖВ [2, 3, 4, 5] включає: систему молокопроводів 1, пастеризатор 2, бак-накопичувач для вершків 3, бак для маслянки 4, сепаратор для високожирних вершків 5, бак з поплавковим регулятором 6, ванну для нормалізації ВЖВ 8, установку для виробництва вершкового масла 9, та дезодораційну установку 10.

Вершки, після пастеризації в трубчастому пастеризаторі 2 при температурі 86...96°C, направляються в бак-накопичувач 3 місткістю 600 л. Із баку вершки поступають в сепаратор для високожирних вершків. В результаті повторного сепарування жирність вершків досягає 65-80%. Далі із бачка 6 насосом вершки перекачуються у ванни для нормалізації 8. Нормалізовані вершки подають на маслоутворювач 9, який може бути циліндричного чи пластинчастого типу. Лінія також включає дезодораційну установку 10.

Недоліками методу отримання масла через перетворення ВЖВ можна віднести наступне: часті випадки отримання нетермостійкого масла з підвищеною плинністю рідкого жиру (6... 12%); недостатня механізація

технологічних і допоміжних операцій виробництва, таких як миття сепараторів і тарілок; високий вміст жиру в маслянці з неефективним відділенням протеїну під час перетоплювання; обмеженість можливостей фасування масла в маленькі упаковки безпосередньо на масловиготовлювачі; відсутність автоматичного контролю та регулювання вмісту вологи; неспроможність переробляти вершки з високою кислотністю і при низькій температурі.

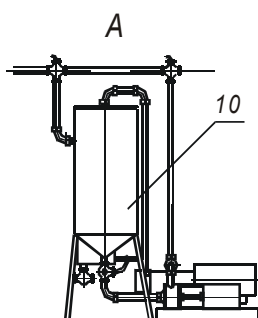
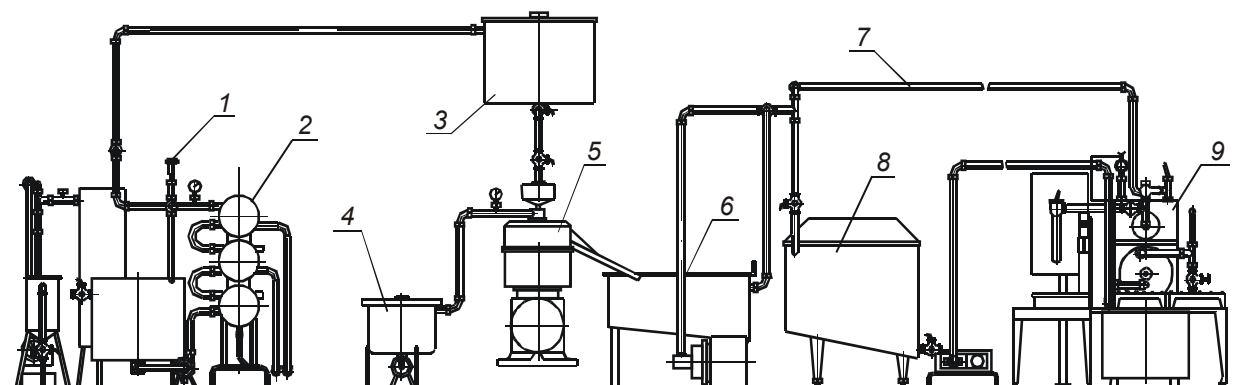


Рис.1.1. Лінія виробництва вершкового масла методом перетворення ВЖВ:

1 – молокопроводи; 2 – трубчастий пастеризатор для вершків жирністю 38 -40%; 3 – банк – накопичувач; 4 – бак для маслянки; 5 – сепаратор для ВЖВ; 6 – бак з поплавковим регулятором; 8 – ванна нормалізації ВЖВ; 9 –апарат для виробництва вершкового масла; 10 – дезодораційна установка.

Переваги цього методу включають: високу дисперсію плазми (1...3 мкм); низький рівень бактеріального забруднення; високу якість масла; невеликий вміст повітря (0,3...0,8-105 м'/кг); економію виробничих площ; короткий виробничий цикл; можливість виробництва різних видів масла та спредів та гнучкість технологічного процесу.

Важливо відзначити, що масло, яке виготовлене методом ВЖВ, має вищу біологічну цінність, оскільки при його виготовленні з вершків виділяється більше фосфоліпідів (58,4%), порівняно з маслом, отриманим у процесі безперервного збивання вершків (23,3%).

1.2. Огляд конструкцій маслоутворювачів для виробництва масла.

Маслоутворювачі є основним устаткуванням у лініях для виробництва вершкового масла. На сьогоднішній день їх застосування розширилося, і вони використовуються не лише для виготовлення вершкового масла, а й для виробництва різноманітних спредів та масел з різними добавками. Маслоутворювачі призначені для перетворення ВЖВ у вершкове масло, перетворюючи емульсію жиру в воді на емульсію води у жирі і забезпечуючи необхідну механічну обробку. Це перетворення емульсії відбувається за допомогою механічного та теплового впливу. Механічний вплив полягає в гідродинамічному перемішуванні, а тепловий вплив - у охолодженні ВЖВ. Ці два процеси можуть відбуватися у одному пристрої або бути розділені.

Трициліндровий маслоутворювач Т1-ОМ-2Т. (рис. 1.2) служить для охолодження, і механічної обробки ВЖВ в лініях продуктивністю 700÷800 кг/год. Маслоутворювач Т1-ОМ-2Т є трициліндровим скребковим теплообмінником з витиснювальним барабаном, в якому процеси охолодження і механічного оброблення проходять в одному апараті.

Маслоутворювач включає три циліндри – верхній, середній і нижній, які мають окремі приводи з електродвигунами. Циліндри встановлені на станині і скріплені між собою планками. В кожному циліндрі є теплообмінна сорочка. До нижнього циліндра під'єднано патрубок для подачі ВЖВ [2, 3, 4, 5].

Подача теплоносія в теплообмінні оболонки здійснюється через систему трубопроводів та арматури. У теплообмінній оболонці вздовж циліндричної частини розташований дріт діаметром 12 мм. Верхню частину циліндра утеплює теплоізоляційний шар. Передня частина циліндра закрита шарнірною кришкою

5, яка має різбову втулку 3. У цій різбовій втулці знаходиться підшипник ковзання, що дозволяє обертати вісь витиснювального барабану 8. Регулювання необхідного зазору барабану в циліндрі здійснюється за допомогою різбової втулки.

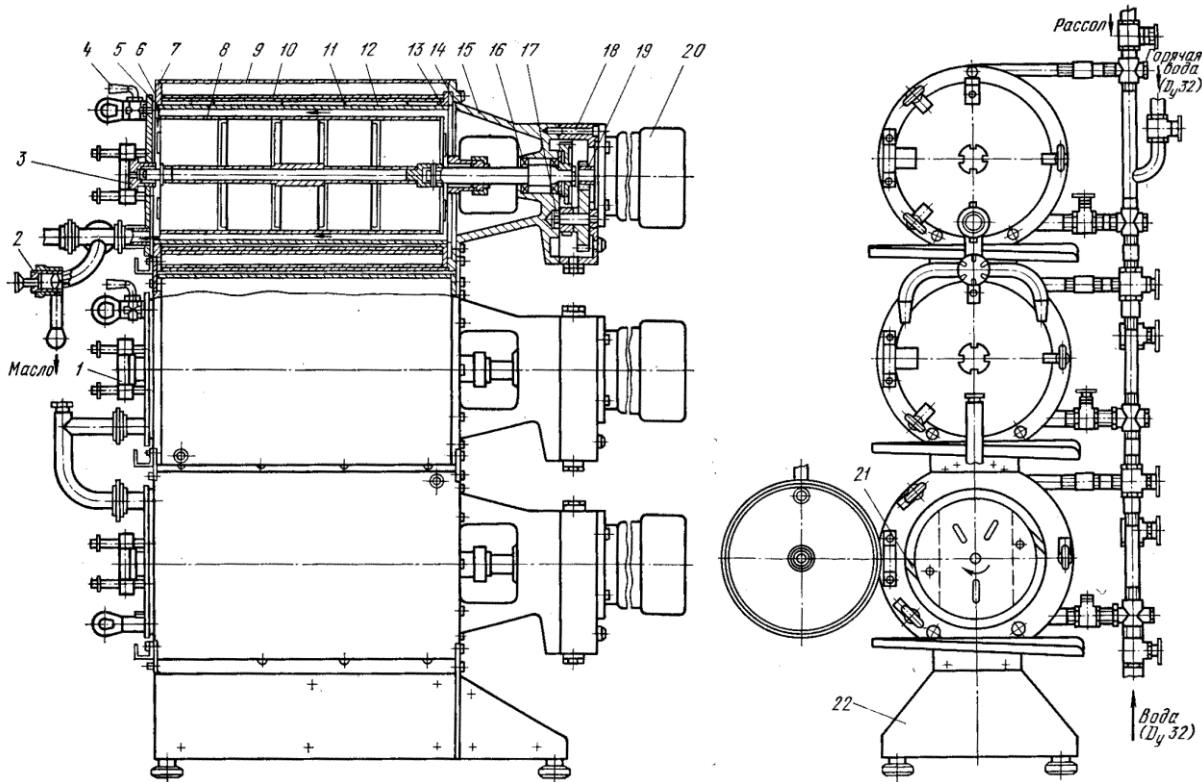


Рис.1.2. Маслоутворювач Т1-ОМ-2Т

1 - кронштейн; 2 - кран випускний; 3 - втулка направляюча; 4 - кран повітряний; 5 - кришка; 6 - кільце ущільнююче; 7 - фланець циліндра передній; 8 - витиснювальний барабан; 9 - обшивка циліндра; 10 - обечайка циліндра зовнішня; 11 - спіраль; 12 - обечайка циліндра внутрішня; 13 - фланець циліндра задній; 14 - кільце ущільнювальне; 15 - редуктор; 16,17 - підшипники; 18,19 - шестерні; 20 - електродвигун; 21 - ножі; 22 - станина.

Кришка циліндра прилягає до переднього фланця та ущільнюючого кільця за допомогою трьох притискних планок. Витиснювальний барабан виготовлений з нержавіючої сталі та має зварну конструкцію. На поверхні барабану з двох сторін виконані лиски, на яких закріплені ножі 21 шарнірно. При обертанні барабану ножі за допомогою відцентрової сили та тиску верхків притискаються

до внутрішньої поверхні циліндра, зрізаючи шар охолоджених вершків та оновлюючи поверхню теплообміну. Лезо ножа виготовлене з поліамідної смоли.

Привід витиснювального барабану складається з редуктора і фланцевого електродвигуна. Рух передається на барабан через ведучий вал редуктора за допомогою втулки 17 та шпонки 18, розташованих на задній стінці циліндра.

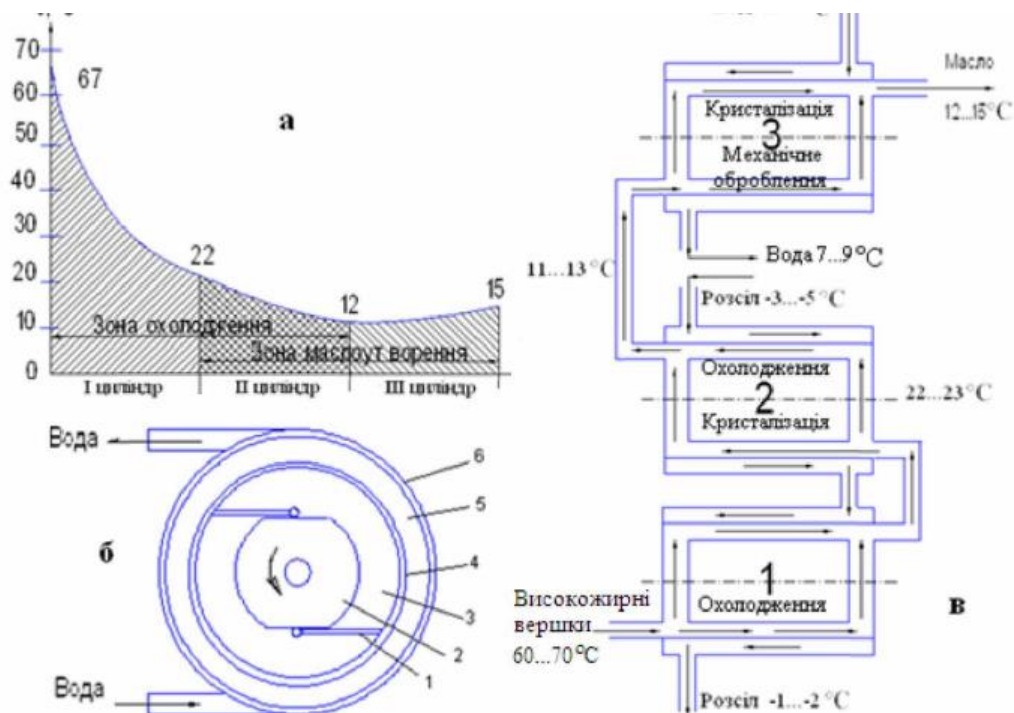


Рис. 1.3. Принцип роботи горизонтального маслоутворювача:

а - температурний графік; б - поперечний перетин секції: 1 - плоскі ножі; 2 - перемішувальний пристрій барабанного типу з прикріпленими ножами; 3 - кільцевий простір через який рухаються вершки; 4 - охолоджуючий (верхній) циліндр; 5 - кільцевий простір для I холодоносія; 6 - зовнішній циліндр; в - схема маслоутворювача.

Робочий принцип масловиготовлювача складається з кількох кроків. Спочатку, перед початком операції, розсіл постачається протягом тривалого часу (3-5 хвилин) для початкового охолодження циліндрів. Далі крани відкривають для випуску повітря з установки і закривають кран для виходу продукту. При поступі вершків через трубопровід, кран виходу повітря закривають, відкривають продуктовий кран на мінімальну продуктивність. Коли температура масла опускається до 11 °С, кількість масла поступово збільшують

так, щоб підтримувати температуру в межах 11...16 °С. Щоб забезпечити нормальну консистенцію масла у осінньо-зимовий період, обробку продукту в зоні кристалізації збільшують на 25...30% [2, 3, 4, 5].

В результаті значної механічної обробки масло набуває дрібнокристалічної структури.

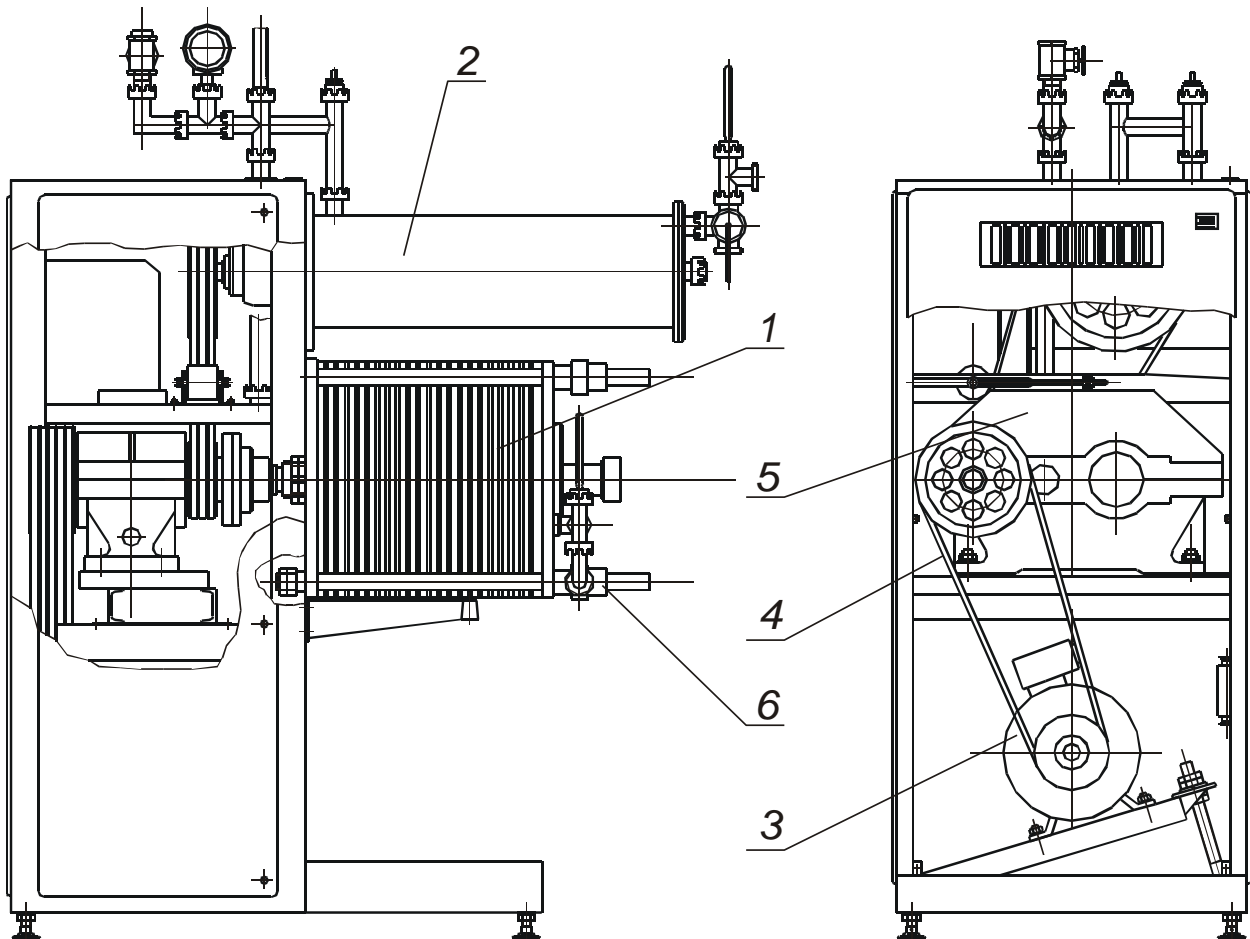


Рис. 1.4. Маслоутворювач РЗ-ОМД:

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

Одержання масла з ВЖВ у такому маслоутворювачі відбувається в наступній послідовності: охолодження ВЖВ, дестабілізація ВЖВ і кристалізація гліцеридів та механічне оброблення (рис. 1.3) ВЖВ за температури ($t = 60... 70$ °С) надходять до нижнього циліндра і охолоджуються до температури початку кристалізації більшості гліцеридів молочного жиру (22...23 °С), зберігаючи при

цьому властивості емульсії; інтенсивність охолодження становить 0,45...0,50 град/сек. У середньому циліндрі змінюються реологічні властивості - жир із рідкого стану переходить у в'язкопластичний і твердіє протягом 5...20 секунд. Масло охолоджується до 11... 13 °С, інтенсивність охолодження - 0,11...0,12 град/сек. У верхньому циліндрі унаслідок механічної дії протягом 150...250 секунд створюється дрібнокристалічна структура і пластична консистенція. Інтенсивне механічне перемішування подрібнює раніше утворені великі кристали жиру і запобігає утворенню нових, що обумовлює рівномірне розподілення рідкої та твердої фаз жиру.

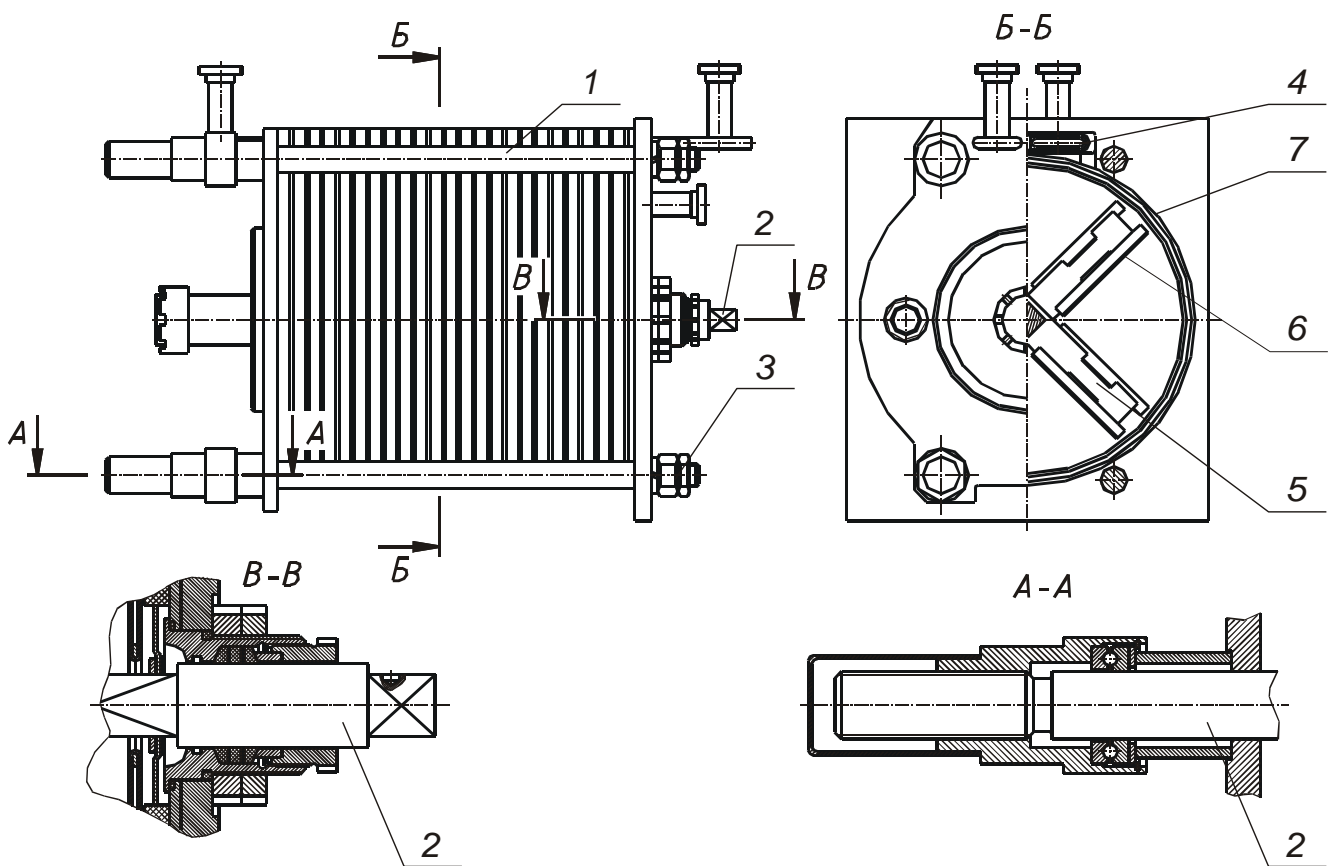


Рис. 1.5. Охолоджувач:

1 - пакет пластин; 2 - горизонтальний вал; 3 - штанги, 4 - колектор; 5 - хрестовина; 6 - ножі; 7 - продуктова пластина.

Пластинчатий маслоутворювач РЗ-ОМД (рис.1.4) складається із охолоджувача і обробника. Привід валів мішалок охолоджувача і обробника

здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу. Число обертів валу охолоджувача можна виконувати ступенево – 1,1; 1,3; 1,6 с^{-1} , обробника – 4,7; 5,3; 6,7 с^{-1} шляхом заміни шківів. Натяг пасу здійснюється шляхом переміщенням плити, на якій знаходиться електродвигун.

На виході з охолоджувача температура вершків становить $11\div 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ в залежності від виду масла.

Охолоджувач рис. 1.5 – теплообмінний скребковий апарат пластинчатого типу складається з продуктивних і розсільних пластин, що закріплені на горизонтальних штангах 3. По центру пластин знаходиться горизонтальний вал 2.

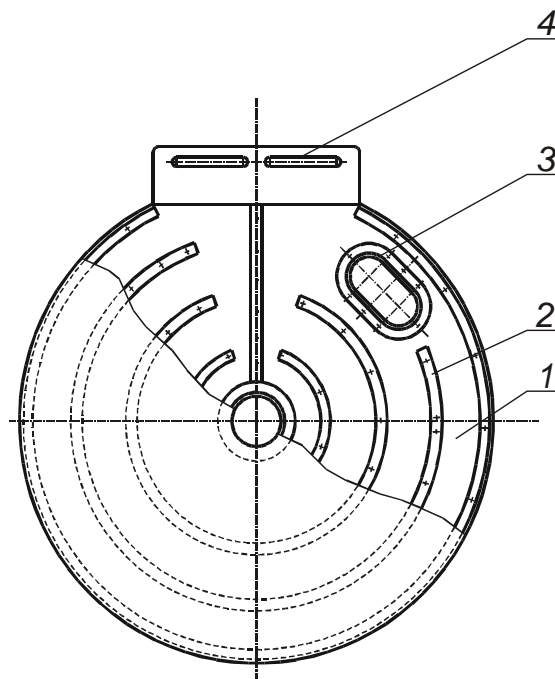


Рис. 1.6. Розсільна пластина маслоутворювача.

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

Продуктова пластина виконана у виді рами круглої або чотирикутної форми із двома отворами у верхній частині для проходження розсолу. При стисканні пластин отвори у верхній частині утворюють колектор 4. Із двох сторін продуктова пластина (рама) обмежена розсільними пластинами (рис. 1.5) і утворюється камера для обробки ВЖВ. В камері на валі розміщена хрестовина

5 із ножами 6 (рис. 1.5). Хрестовина надіта на вал і обертається разом з ним здійснюючи турбулізацію потоку та запобігає намерзанням вершків на пластині. Розсільні пластини (рис. 1.6) виконані у вигляді пустотілого диску з отворами 4 для подачі розсолу всередину диску і його відведення. В диску також є отвір 3, для потрапляння масла в наступну камеру.

Герметизація потоків розсолу та масла відбувається за допомогою ущільнень, що розміщені в канавках розсільних та продуктових пластин.

Високожирні вершки (ВЖВ) направляються в продуктову пластину, де змішуються за допомогою хрестовини, а потім через отвір 3 переходять у наступну продуктову пластину перед подальшою обробкою в обробнику.

Обробник, відомий як камера кристалізації, використовується для механічної обробки та формування потрібної структури продукту. Ця камера складається з циліндричної форми, на яку накладена конусоподібна кришка. Між циліндром та конусною кришкою розташована дискова решітка.

У середині циліндра розташований нерухомий відбивач, а на валу розміщена мішалка з трьома рядами лопатей. У результаті інтенсивної механічної обробки температура масла може підвищуватися до 15...18 °С. Охолоджувальний процес через канали забезпечує доставку холодоносія до внутрішньої порожнини охолоджуючих пластин, де вершкова сировина охолоджується. При виході з охолоджувача температура вершків становить 11...14 °С. При температурах нижче 22 °С починається затвердіння високоплавких тригліцеридів, що може спричинити руйнування емульсії, і на виході з охолоджувача досягає 95...97%.

Другий етап процесу відбувається в обробнику, де за допомогою інтенсивної механічної обробки продукт набуває оптимальних структурно-механічних властивостей, а температура підвищується до 15 ... 18 С. Тут відбувається масове затвердіння тригліцеридів молочного жиру. Основні переваги маслоутворювача включають високу якість готового продукту, високий рівень автоматизації, а також простоту експлуатації та обслуговування.

Проте основним недоліком методу виробництва масла шляхом перетворення ВЖВ є недостатня кристалізація масла, що призводить до неможливості фасування масла.

Пластинчатий маслоутворювач РЗ-ОУА, який представлений на рисунку 1.7, розроблений для перетворення високожирних вершків (ВЖВ) в вершкове масло та має аналогічну конструкцію. У першій частині цього охолоджувача ВЖВ подаються в простір, створений продуктовою пластиною та охолоджуючими дисками через центральний отвір охолоджувальної пластини. Після цього продукт переміщується від краю до центру, обходячи диск, і переходить в наступну секцію через отвір охолоджувальної пластини.

У другій частині цього охолоджувача, де в'язкість продукту значно збільшується для зменшення гідравлічного опору, ВЖВ переміщується вздовж проміжку між пластинами для охолодження в одному напрямку: від центру до периферії або в зворотному напрямку - від периферії до центру. Це досягається за допомогою спеціальних охолоджувальних пластин з отворами для продукту, розташованими в колі навколо продуктової пластини. У другій частині цього охолоджувача на валу розміщені лопатеві турбулізатори (хрестовини) зі скребковими ножами.

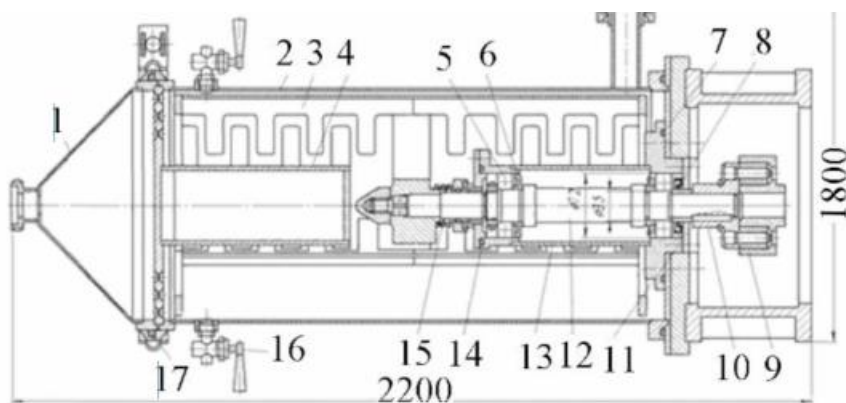


Рис. 1.7. Маслообробник маслоутворювача РЗ- ОУА:

- 1 - маслообробник; 2 - циліндр; 3 - перемішувальний пристрій;
 4 - відбивач; 5 - підшипник; 6, 7 - кільця; 8 - манжета; 9, 10 - напівмуфти;
 11 - кришка; 12 - вал; 13 - підшипник; 14 - ущільнення; 15 - пружина;
 16 - кран; 17 - кільце

У циліндрі 2 маслообробника нерухомо закріплений відбивач 4 з перфорованою решіткою, на валу якого закріплений трилопатевий перемішувальний пристрій 3.

Під впливом інтенсивного перемішування проходить механічне оброблення ВЖВ з метою надання в подальшому маслу оптимальних структурно-механічних властивостей. У верхній частині ВЖВ обробника встановлений кран для видалення повітря.

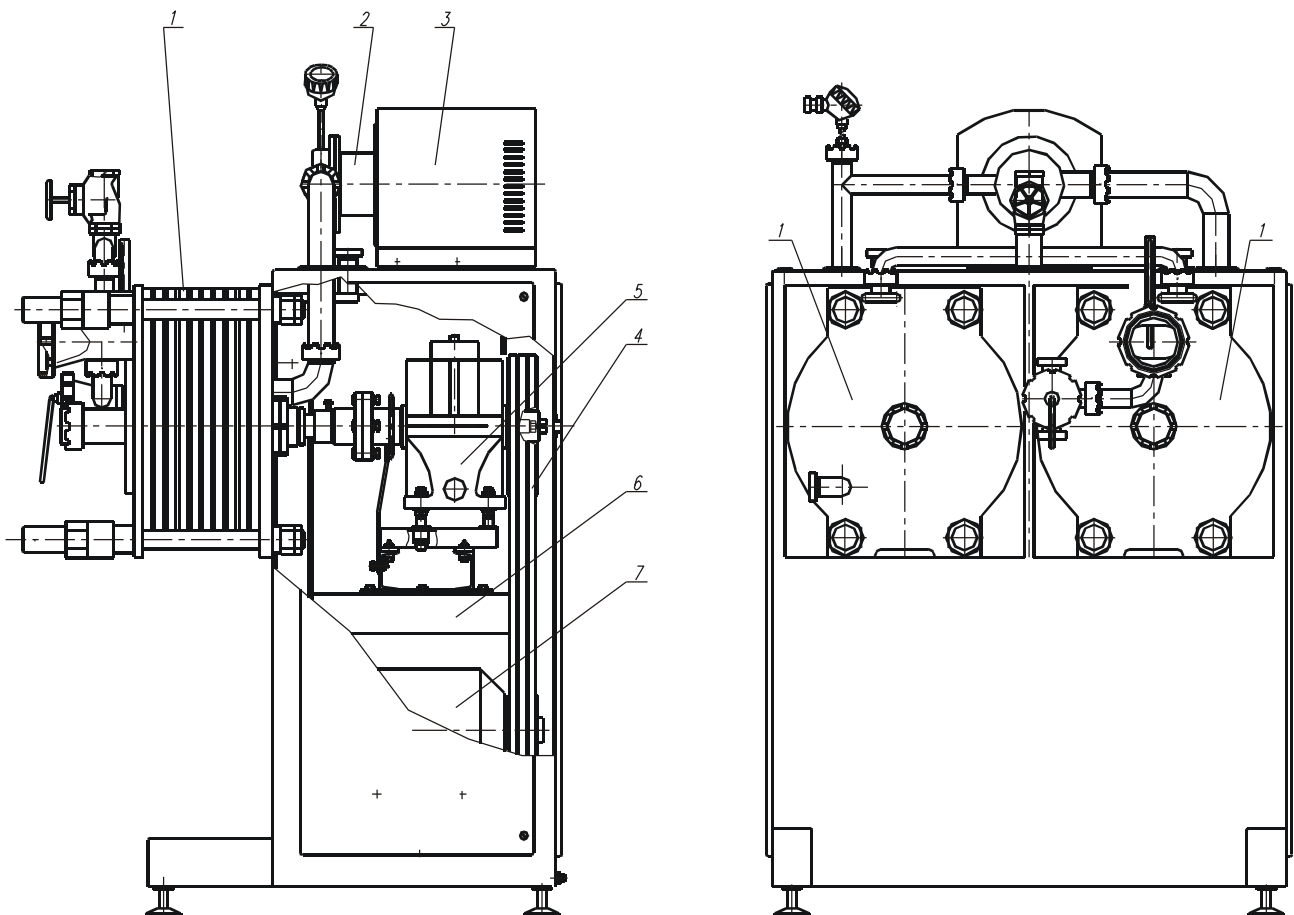


Рис. 1.8. Установка для виробництва вершкового масла Я5 – ОМС.

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

Система автоматизації дає можливість регулювати і підтримувати температурний режим установки.

Для стабілізації основною температури охолодження продукту використана залежність в'язкості ВЖВ від температури. При збільшенні температури продукту в'язкість ВЖВ знижується, зменшується відповідно тиск на вході в апарат. Зменшення тиску ВЖВ на вході в маслоутворювач через систему керування призводить до збільшення подачі охолоджуючої рідини. При збільшенні тиску (переохолодження продукту) дія регулятора протилежна.

Твердоподібну консистенцію масла дозволяє одержати **масловиготовлювач Я5-ОМС** (рис. 1.8)

Особливість такої технології і конструкції маслоутворювачів полягає в можливості регульованої термомехобробки на різних етапах маслоутворення.

Маслоутворювач (рис. 1.8) складається з двох пластинчатих скребкових теплообмінників, між якими розташований дистабілізатор. Останній відповідає за швидку дестабілізацію охолоджених вершків і складається з мішалки, що має форму білячого колеса і розміщена безпосередньо на валу електродвигуна.



Рис. 1.9. Пластинчастий маслоутворювач Я5-ОМД

Пластини теплообмінника мають діаметр до 500 мм, що дозволяє зменшити кількість пластин, не зменшуючи загальної площі поверхні для теплообміну. Вершки охолоджуються на першому скребковому теплообміннику з цими пластинами, а при температурі від 10 до 17 °С проходять через дистабілізатор. Тут відбувається інтенсивна механічна обробка, що триває приблизно 2-3 секунди. Цей процес призводить до руйнування емульсії та практично повної трансформації фаз з високим рівнем розподілу води.

Другий теплообмінник використовується для подальшого формування структури та охолодження масла. Завершальна стадія структуроутворення відбувається в трубі з діаметром 0,1 м і довжиною 3 м, що розташована на виході з другого теплообмінника.

Випускаються маслоутворювачі продуктивністю 500, 1000, 2000 кг/год по любительському маслу.

Таблиця 1.1.

Порівняльні технічні характеристики пластинчастих і циліндрових маслоутворювачів .

Основні параметри	Я5-ОМС-05	Я5-ОМС-1	Я5-ОМС-2	двоцилін дровий	трицилі дровий	Чотири цилін дровий
Продуктивність кг/год	500	1000	2000	350	400	1000
Встановлена потужність, кВт	11,1	18,2	33,7	8,4	7,5	10,5
Температура продукту, □ початкова	50-60	50-60	50-60	50-60	50-60	50-60
На виході з установки	11-18	11-18	11-18	11-18	11-18	11-18
Площа установки, м ²	6,2	6,5	10	1,0	1,95	1,7

	1350	1520	2150	500	675	1100
--	------	------	------	-----	-----	------

Особливістю конструкції пластинчастого **маслоутворювача Я5-ОМД** продуктивністю 1000 кг/год по маслу (рис. 1.9) є те, що пакет охолоджуючих пластин розімкнутий, і після охолодження до температури 17 – 20 °С продукт направляється в обробник, де піддається інтенсивній механічній обробці і далі повертається у наступний пакет пластин для охолодження і продовження кристалізації тригліцеридів.

Вакуумний маслоутворювач. Принцип дії оснований на швидкому охолодженні і концентрації жирової фази у вакуум камері. Гарячі вершки температурою 70...90 °С подають у вакуум – камеру і розпилюють форсункою. Через те, що у вакуум-камері підтримується вакуум, вони закипають і миттєво охолоджуються. Для уникнення налипання на поверхнях апарата масло зі стінок знімають лопатевою мішалкою. Охолоджені зерна жиру надходять у текстуратор, де надається властива маслу структура і утворюється пласт однорідного продукту.

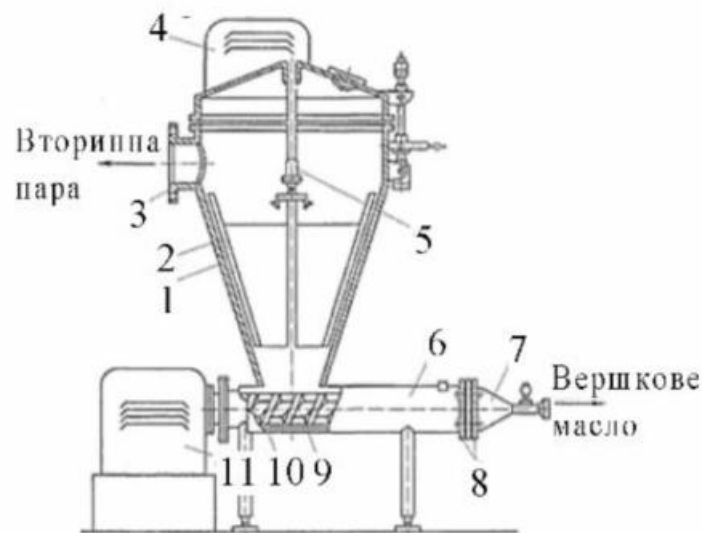


Рис. 1.10. Вакуум-маслоутворювач:

1 - вакуум-камера; 2 - перемішувальний пристрій лопатевого тішу; 3 - патрубок для відведення вторинної пари.

У вакуум-маслоутворювачі (рис. 1.10) проходить швидке охолодження розпилених у вакуумі ВЖВ та наступним обробленням масляного зерна. Вакуум-маслоутворювач включає вакуум-камеру і шнековий текстуратор.

У середині вакуум – камери розміщена розпилювальна форсунка і лопатевий переміщувальний пристрій. Пристінні прошарки затверділих ВЖВ знімаються з поверхні ножами переміщувального пристрою. Текстуратор складається з двох шнеків, що обертаються назустріч один одному, і конічної насадки.

Маслоутворювач «ВОТАТОР» марки МСО-100. Маслоутворювач «ВОТАТОР» (рис.1.11) застосовується для вироблення вершкового масла методом перетворення ВЖВ, а ще при виробництві маргарину способом переохолодження маргаринової емульсії.

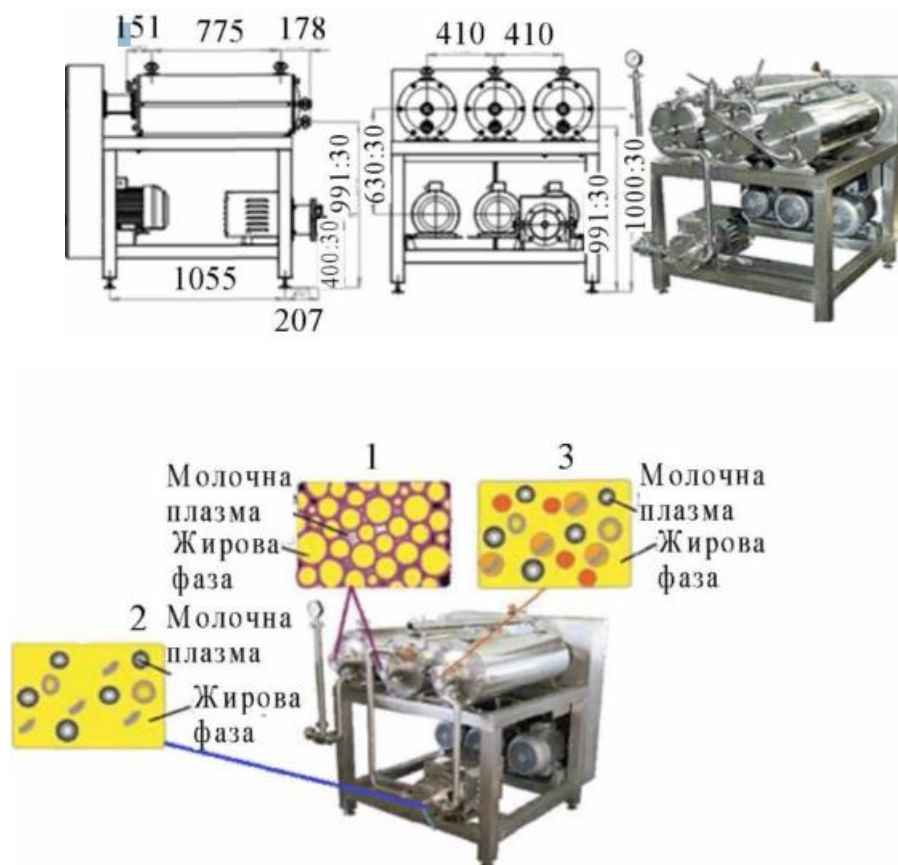
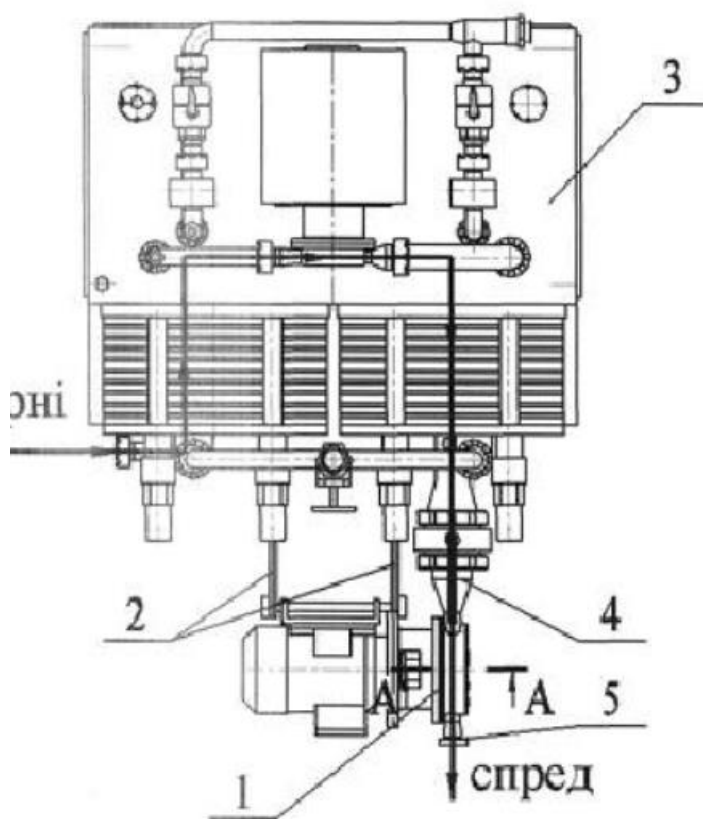


Рис. 1.11. Маслоутворювач «Вотатор»

Перетворення ВЖВ по ходу руху відбувається наступним чином: 1 – охолоджена сировина (ВЖВ); 2 - дисперсна система ВЖВ після процесу перетворення фаз; 3 – етап формування початкової структури вершкового масла.

Пластинчатий маслоутворювач додатково обладнаний обробником.

Пластинчатий маслоутворювач оснащений обробником, який дозволяє підвищити якість обробки масла і використовувати його для виробництва спредів та масла з наповнювачами. Обробник складається з корпусу, в якому розміщені робочі органи: ротор і статор. Ротор і статор мають циліндричні пальці з плоскими зрізами в поздовжньому перерізі. Пальці ротора закріплені симетрично з двох сторін, а пальці статора розміщені між пальцями ротора, так що плоскі зрізи направлені на зустріч один одному. Таке виконання дозволяє підвищити рівень механічної обробки Консистенція та структура вершкового масла.



Фіг. 1

Рис. 1.12. Конструкція маслоутворювача з обробником

1– вихідний патрубок, 2 – лінії подачі вершків, 3 – корпус, 4 -обробник, 5 – вихідний патрубок.

1.3. Особливості утворення консистенції масла у маслоутворювачах.

Консистенцією називають комплекс реологічних властивостей, що включає твердість, в'язкість, пластичність, зв'язність, гомогенність, термостійкість тощо, і вона залежить від взаємодії та розподілу компонентів масла. Для вершкового масла важливо, щоб його консистенція не була надто м'якою або твердою при температурі 25-30°C. Масло повинно зберігати форму і не бути крихким або ламким, а його пластичність має залишатися навіть при 10-15°C. Масло, що виходить із маслоутворювача, має бути готовим для фасування у дрібну тару.

Структура масла обумовлена розподілом та взаємодією його компонентів, включаючи рідку та тверду фази жиру, плазму та повітря. Дослідження Е. Кнопа з мікроскопом виявило два типи структур вершкового масла: зернисту та гомогенну. Зерниста структура масла складається з мікрозерен затверділого жиру, які представляють собою конгломерати малих кристалів. У вершковому маслі з гомогенною структурою жирові кульки повністю руйнуються, змінюючи жирову фазу. Масло з гомогенною структурою може перетворюватись у розплавлену масу за температури, при яких масло з зернистою структурою матиме м'яку структуру, але збереже товарний вигляд.

Кристали жиру стикаються один з одним і утворюють кристалічний каркас в структурі масла. Існують дві типові структури масла в залежності від характеру зв'язків між кристалами: коагуляційна та кристалізаційна.

Структурний каркас коагуляційної структури надає маслу ніжної консистенції та має виражену міцність. Для коагуляційної структури характерна пластичність та повне відновлення після механічного руйнування. Кристалізаційна структура відрізняється високою міцністю фазових контактів, низькою пластичністю та великою крихкістю. Ця структура руйнується назавжди і перетворюється у коагуляційну.

Традиційно вважається, що вершкове масло має змішану структуру, в основному коагуляційно-кристалізаційну, з перевагою коагуляційної структури (75% відновлення після руйнування).

Вторинна структура вершкового масла утворюється при зберіганні через взаємодію гліцеридів молочного жиру, білків та інших речовин.

Для оцінки консистенції масла використовуються органолептичні оцінки та інструментальні методи.

ВЖВ (висококонцентрована емульсія з масовою часткою жиру 61-80%) відрізняється тим, що всі жирні кульки знаходяться в деформованому стані при масовій частці більше 72-74%.

Стійкість емульсії молочного жиру в молоці та вершках обумовлена наявністю ліпідно-протеїнової оболонки жирових кульок. Процес маслоутворення пов'язаний з дестабілізацією вершнів, на яку впливають такі фактори: масова частка жиру у вершках, інтенсивність механічної дії на них та температура охолодження.

Чим вища масова частка жиру у вершках, тим менша стабільність емульсії.

Безпосередньо у маслоутворювачі на процес маслоутворення впливають два фактори: інтенсивність оброблення і температура охолодження. Швидкість дестабілізації ВЖВ збільшується із підвищенням питомої потужності механічної обробки (мінімальна при 8 Вт/кг).

Це викликано зниженням стабільності оболонок жирових кульок. У ВЖВ він починається при їх охолодженні до температури твердіння молочного жиру і після початку кристалізації гліцеридів жиру.

Процес дестабілізації ВЖВ, охолоджених до температури твердіння, без механічної обробки протікає повільно, і продовжується протягом усього періоду кристалізації гліцеридів молочного жиру.

При збільшенні вмісту жиру у ВЖВ, охолоджених до температури твердіння, зростає ступінь і швидкість дестабілізації високожирних вершків.

Процес дестабілізації ВЖВ пов'язаний із твердінням молочного жиру, внаслідок чого емульсія Ж/В перетворюється в суспензію В/Ж, тобто відбувається обернення фаз,

Кількість жиру, що перейшов із рідкого у твердий стан називають ступенем твердіння жиру. Процес твердіння молочного жиру проходить

стрибкоподібно і , в основному, а виділяють три періоди твердіння: найбільш інтенсивне в інтервалі температур 25...19 °С; різке зниження швидкості твердіння в інтервалі температур 16...11 °С; масове твердіння в інтервалі температур 11...0 °С.

Процес термомеханічної обробки ВЖВ у маслоутворювачі умовно розділяють на 3 стадії:

1 стадія охолодження ВЖВ до початку кристалізації основної маси гліцеридів молочного жиру за температури 22-23 °С, .Продукт все ще залишається емульсією і довго не твердіє;

У 2 стадії проходить дестабілізація жирової емульсії в результаті охолодження і інтенсивного перемішуванні продукту. При цьому збільшується кількість вільного рідкого жиру. За температури ВЖВ 22 °С та вмісту твердого жиру 1,5-2 % починається обернення фаз.

3 стадія - це перехід до формування структури. Процес починається при вмісті твердого жиру 4-7 % та ступені дестабілізації 60-80 % і утворюється структура кристалізаційно-коагуляційного типу. Отже регулювати консистенцію масла можна наступними факторами: температурою на виході із маслоутворювача, та тривалістю механічної обробки в апараті.

1.4.Аналіз вихідної інформації.

Виробництво масла характеризується високими енергетичними затратами на виробництво 1 т продукції. На даний час в Україні основний обсяг масла виготовляється способом перетворення високожирних вершків (ВЖВ). При цьому способі ряд технологічних операцій передбачають високі енергетичні затрати. Зокрема для одержання ВЖВ передбачене двостадійне сепарування молока аж до вмісту масової частки жиру 60 -82%. При використанні способу перетворення ВЖВ на виході із апарату кристалізація молочного жиру повністю не завершена. Таке масло не можна фасувати у дрібну упаковку і ,відповідно, для завершення кристалізації масло деякий час залишають в холодильнику.

Перевагами способу виробництва масла ВЖВ є тривалий термін збирання, простота технології та мала виробнича площа, яку займають лінії.

Тому удосконалення обладнання для виробництва масла способом ВЖВ направленим на зменшення енергетичних витрат і підвищення якості продукції з можливістю фасувати масла у дрібну упаковку зразу на виході із апарата є актуальним.

1.5. Мета і завдання роботи.

Метою роботи є зменшення енерговитрат в процесі виготовлення масла способом ВЖВ на маслоутворювачах та забезпечення консистенції масла, достатньої для фасування.

У відповідності з поставленою метою сформульовані **наступні задачі**:

- провести аналіз конструкцій маслоутворювачів для виготовлення масла;
- дослідити вплив на витрати енергоресурсів конструктивних параметрів маслоутворювачів;
- удосконалити конструкцію маслоутворювача, провести розрахунок вузлів і деталей маслоутворювача періодичної дії;
- розробити заходи з охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт досліджень. Об'єктом дослідження в роботі виступає підвищення якості масла при використанні у виробництві пластинчастих маслоутворювачів, розширення їх функціональних спроможностей та енергетичні витрати у процесі виготовлення масла способом ВЖВ.

Предмет досліджень. Предметом досліджень були конструктивні параметри та режими роботи маслоутворювача.

Методи досліджень. У дослідженнях використані інженерні методи розрахунку процесів та роботоздатності установок, а також експериментальні методи визначення реологічних характеристик.

Наукова новизна. Визначена залежність затрат енергії на вершків від концентрації жирової фази у масловиготовлювачах періодичної дії.

Практична цінність. Практична цінність мають встановлені режими роботи масловиготовлювача періодичної дії.

- удосконалена конструкція масловиготовлювача дозволить збільшити термін його експлуатацію

Апробація роботи. Матеріали досліджень доповідались на наукових семінарах кафедри та на засіданнях кафедри та конференціях.

2. Конструктивні розрахунки маслоутворювача.

2.1 Будова і принцип роботи модернізованого масловиготовлювача Я7-ОМ-3Т, вибір конструкційних матеріалів.

Як показав попередній аналіз технологічних процесів виробництва масла способом перетворення ВЖВ та конструкцій маслоутворювачів, основними недоліками є незавершений процес кристалізації молочного жиру та великі енерговитрати.

Модернізований масловиготовлювач складається з двох апаратів: охолоджувача у вигляді пластинчастого скребкового теплообмінника і обробника у вигляді барабанної мішалки. В охолоджувачі ВЖВ охолоджуються до температури кристалізації тригліцеридів, подальше оброблення і кінцеве охолодження проходить в барабанній мішалці до температури 11-18^oC. Як холодильний агент запропоновано використовувати крижану воду з температурою +1^oC.

Пластинчастий охолоджувач представляє собою пакет по чергових круглих теплообмінних пластин і кілець, що утворюють порожнину для розміщення хрестовин, на яких знаходяться ножі – скребки.

В кожній продуктивній пластині обертається насаджена на вал квадратного сичення хрестовина, обладнана пластиковими плаваючими ножами, які зіскрбаючи вершки з поверхні теплообмінних пластин, забезпечують високий коефіцієнт теплопередачі.

Теплообмінні пластини мають канали для входу і виходу холодоагента, центральний отвір для проходження валу приводу скребків і периферійні отвори овальної форми для проходження вершків.

Продуктове кільце на зовнішній стороні має колектор, виготовлений із гуми і армований тонкою гнучкою металевою пластиною, яка дає можливість колектору при стисканні пакету вибирати положення, при якому загальне зусилля стиснення пакету рівномірно розподіляється між кожним колектором.

При цьому ефект герметизації пакету досягається при значно меншому загальному зусиллі стиснення.

Пакет теплообмінника розміщений на двох паралельних нижніх штангах, а між двома верхніми штангами розміщені колектори продуктових кілець і провущини теплообмінних пластин, запобігаючи кутовому переміщенню пластин і збезпечуючи співвісність каналів для холодоагенту.

Герметизація пакету забезпечується за рахунок ущільнюючих гумових прокладок, розміщених у пазах продуктових пластин. Стиснення пакету проходить за допомогою механізму гвинт – гайка і притискної плити. Довжина нарізаної частини штанг достатня для того, щоб можна було розсунути пакет пластин для періодичного огляду стану хрестовин з ножами – скребками і поверхні теплообмінних пластин.

В охолоджувачі проходить охолодження вершків від температури 62 -65 °С до температури кристалізації гліцеридів (22...23 °С) при якій вони зберігають властивості емульсії. У охолоджувачі за допомогою скребоків – ножів проходить додатково і механічне оброблення вершків. Далі вершки поступають у циліндровий охолоджувач – обробник.

Циліндровий обробник – охолоджувач складається із станини, на якій розміщені циліндри однакової конструкції. Будова окремих циліндрів описана вище. Кожний із циліндрів оснащений краном для виходу повітря. На виході продукту із установки встановлений термометр опору, що контролює температуру масла на виході із установки. ВЖВ за температури 23 °С подаються у нижній барабан циліндрового обробника, а крижана вода— в теплообмінну сорочку.

Температура охолоджених ВЖВ на виході залежить від виду масла, яке виготовляється і знаходиться в межах 11- 16 °С. Тривалість знаходження ВЖВ в циліндровому маслоутворювачі 3...6 хв. У нижньому циліндрі проходить подальше охолодження вершків і жир із рідкого стану переходить у в'язкопластичний і починає тверднути. Внаслідок подальшого механічного оброблення і охолодження ВЖВ набувають дрібнокристалічної структури та

пластичної консистенції. У двох останніх циліндрах для охолодження може також підводитись вода.

При виборі матеріалу конструкції враховуємо особливості роботи і експлуатації масловигоовлювача Я7-ОМ-3Т:

- апарат використовується для виробництва харчового продукту,
- миття апарату проходить з використанням кислоти і луку;
- апарат встановлюється у цеху з підвищеною вологістю.

Таким чином для виготовлення всіх деталей, які контактують з продуктом використовуємо леговану сталь 316 (X18H9T) : Cr – 16%, Ni – 10%, Мо – 2%;

для виготовлення трубопроводів, захисного кожуха сталь 304: Cr -18%, Ni – 8%; сталь Ст3 (St3) : C-0,2%, Mn -0,6%,Si -0,35%, P – 0,045%, S – 0,045%, Fe – 98%.

2.2.Розрахунок роботоздатності пластинчастого скребкового охолоджувача.

2.2.1. Тепловий розрахунок пластинчастого скребкового охолоджувача.

Вихідні дані для розрахунку такі:

Продуктивність охолоджувача, кг/год - $G = 1000$,

початкова температура ВЖВ, °C - $t_n = 75$,

середня теплоємність ВЖВ , Дж/кг·°C - $c_n = 3,58 \cdot 10^3$,

густина ВЖВ, кг/м³ - $\rho_n = 922$,

кінематична в'язкість ВЖВ, м²/с - $\nu_n = 1,73 \cdot 10^{-6}$,

початкова температура крижаної води, °C, - $t_{к.в} = 2$,

густина крижаної води, кг/м³ - $\rho_{к.в} = 1000$,

кінематична в'язкість крижаної води, м²/с - $\nu_{к.в} = 0,365 \cdot 10^{-6}$,

питома теплоємність крижаної води, Дж/кг·°C $c_{к.в} = 4,19 \cdot 10^3$,

коефіцієнт теплопровідності крижаної води, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ $\lambda_{к.в} = 0,56$,

Кількість теплоти, що необхідно передати в теплообміннику для охолодження ВЖВ становить [10]:

$$Q = G \cdot c_B (t_{\Pi} - t_K) = 1000 \cdot 1896 (75 - 23) = 98592 \text{ кДж}$$

Приймаємо, що кратність крижаної води становить 4.

Тоді витрати крижаної води $V=4 \text{ м}^3/\text{год}$.

Розсільна (охладжуюча) пластина пакету виконана із листової нержавіючої сталі марки 12Х18Н9Т шляхом холодного штампування з внутрішніми ребрами і точкової електрозварки.

Товщина сталі $\delta=0,002 \text{ м}$, приймаєм коефіцієнт теплопровідності

$$\lambda = 13,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Живий переріз каналу між дисками охолоджуючих пластин:

$$f_{жс} = h \cdot l_{cp},$$

де $h=0,004 \text{ м}$ – ширина продуктового каналу - відстань між дисками;

$$f_{жс} = h \cdot l_{cp},$$

$$l_{cp} = R\sqrt{\pi} = 235\sqrt{3,14} = 235 \cdot 1,77 = 416 \text{ мм}$$

$$f_{жс} = 0,004 \cdot 0,416 = 1672 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від охолоджуючої пластини до ВЖВ для скребкових теплообмінників [10]:

$$\alpha_1 = 0,29\sqrt{c_{\Pi}} \cdot d_{cp} \rho_{\Pi} n Z,$$

де $d_{cp} = 210 \text{ мм}$,

n - швидкість руху скребків $n = 1,5 \text{ с}^{-1}$,

Z – число скребків у одній продуктивній пластині.

$$\alpha_1 = 0,29\sqrt{3580} \cdot 0,210 \cdot 922 \cdot 8 = 678,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

– Визначаємо коефіцієнт теплопередачі від крижаної води до пластини.

Визначаємо середню швидкість крижаної води враховуючи, що вона одночасно подається у 3 пластини:

Крижана вода в пластині рухається по трьох каналах, поступаючи через один отвір колектора огинає весь периметр і виходить з іншого отвору.

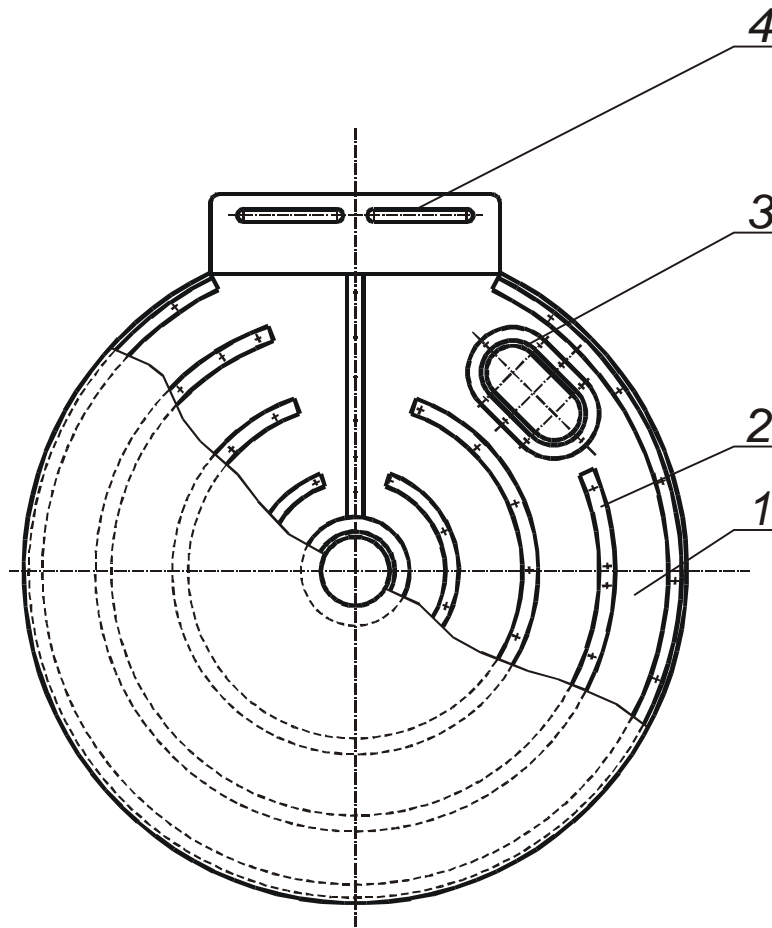


Рис. 2.1. Розсільна пластина маслоутворювача.

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

Визначаємо максимальний шлях руху крижаної води, м:

$$l_{max} = 2 \pi R_{max} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,47}{2} = 1,47 \text{ м,}$$

$$l_{min} = 2 \pi R_{min} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,1}{2} = 0,15 \text{ м,}$$

$$l_{cp} = \frac{l_{max} - l_{min}}{2} = \frac{1,47 - 0,15}{2} = 0,66 \text{ м.}$$

$$f_{ж.с} = 0,66 \cdot 0,003 = 0,00198 \text{ м}^2$$

$$\omega_{к.в} = \frac{3 \cdot 10^6}{3 \cdot 3600 \cdot 1980} = 0,17 \text{ м/с .}$$

Еквівалентний діаметр руху крижаної води приймаємо рівним віддалі між дисками охолоджуючих пластини. При русі крижаної води по трьох пластинах $d_e = 3 \cdot 0,003 = 0,009 \text{ м.}$

Середню температуру крижаної води визначаємо з рівняння теплового балансу:

Кінцева температура крижаної води визначаємо з рівняння теплового балансу:

$$Q = V \rho c_{\text{вод}} (t_{\text{вод.к}} - t_{\text{вод.п}});$$

$$t_{\text{вод.к}} - t_{\text{вод.п}} = \frac{Q}{V \rho c} = \frac{98592}{4 \cdot 998 \cdot 4,19} = 5,89 \approx 6^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{вод.к}} = 2 + 6 = 8^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура крижаної води:

$$t_{\text{ср}} = \frac{2 + 6}{2} = 4^{\circ}\text{C}.$$

Критерій Рейнольдса для крижаної води при температурі $t=4^{\circ}\text{C}$ при схемі руху у три пластини

$$Re = \frac{\omega \cdot d_t}{\nu} = \frac{0,17 \cdot 0,009 \cdot 10^6}{0,365} = 4191$$

Режим руху крижаної води перехідний, оскільки $Re > 2320$, В даному випадку використаємо формулу для ламінарного режиму руху:

$$Nu = 1,783(Re \cdot Pr)^{0,33} \left(\frac{d_e}{l}\right)^{0,33} \left(\frac{\mu}{\mu_c}\right)^{0,14},$$

Де μ, μ_c - відповідно динамічна в'язкість крижаної води при температурі потоку і температурі стінки. Приймаємо $\left(\frac{\mu}{\mu_c}\right)^{0,14} = 1$.

Pr – критерій Прандтля для середньої температури крижаної води $t_{\text{ср}}=6,2^{\circ}\text{C}$.

$$Pr=14,1$$

$$Nu = 1,783(4191 \cdot 14,1)^{0,33} \left(\frac{0,009}{0,66}\right)^{0,33} = 15,97$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_e} = \frac{15,97 \cdot 0,523}{0,009} = 928 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі скребкового охолоджувача:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}}; \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до охолоджуючої води;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від ВЖВ до стінки.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{928} + \frac{0,0015}{13,8} + \frac{1}{678,3}} = 658 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$$

Поверхню охолодження скребкового теплообмінника розраховуємо за формулою:

$$F = \frac{Q}{k \Delta t_{\text{cp}}}$$

Вибираємо протитечійну схему руху.

$$\Delta t_{\text{max}} = 75 - 6 = 69^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{min}} = 23 - 6 = 17^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{max}} - \Delta t_{\text{min}}}{\ln \frac{t_{\text{max}}}{t_{\text{min}}}}$$

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{69 - 17}{\ln \frac{69}{17}} = 37,14^\circ\text{C}$$

$$\text{Тоді } F = \frac{98592}{658 \cdot 37,14} = 4,03 \text{ м}^2$$

При загальній поверхні теплообміну пластини охолоджувача

$$F_{\text{пл}} = 0,34 \text{ м}^2 \text{ (з двох сторін)}$$

Кількість теплообмінних пластин для охолодження 1000 кг/год високожирних вершків від температури 22°C до 10 °C вираховуємо за формулою:

$$n = \frac{4,03}{0,34} = 12 \text{ пластин.}$$

При використанні для охолодження крижаної води потрібно збільшити кількість пластин .

2.2.2. Кінематичний розрахунок скребкового пластинчастого охолоджувача.

Кінематичний ланцюг приводу апарату складається із електродвигуна потужністю $N = 5 \text{ кВт}$ при синхронній частоті обертання валу $n = 1500 \text{ об/хв}$, I – ступені клинопасової передачі , двоступеневого циліндричного косозубого

редуктора (рис. 2.2). За даними наукових досліджень оптимальне число обертів валу пластинчастого охолоджувача знаходиться в межах від 80 до 120 об/хв [10].

Зубчасті колеса двоступеневого редуктора мають наступне число зубів :

$$Z_1 = 25, z_2 = 77, z_3 = 24, z_4 = 75/$$

Загальне передаточне число:

$$i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{77}{25} \cdot \frac{75}{24} = 9,62$$

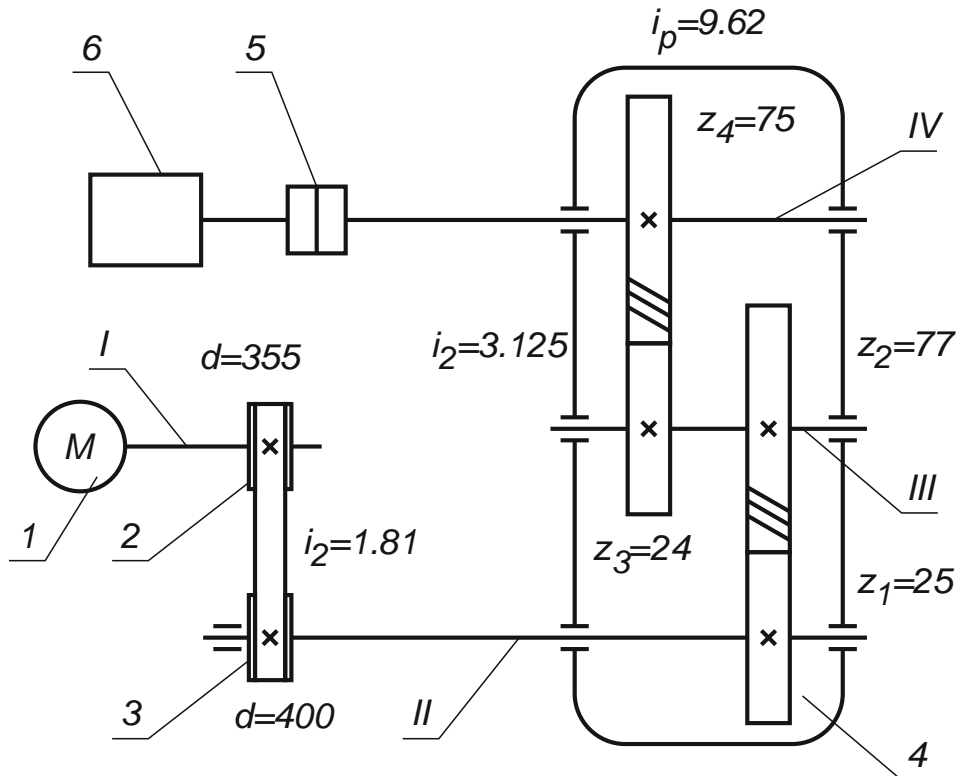


Рис. 2.2. Кінематична схема пластинчастого скребкового охолоджувача.

1-електродвигун; 2, 3 - ведучий і вєєний шківї пасовї передачі; 4 - редуктор; 5 - втулковоо - пальцева муфта; 6 - охолоджувач.

Передаточне число першої ступені буде змінним, оскільки вал маслоохолоджувача обертається з різною швидкістю у залежності від виду масла.

$$I_{p1} = \frac{n_{дв}}{i_p \cdot n_{21}} = \frac{1460}{9,62 \cdot 80} = 1,89$$

$$I_{p2} = \frac{n_{дв}}{i_p \cdot n_{22}} = \frac{1460}{9,62 \cdot 100} = 1,51$$

$$I_{p3} = \frac{n_{дв}}{i_p \cdot n_{23}} = \frac{1460}{9,62 \cdot 110} = 1,38$$

$$I_{p4} = \frac{n_{дв}}{i_p \cdot n_{24}} = \frac{1460}{9,62 \cdot 120} = 1,26$$

Розрахунок клинопасової передачі першої ступені.

$$N = 9,5 \text{ кВт};$$

$$n = 1460 \text{ об/хв.}$$

Розрахунок будемо проводити для $i_{p1} = 1,89$, оскільки для цього передавального відношення будуть найбільші навантаження.

Вибираємо клиновий пас січення «Б» (рис.2.2).

Січення пасу по ГОСТ 1284 -68 :

$$a = 17\text{мм}; h = 10,5 \text{ мм}; a_0 = 14\text{мм}; \varphi = 34^\circ; F = 138\text{мм}^2.$$

Приймаємо діаметр ведучого шківa для пасу «Б» $D_1 = 200\text{мм}$.

Тоді діаметр веденого шківa маслоутворювача з врахуванням коефіцієнта ковзання $\varepsilon = 2\%$.

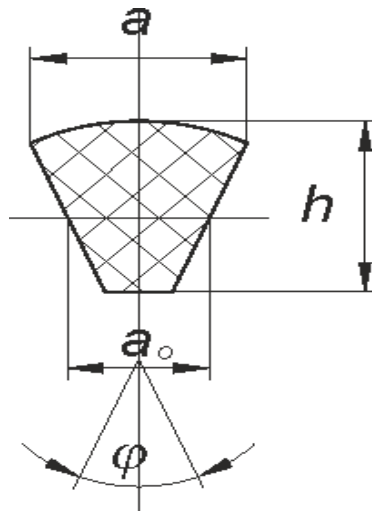


Рис. 2.3. Переріз клинового пасу.

Діаметр веденого шківa

$$D_2 = D_1 (1 - \varepsilon) i = 200(1 - 0,02) \cdot 1,89 = 370 \text{ мм.}$$

Найближчий $D_2 = 355\text{мм}$ і 400мм .

Приймаємо діаметр шківa маслоутворювача $D_2 = 355\text{мм}$.

Відхилення

складає

$$\Delta i = \frac{i - i_{\text{н}}}{i} \cdot 100 = \frac{1,89 - 1,81}{1,89} \cdot 100 = 4\%, \text{ що є допустимим.}$$

Дійсна частота обертів веденого валу при $i_{\text{н}} = 1,81$.

$$n_{21} = \frac{n_{дв}}{i_p \cdot i_i} = \frac{1460}{9,62 \cdot 1,81} = 83,8 \text{ об/хв.}$$

Швидкість пасу

$$v = \frac{\pi D_1 n}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 1460}{60 \cdot 1000} = 15,28 \text{ м/с.}$$

Колова зусилля

$$P = \frac{N}{v} = \frac{9,5}{15,28} = 622 \text{ Н.}$$

Міжцентрову віддаль приймаємо виходячи з компоновки маслоутворювача
 $A = 600 \text{ мм.}$

Розрахункова довжина пасу :

$$L = 2A + \frac{\pi}{2} (D + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}$$

$$= 2 \cdot 600 + \frac{3,14}{2} (355 + 200) + \frac{(355 - 200)^2}{4 \cdot 600} = 2082 \text{ мм.}$$

Приймаємо $L = 2000 \text{ мм.}$

Фактична міжосьова віддаль при стандартній довжині пасу :

$$A = \frac{2L - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2L - \pi(D_1 - D_2)]^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8} =$$

$$\frac{2 \cdot 2000 - 3,14(355 + 200) + \sqrt{[2 \cdot 2000 - 3,14(355 - 200)]^2 - 8(355 - 200)^2}}{8} = 559 \text{ мм.}$$

Кут обхвату меншого шківa маслоутворювача

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{D_2 - D_1}{A} = 180^\circ - 57^\circ \frac{355 - 200}{559} = 164,2^\circ.$$

Знаходимо необхідну кількість пасів січення «Б» для передавання потужності

$$Z = \frac{P}{k_{пк} \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot F},$$

де $c_1 = 0,98$ – коефіцієнт кута охоплення;

$c_2 = 1,0$ – коефіцієнт швидкості;

$c_3 = 1,0$ – коефіцієнт режиму роботи;

$k_{пк} = 1,67$ – приведенне питоме колове зусилля при допустимому зусиллі на

розрив $\sigma_0 = 1,5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$.

$$Z = \frac{6222}{1,67 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 138} = 2,7$$

Приймаєм число пасів $Z = 3$.

Попереднє навантаження кожної гілки пасу:

$$S = \sigma_o \cdot F = 1,5 \cdot 138 = 207 \text{ Н.}$$

Сила тиску на вали:

$$Q = 2 \cdot S \cdot Z \sin \frac{\alpha_1}{2}$$

$$Q = 2 \cdot 207 \cdot 3 \cdot \sin 82 = 1230 \text{ Н}$$

2.2.3. Розрахунок на міцність деталей пластинчастого скребкового охолоджувача.

2.2.3.1 Визначення діаметру штанги пластинчастого скребкового охолоджувача.

Найбільш навантаженою деталлю у пластинчастому скребковому охолоджувачі є штанга, яка стискає пакет пластин.

Найбільший тиск буде створюватись в секції проходження ВЖВ, де гідравлічний опір максимальний.

Зусилля, яке необхідно передавати до поверхні пластини будемо визначати по цьому тиску

$$P^1 = \Delta P \cdot S,$$

Де ΔP – тиск на пластину зі сторони ВЖВ. Максимальний тиск зі сторони ВЖВ визначається тиском, який створює насос для прокачування ВЖВ. $\Delta P = 0,4$ МПа;

S - площа, яка сприймає зусилля зі сторони вершків –

$$S = 0,33 \text{ м}^2.$$

$$\text{Тоді } P^1 = 0,4 \cdot 0,33 = 132000 \text{ Н.}$$

Тиск зі сторони вершків розсуває пластини. Цей тиск компенсується притисненням пластини натискними пристроями, що складається із притискної плити, штанги і розпорок.

Оскільки на притискному пристрої необхідно подолати також опір гумових прокладок (ущільнюючих шнурів) то приймаємо

$$P = P^1 \cdot k,$$

Де k - коефіцієнт, який враховує тиск, що створюють гумові прокладки.

Приймаємо $k = 1,3$.

$$\text{Тоді } P = 0,132 \cdot 1,3 = 0,171 \text{ МН.}$$

Штангу необхідно розраховувати на сумісну дію стискаючих сил і крутного моменту. Величину крутного моменту приймаємо 30% від стискаючого зусилля.

Тоді розрахункове зусилля буде рівне:

$$P_{\text{роз}} = \frac{1,3 P}{n},$$

Де n – кількість штанг.

$$P_{\text{роз}} = \frac{1,3 \cdot 1,71}{2} = 0,112 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Внутрішній діаметр штанги визначаємо за рівнянням:

$$P_{\text{роз}} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sigma, \text{ Па,}$$

Де σ - допустима напруга на стиск, приймаємо $\sigma = 115 \text{ МПа}$.

Звідси

$$d = \sqrt{4 \frac{P_{\text{роз}}}{\pi \sigma}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,112 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 115,0 \cdot 10^6}} = 0,0352 \text{ м.}$$

Приймаємо $d = 36 \text{ мм}$.

Довжина штанги 680 мм. При довжині штанги більше $10d$ необхідно перевірити на стійкість за рівнянням:

$$P = \frac{P_{\text{кр}}}{m},$$

Де $P_{\text{кр}}$ – критична сила при закручуванні гайки. Для такого виду штанг можна прийняти $m = 1$.

Критична сила визначається за рівнянням:

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot W}{(\mu \cdot L)^2},$$

де μ – коефіцієнт довжини, який залежить від способу закріплення кінців стержня. В даному випадку $\mu = 2$;

E – модуль пружності . Для сталі приймаємо $E = 2,85 \cdot 10^5 \text{ Па}$;

W – момент інерції , для стержня круглого сечення визначаємо за рівнянням:

$$W = \frac{\pi d^4}{64}, \text{ м}^4.$$

Підставляємо значення $R_{кр}$ і W у рівняння

$$P = \frac{\pi^2 E W}{(\mu l)^2 m} = \frac{\pi^3 E d^4}{(\mu l)^2 m 64}$$

З цього рівняння визначаємо діаметр штанги з умови роботи шранги на стійкість:

$$d = \sqrt[4]{\frac{P (\mu l)^2 64 m}{\pi^3 E}}$$

$$d = \sqrt{\frac{0,171 \cdot 10^6 \cdot 2^2 \cdot 64 \cdot 1}{3,14^3 \cdot 2,85 \cdot 10^5}} = 0,039 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартний розмір діаметру штанги $d = 40 \text{ мм}$.

Таким чином, із розрахунку видно, що визначальним для розрахунку штанги є робота її на стійкість.

2.2.3.2. Розрахунок притискної гайки.

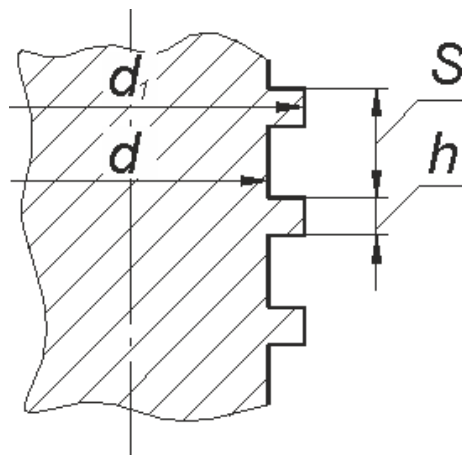


Рис. 2.4. Схема до розрахунку притискної гайки.

Для штанги і гайки до неї приймаємо прямокутну різьбу, яка має високий коефіцієнт корисної дії.

Зовнішній діаметр гайки приймаємо рівним $d_1 = 1,25d = 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ мм}$.

Крок різьби $S = \frac{d_1}{4} = \frac{50}{4} = 12,5 \text{ мм}$.

Висота різьби $h = \frac{S}{2} = \frac{12,5}{2} = 6,25$ мм.

Кількість витків у гайці визначаємо з рівняння:

$$P = Z \cdot \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d^2) g,$$

де Z – число витків різьби;

g – допустимий питомий тиск, Па.

Для даного теплообмінника приймаємо $g = 2,75$ МПа.

Тоді число витків різьби рівне:

$$Z = \frac{P \cdot 4}{\pi (d_1^2 - d^2) \cdot 275} = \frac{0,171 \cdot 10^6 \cdot 4}{3,14 (0,05^2 - 0,04^2) 27,5 \cdot 10^6} = 9.$$

Висота гайки рівна :

$$H_r = Z \cdot S = 12,5 \cdot 9 = 110 \text{ мм.}$$

Провіряємо напругу гайки на згин :

$$\sigma_3 = \frac{6 \cdot P}{\pi d_1 \cdot H_r} = \frac{6 \cdot 171600}{3,14 \cdot 5 \cdot 11} = 59,6 \cdot 10^6 \text{ Па, що менше допустимого для сталі}$$

Ст3.

Зовнішній діаметр гайки визначаємо із умови міцності на розрив із рахуванням кручення:

$$P = \sqrt{\frac{P_{\text{роз}} \cdot 4}{\pi \sigma_{\text{роз}}}} + d_1^2,$$

Де $\sigma_{\text{роз}}$ – допустим напруга на розрив $\sigma_{\text{роз}} = 60,0 \cdot 10^6$ Па

$$P = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,112 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 60,0 \cdot 10^6}} + 0,05^2 = 0,07 \text{ м,}$$

Приймаємо зовнішній діаметр гайки $D = 100$ мм.

Діаметр бортика визначаємо з формулою:

$$D_1 = 1,35 D = 1,35 \cdot 100 = 135 \text{ мм.}$$

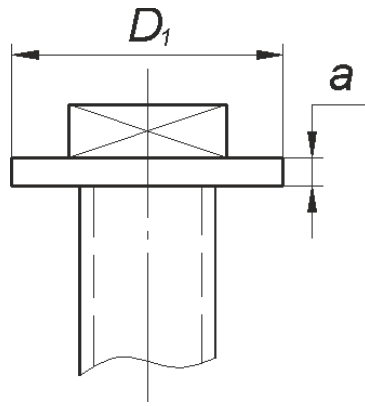


Рис. 2.5. До розрахунку гайки.

Провіряємо гайку на зминання.

Приймаємо допустиму напругу на зминання $\sigma_{зм} = 60,0$ МПа.

$$\sigma_{зм} = \frac{P}{\frac{\pi(D_1^2 - D^2)}{4}} = \frac{4 \cdot 0,171 \cdot 10^6}{3,14(0,135^2 - 0,1^2)} = 26,5 \text{ МПа, що менше чим допустиме.}$$

Висоту бортика (а) визначаємо із умови деформації на згин за рівнянням:

$$a = \sqrt{\frac{3P(D_1 - D)}{\pi D \sigma_{зм}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,171 \cdot 10^6 (0,135 - 0,1)}{3,14 \cdot 10 \cdot 60,0 \cdot 10^6}} = 0,03 \text{ м.}$$

2.3. Розрахунок циліндрового обробника ВЖВ.

2.3.1. Тепловий розрахунок циліндрового обробника.

Обробник складається із чотирьох циліндрів встановлених попарно. У циліндровій частині маслоутворювача Я7-ОМ-ЗТ проходить завершення кристалізації масла і його оброблення. Обробник виконаний у вигляді барабанної мішалки з теплообмінною поверхнею внутрішнього циліндра. У теплообміну сорочку подаємо крижану воду при температурі 3° . ВЖВ потрапляють у обробник при температурі 23° .

Продуктивність маслоутворювача Я7-ОМ-ЗТ - $m = 1000$ (кг/год);

Температура ВЖВ на вході $t_0 = 23^\circ$;

Температура ВЖВ після першого циліндра $t_1 = 18^\circ$;

Температура ВЖВ після другого циліндра $t_2 = 13^\circ$;

Температура ВЖВ після третього циліндра $t_3 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$;

Температура ВЖВ після четвертого циліндра $t_4 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$;

Температура крижаної води на вході у 1 і 2 циліндр $t_{p1п}=3 \text{ }^\circ\text{C}$;

Температура крижаної води на виході із 1 і 2 циліндр а $t_{p2к}=8 \text{ }^\circ\text{C}$;

У третій і четвертий циліндр охолоджуюче (або нагріваюче у випадку виробництва спредів) середовище можна подавати тільки при виробництві особливих сортів масла або спредів, в даному випадку вони служать тільки для оброблення і завершення кристалізації.

Коефіцієнт теплопередачі у першому циліндрі $k_1 = 795 \text{ (Вт/(м}^2 \text{ }^\circ\text{C))}$;

Коефіцієнт теплопередачі у другому циліндрі $k_2 = 760 \text{ (Вт/(м}^2 \text{ }^\circ\text{C))}$.

Розраховуємо теплоємність ВЖВ за температурою у секціях:

$$C_{m1} = 3920 + 1,5 t_{1cp};$$

$$C_{ж1} = 1870 + 33 t_{1cp};$$

$$C_1 = C_{ж} \varphi + C_{m1} (1 - \varphi),$$

де C_{m1} , $C_{ж1}$ – відповідно теплоємність маслянки і жиру;

φ -вміст жиру у даному продукті – приймаємо 0,8.

$$\text{Середня температура у першому циліндрі : } t_{1cp} = \frac{t_0 + t_1}{2} = \frac{23 + 18}{2} = 20,5^\circ\text{C}.$$

$$\text{Середня температура у другому циліндрі : } t_{1cp} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{18 + 13}{2} = 15,5^\circ\text{C}.$$

$$C_{m1} = 3920 + 1,5 t_{1cp} = 3920 + 1,5 \cdot 20,5 = 3950,5 \text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)};$$

$$C_{m2} = 3920 + 1,5 t_{2cp} = 3920 + 1,5 \cdot 15,5 = 2943,5 \text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)};$$

$$C_{ж1} = 1870 + 33 \cdot 20,5 = 2546,5 \text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)};$$

$$C_{ж2} = 1870 + 33 \cdot 15,5 = 2381,5 \text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)};$$

Відповідно теплоємність ВЖВ у першому циліндрі:

$$C_1 = 2546,5 \cdot 0,8 + 3950,5 (1 - 0,8) = 2836 \text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)};$$

у другому циліндрі:

$$C_2 = 2381,5 \cdot 0,8 + 2943,5 (1 - 0,8) = 2493,8 \text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)};$$

Теплоємність крижаної води при середній температурі (додаток 2[11]) $c = 4190 \text{ (Дж/(кг }^\circ\text{C))}$;

Розраховуємо потребу у крижаній воді для першого циліндра. Із першого циліндра необхідно відвести наступну кількість теплоти :

$$Q_1 = m_{\text{год}} \cdot c_1 (t_0 - t_1) = 1000 \cdot 2836 (23-28) = 14180 \text{кДж};$$

з другого

$$Q_2 = m_{\text{год}} \cdot c_2 (t_1 - t_2) = 1000 \cdot 2493,8(18-13) = 12469 \text{кДж};$$

Враховуємо теплоту, яку необхідно відвести при кристалізації ВЖВ;

$$R = 251100 \cdot m_{\text{год}} = 251100 \text{кДж};$$

Оскільки кристалізація проходить у двох секціях, то у кожній секції необхідно відвести теплоту:

$$Q_{1к} = 14180 + 12550 = 26730 \text{кДж};$$

$$Q_{2к} = 12469 + 12550 = 25019 \text{кДж}.$$

Визначаємо кількість крижаної води, яку необхідно подати в кожну секцію з врахуванням втрат теплоти крижаною водою. Приймаємо, що втрати теплоти становлять 10%. Теплоємність крижаної води $c_p = 4190 \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

$$W_1 = \frac{11,1Q_{1к}}{c_p(t_{p1к} - t_{p1к})} = \frac{26730}{4190(8-3)} = 1275 \text{кг};$$

$$W_2 = \frac{11,1Q_{2к}}{c_p(t_{p1к} - t_{p1к})} = \frac{25019}{4190(8-3)} = 1194 \text{кг}.$$

Загальна кількість теплоти, що необхідно подати на циліндричну частину маслоутворювача:

$$W_{\text{ц}} = 1275 + 1194 = 2469 \text{кг}.$$

Враховуючи витрати крижаної води на пластинчастий скребковий охолоджувач, загальна кількість крижаної води

$$W = 3000 + 2469 = 5469 \text{кг}.$$

2.3.2. Визначення потужності для приводу циліндрового обробника.

Визначимо розрахункову продуктивність маслоутворювача.

Вихідні дані до розрахунків:

Необхідна продуктивність маслоутворювача $m_{\text{ГОД}} := 1000$ (кг/год)

густина продукту: $\rho_{\text{П}} := 980$ кг/м³

динамічна в'язкість вершків $\mu_{\text{П}} := 1.73 \cdot 10^{-5}$ (М²/с)

об'ємний ККД циліндрів: $\eta_{\text{об}} := 0.8$

довжина циліндрів: $L_{\text{Ц}} := 0.735$ (

частота обертання циліндрів 2-4 $n := \frac{602.06}{60}$ $n = 10.03$ об/с

частота обертання циліндра 1 $n_1 := \frac{481.645}{60}$ $n_1 = 8.03$ об/с

Температура продукту на вході $t_0 := 23$ (°С)

Температура продукту після першої секції $t_1 := 18$ (°С)

Температура продукту після другої секції $t_2 := 13$ (°С)

Температура продукту після третьої секції $t_3 := 14$ (°С)

Температура продукту після четвертої секції $t_4 := 14$ (°С)

Розрахуємо режим роботи I секції.

діаметр барабанної мішалки I секції: $d_{\text{б1}} := 0.240$ (м);

діаметр зовнішнього (охолоджуючого) циліндра I секції: $d_{\text{ох1}} := 0.260$ (м);

площа вільного січення, по якому йде продукт: $f_{\text{П1}} := \frac{\pi \cdot (d_{\text{ох1}}^2 - d_{\text{б1}}^2)}{4 \cdot \eta_{\text{об}}}$

$$f_{\text{П1}} = 0.00982 \quad (\text{м}^2);$$

Площа теплообмінної поверхні $F_{\text{ТО}} := \pi \cdot d_{\text{ох1}} \cdot L_{\text{Ц}}$ $F_{\text{ТО}} = 0.6$ (м²);

Коефіцієнт теплових втрат через кришки і мішалки $\eta_{\text{Т}} := 0.9$

Тоді швидкість руху продукту в першій секції:

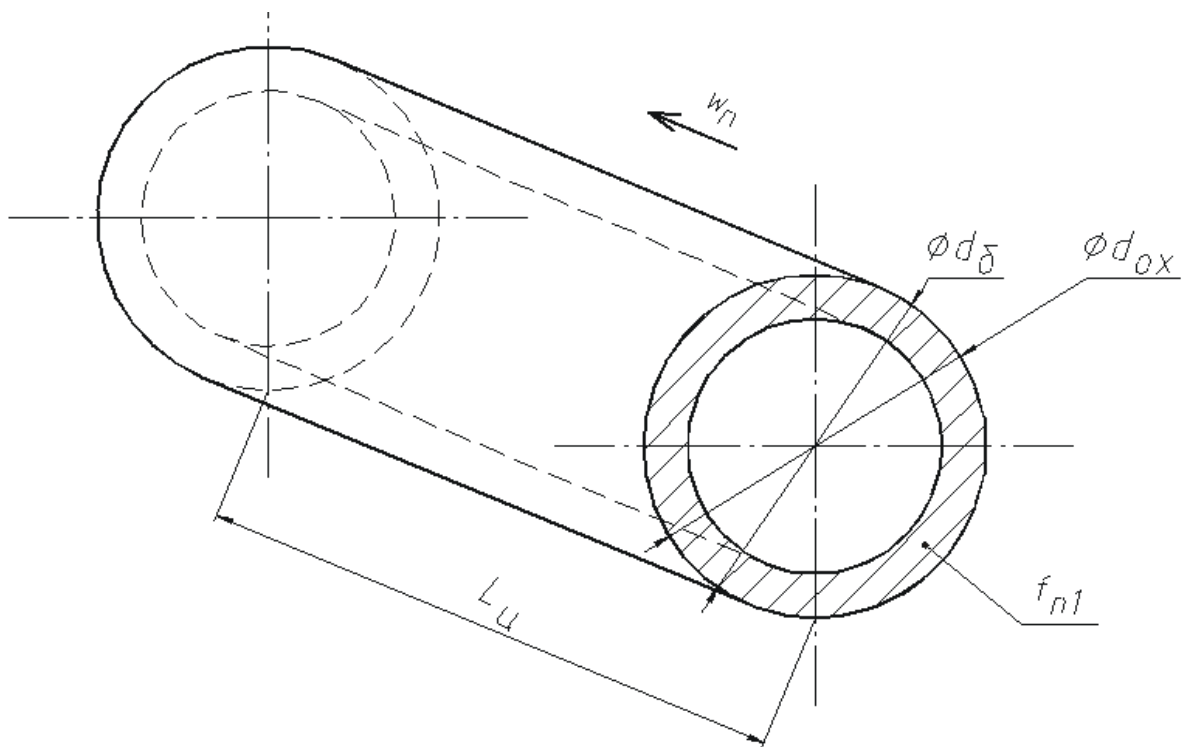


Рис. 2.5. Розрахункова схема циліндра маслоутворювача.

$$\omega_{\Pi 1} := \frac{m_{\text{ГОД}}}{3600 \cdot f_{\Pi 1} \cdot \rho_{\Pi}} \quad \omega_{\Pi 1} = 0.03 \quad (\text{м/с})$$

Час перебування продукту в першій секції:

$$\tau_1 := \frac{L_{\Pi}}{\omega_{\Pi 1}} \quad \tau_1 = 25.46 \quad (\text{с})$$

Споживану потужність барабанної мішалки визначимо за формулою

$$N_p = K_N \cdot d_{\text{ЕКВ}}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\Pi} \quad ,$$

де K_N - коефіцієнт потужності

$$d_{\text{ЕКВ}} := \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\Pi 1}}{\pi}} \quad d_{\text{ЕКВ}} = 0.11$$

$$Re_z := \frac{n \cdot d_{\text{ЕКВ}}}{60 \cdot \mu_{\Pi}} \quad Re_z = 1080.8$$

Для $Re_z = 1080.8$

при умовах:

Температура продукту на вході $t_0 = 23 \quad (^\circ\text{C})$

Температура продукту після секції $t_1 = 18 \quad (^\circ\text{C})$

$$K_N := 0.28$$

$$N_{p1} := K_N \cdot d_{\text{ЕКВ}}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\Pi} \quad N_{p1} = 2.48 \quad (\text{кВт})$$

Розрахуємо режим роботи II секції.

діаметр барабанної мішалки II секції: $d_{\sigma 2} := 0.240 \quad (\text{м});$

діаметр внутрішнього (охладжуючого) циліндра II секції: $d_{\text{ох}2} := 0.260 \quad (\text{м});$

площа вільного січення, по якому йде продукт: $f_{\Pi 2} := \frac{\pi \cdot (d_{\text{ох}2}^2 - d_{\sigma 2}^2)}{4 \cdot \eta_{\text{об}}}$

$$f_{\Pi 2} = 0.00982 \quad (\text{м}^2);$$

Тоді швидкість руху продукту в другій секції:

$$\omega_{\Pi 2} := \frac{m_{\text{Год}}}{3600 \cdot f_{\Pi 2} \cdot \rho_{\Pi}} \quad \omega_{\Pi 2} = 0.03 \quad \text{м/с}$$

Час перебування продукту в другій секції:

$$\tau_2 := \frac{L_{\Pi}}{\omega_{\Pi 2}} \quad \tau_2 = 25.46 \quad (\text{с})$$

Визначимо споживану потужність барабанної мішалки другої секції.

$$d_{\text{екв}} := \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\Pi 2}}{\pi}} \quad d_{\text{екв}} = 0.11$$

$$Re_z := \frac{n \cdot d_{\text{екв}}}{60 \cdot \mu_{\Pi}} \quad Re_z = 1080.8$$

Для $Re_z = 1080.8$

при умовах:

Температура продукту на вході $t_1 = 18 \quad (^\circ\text{C})$

Температура продукту після секції $t_2 = 13 \quad (^\circ\text{C})$

$$K_N := 0.28$$

$$N_{p2} := K_N \cdot d_{\text{екв}}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\Pi} \quad N_{p2} = 4.84 \quad (\text{кВт})$$

Розрахуємо режим роботи III секції.

діаметр барабанної мішалки III секції:

$$d_{\text{б3}} := 0.240 \quad (\text{м});$$

діаметр внутрішнього (охолоджуючого) циліндра III секції:

$$d_{\text{ох3}} := 0.260 \quad (\text{м});$$

площа вільного січення, по якому йде продукт:

$$f_{\Pi 3} := \frac{\pi \cdot (d_{\text{ох3}}^2 - d_{\text{б3}}^2)}{4 \cdot \eta_{\text{об}}}$$

$$f_{\Pi 3} = 0.00982 \quad (\text{м}^2);$$

Тоді швидкість руху продукту в третій секції:

$$\omega_{\text{П3}} := \frac{m_{\text{ГОД}}}{3600 \cdot f_{\text{П3}} \cdot \rho_{\text{П}}} \quad \omega_{\text{П3}} = 0.03 \quad \text{м/с}$$

Час перебування продукту в третій секції:

$$\tau_3 := \frac{L_{\text{П}}}{\omega_{\text{П3}}} \quad \tau_3 = 25.46$$

Визначимо споживану потужність барабанної мішалки третьої секції.

$$d_{\text{екв}} := \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{П3}}}{\pi}} \quad d_{\text{екв}} = 0.11$$

$$Re_Z := \frac{n \cdot d_{\text{екв}}}{60 \cdot \mu_{\text{П}}} \quad Re_Z = 1080.8$$

Для $Re_Z = 1080.8$

при умовах:

Температура продукту на вході $t_2 = 13$ (°C)

Температура продукту після секції $t_3 = 14$ (°C)

$K_N := 0.39$

$$N_{\text{р3}} := K_N \cdot d_{\text{екв}}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\text{П}} \quad N_{\text{р3}} = 6.75 \quad (\text{кВт})$$

Розрахуємо режим роботи IV секції.

діаметр барабанної мішалки IV секції: $d_{\text{б4}} := 0.240$ (м);

діаметр внутрішнього (охолоджуючого) циліндра III секції: $d_{\text{ох4}} := 0.260$ (м);

площа вільного січення, по якому йде продукт: $f_{\text{П4}} := \frac{\pi \cdot (d_{\text{ох4}}^2 - d_{\text{б4}}^2)}{4 \cdot \eta_{\text{об}}}$

$$f_{\text{П3}} = 0.00982 \quad (\text{м}^2);$$

Тоді швидкість руху продукту в третій секції:

$$\omega_{\text{П4}} := \frac{m_{\text{ГОД}}}{3600 \cdot f_{\text{П4}} \cdot \rho_{\text{П}}} \quad \omega_{\text{П4}} = 0.03 \quad \text{м/с}$$

Час перебування продукту в третій секції:

$$\tau_4 := \frac{L_{\Pi}}{\omega_{\Pi 4}} \quad \tau_4 = 25.46$$

Визначимо споживану потужність барабанної мішалки третьої секції.

$$d_{\text{екв}} := \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\Pi 4}}{\pi}} \quad d_{\text{екв}} = 0.11$$
$$Re_z := \frac{n \cdot d_{\text{екв}}}{60 \cdot \mu_{\Pi}} \quad Re_z = 1080.8$$

Для $Re_z = 1080.8$

при умовах:

Температура продукту на вході $t_3 = 14$ (°C)

Температура продукту після секції $t_4 = 14$ (°C)

$K_N := 0.31$

$$N_{p4} := K_N \cdot d_{\text{екв}}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\Pi} \quad N_{p4} = 5.36 \quad (\text{кВт})$$

Загальна витрата потужності: $N := N_{p1} + N_{p2} + N_{p3} + N_{p4}$

$N = 19.43$

Витрата потужності по двигунах:

на першому електродвигуні:

$$N_1 := N_{p1} + N_{p2} \quad N_1 = 7.32 \quad (\text{кВт})$$

на другому електродвигуні:

$$N_2 := N_{p3} + N_{p4} \quad N_2 = 12.11 \quad (\text{кВт})$$

3. Вплив режимів роботи маслоутворювача Я7-ОМ-3Т на структурно – механічні властивості масла.

3.1. Особливості структури масла одержаного способом перетворення ВЖВ.

Структура масла включає розташування та взаємодію різних компонентів, таких як жир, плазма і повітря. У всіх типах масла ця структура має схожі структурні елементи. В рідкому жирі розподіляються краплі плазми, кристалічний жир і пухирці повітря. Краплі плазми містять окремі жирові кульки з частково або повністю збереженими оболонками. Ця структура визначає характеристики масла, такі як консистенція, термостійкість, пластичність та інші.

Під час виробництва масла методом перетворення ВЖВ спостерігається менша ступінь дестабілізації жирової фази вершків. Більше 2% жиру залишається у формі емульсії, при цьому кількість повітря зменшується на 2–10 разів. Структура масла формується кристалами тригліцеридів жиру, залежно від характеру контактів між ними. Існують два типи структур: коагуляційна і кристалізаційна.

У коагуляційній структурі взаємодія кристалів тригліцеридів відбувається через повітряні прошарки. Ця структура має меншу міцність, але добре виражену пластичність. Кристалізаційна структура полягає у з'єднанні кристалів тригліцеридів жиру (фазові контакти), що характеризується підвищеною міцністю, твердістю та одночасною крихкістю.

Масло, отримане перетворенням ВЖВ, має переважно фазові контакти і характеризується кристалізаційно-коагуляційною структурою. Це призводить до підвищеної твердості та міцності цього масла порівняно з маслом, виготовленим шляхом збивання вершків. Однак цей тип структури робить масло менш пластичним, менш термостійким, менше пружним, менше липким та менш схильним до намазування. Розмір кристалів тригліцеридів також впливає на

структурно-механічні властивості масла. Можливою реологічною моделлю масла є тіло Сен–Венана, характеризоване основною властивістю - в'язкістю.

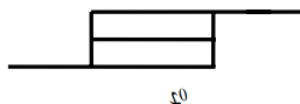
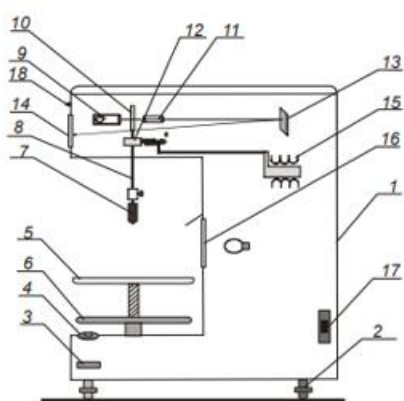


Рис. 3.1. Реологічне тіло Сен–Венана.

Впливати на структуроутворення у масловиготовлювачі можна двома чинниками – зміною температури ВЖВ при русі через теплообмінні апарати та зміною інтенсивності механічної обробки.

3.2. Дослідження структурно - механічних властивостей масла.

Для вимірювання структуро – механічних властивостей масла на виході із маслоутворювача був вибраний метод пенетрації за допомогою пенетрометра “Labor”, оскільки він може використовуватися у широких межах зміни характеристик продукту і має мірні циліндри на 200мл, що є достатнім для масла.



1 – корпус; 2 – ніжка нерегульована; 3 – гвинт ніжки регульованої 4 – рівень; 5 – підйомний столик; 6 – штурвал підйомного столика; 7 – індентор; 8 – стрижень; 9 – джерело світла; 10 – мікروشкала; 11 – конденсор; 12 – фіксатор; 13 – дзеркало; 14 – екран для спостереження; 15 – електромагнітна котушка; 16 – екран для освітлення зразка; 17 – вмикач пенетрометра; 18 – кнопка пуску індентора

Рис. 3.2. Пенетромтр “Labor”.

Пенетромтр складається з корпусу з трьома опорними ніжками: однією нерегульованою і двома регульованими для вивірення на горизонтальність за допомогою рівня. У приладі передбачено підйомний столик для підведення

зразків до індентора, який закріплений на стрижні з мікрошкалою. Також присутні вмикач напруги, кнопка пуску індентора, екран спостереження для фіксації значень, а також освітлювальний екран для освітлення дослідного зразка.

Принцип дії полягає в вільному проникненні (пенетрації) індентора в дослідний зразок протягом визначеного часу. Метод занурення конуса для оцінки структурно-механічних властивостей в'язкопластичних тіл був запропонований Ребіндером.

Проведення досліджень. Вимикачем 17 подають напругу на екран спостереження 14, на якому відображається шкала 10 та на електромагніт 15. На стрижні кріпиться вибраний індентор і вручну переміщують його та виставляють на «0» за шкалою 10. Дослідний зразок масла у спеціальній посудині (висота якої вище 35 мм) встановлюють на столик, а потім за штурвалом 6 підводять зразок до контакту індентора з поверхнею масла. Після цього кнопкою 18 звільнюють індентор, і він починає занурюватися у масло, час занурення складає 5 с. Значення величини пенетрації індентора фіксуються на екрані спостереження.

Гранична напруга зсуву незруйнованої структури σ_0 (Па) розраховується за формулою Ребіндера:

$$\sigma_0 = k \frac{m \cdot g}{h^2},$$

m – маса індентора і стержня приладу, кг;

g – прискорення вільного падіння m/c^2 ;

h – глибина занурення конуса, м;

k – константа індентора. Залежність константи індентора від кута конуса представлені в таблиці.

Таблиця 3.1. Залежність константи індентора від вершини кута конуса.

Константа індентора	Кут з вершиною конуса α , град			
	30	45	60	90
К	0,456	0,286	0,164	0,0657

Підготовка дослідного зразку. Для проведення досліджень відбирали пробу масла на виході з циліндрового масловиготовлювача. Температура масла 16°C

Попередньо ВЖВ були пастеризовані при температурі 96°C, дезодоровані і поступили у маслоутворювач при температурі 75°C.

Таблиця 3.2. Залежність в'язкості вершкового масла від тривалості перемішування і охолодження ВЖВ у пластинчастому охолоднувачі.

Тривалість перемішування, хв	μ , Па·с	Тривалість перемішування, хв	μ , Па·с
8	0,042	116	0,037
54	0,048	155	0,030
76	0,053	193	0,025

Таблиця 3.3. Залежність в'язкості вершкового масла від часу його обробки у циліндровій частині маслоутворювача.

τ , с	$\mu \cdot 10^4$, Па·с	t , °C	Проба на термостійкість	Консистенція
60	3,6	16	Зберігає форму	Крихка
180	2,1	16		Добра
360	1,4	16	Розплавляється	М'яка
540	0,6	16	Швидко розплавляється	Вазеліноподібна

Примітка. τ – термін оброблення в циліндровій частині маслоутворювача
 t – температура охолодження масла на виході із апарату.

4. Експлуатація маслоутворювача Я7-ОМ-3Т

Технічні характеристики маслоутворювача Я7-ОМ-3Т (модернізованого)

Продуктивність маслоутворювача за видами масла, кг/год:

солодковершковому	1000
любительському	850
селянському	750
Температура поступаючих ВЖВ, □	75
Температура продукту на виході, □	11 -18
Споживання холоду, кВт	35
Температура крижаної води, □	3- 5
Встановлена потужність, кВт	35
Габаритні розміри, м	1870x825x1175
Маса, кг	1000

4.1.Монтаж маслоутворювача Я7-ОМ-3Т

Маслоутворювач є одним із складових у лінії виробництва масла. Модернізований маслоутворювач складається із двох апаратів з окремими приводами. Встановлювати удосконалений маслоутворювач необхідно в безпосередній близькості до ВЖ – 600 і таким чином щоб забезпечити зручне транспортування готової продукції у склад і достатню зону обслуговування. Складові маслоутворювача поставляються в окремих упаковках і комплектується згідно супутньої відомості. Переміщення збірних одиниць до місця розпаковування повинно здійснюється у відповідності до схеми строповки та відповідних позначок на тарі за ремболти. Після розпаковки ящиків проводять зовнішній огляд маслоутворювача перевіряють комплектність згідно відомості і проводиться розконсервація маслоутворювача.

Транспортування та переміщення маслоутворювача на монтажну площадку у цеху проводять за допомогою електротельфера чи іншого вантажопідйомного

механізму. Спочатку встановлюють на фундаменті станини охолоджувача і обробника і вивіряють так, щоб контрольні поверхні перебували в горизонтальному положенні. Далі проводять монтаж приводів устновки і робочих частин. Важливим є правельне встановлення на хрестовинах охолоджувача ножів. Необхідно звернути увагу на кут заточення ножа: при обертанні він повинен зрізати ВЖВ з пластини, а не ковзати по пластині. Це ж саме стосується і ножів – мішалок у циліндрах. Після встановлення маслоутворювача на фундамент проводять монтаж трубопроводів ВЖВ, а також комунікацій для підведення та відведення робочих середовищ: крижаної води, а також миючих засобів.

При монтажі маслоутворювача на ділянці трубопроводу від насоса для вершків до апарату повинні бути встановлена бойпасна лінія із запобіжним клапаном і манометром. Запобіжний клапан при підвищені тиску у маслоутворювачі на вході в апарат відключає насос подачі вершків або повертає вершки на всмоктуючу сторону насоса. Клапан потрібно відрегулювати таким чином, щоб при тиску на вході в апарат 0,5 МПа він відкривався і пропускав частину продукту назад у ванну.

Електричний монтаж проводиться відповідно до правил включення електросилових установок персоналом , що має третій і вище розряд кваліфікаційної групи. Відповідно також є важливим правильне з'єднання обмоток двигунів для забезпечення обертання двигуна, а далі мішалок охолоджувача і обробника у правильному напрямку.

Необхідно провести ізоляцію трубопроводів крижаної води, вершків і гарячої води. Масловиготовлювач потрібно підключити до системи безрозбірного миття СІП .

4.2. Підготовка до роботи апарату і робота апарату.

Перед початком роботи необхідно перевірити наявність масла картері охолоджувача і обробника, при необхідності долити. Заповнюють змазкою

підшипники, які вказані в документації. В залежності від запланованої продуктивності лінії на вихідному валі охолоджувача встановлюють відповідний шків. Провіряють натяг пасів клино – пасової передачі охолоджувача та натяг ланцюгової передачі циліндрового обробника. Натяг пасу проводиться механізмом «гвинт – гайка», а ланцюгів натяжною зірочкою.

Якщо установка на складі зберігалася більше 6 місяців, необхідно пластикові ножі охолоджувача прокип'ятити у середовищі води для зняття внутрішніх напруг.

Провірити і відрегулювати продуктивність двоплунжерного насосу регулювальними гвинтами обох кривошипів. За один повний оберт гвинта продуктивність змінюється на 65кг.

Оскільки охолоджуючі пластини виконані із тонко листової сталі, то при високому тиску води у пластинах їх може роздути, якщо в продуктивній пластині відсутній тиск.

Тому при монтажі установки і підготовці до роботи необхідно виконувати наступне:

- вентиль на вході крижаної води крижану воду в установку закрити. Крижану воду необхідно подавати після заповнення продуктової частини водою під робочим тиском;
- вентиль на вході крижаної води повинен бути відкритим так, щоб тиск не був вищим 0,3 МПа, вентиль на виході крижаної води закритий тільки при випробуванні, а при роботі апарату він завжди відкритий.
- Після монтажу і в процесі роботи необхідно перевірити герметичність охолоджуючих пластин щоб охолоджуюча вода не попала в продукт. Для цього потрібно:
 - перекрити крани на вході і виході крижаної води;
 - відкрити штуцери з'єднання на вході і на виході крижаної води;
 - після повного зливання крижаної води, включити плунжерний насос і подати воду у систему;

- перекрити кран на виході продукту і підняти тиск до 0,4МПа, перевірити візуально герметичність з'єднань. Якщо з патрубка крижаної води буде витікати тривалий час вода, то це свідчить про дефект охолоджуючої пластини. В такому випадку охолоджувач потрібно розібрати і пластину замінити.
- після цього можна включити насос і під'єднати систему охолодження.
- По манометру необхідно вірегулювати тис повітря в системі.
-

4.3. Порядок роботи маслоутворювача з продуктом.

-Перед початком роботи кран виході масла із циліндрового обробника необхідно поставити на повернення продукту назад у ванну;

закрити кран для виходу продукту із апарату.

- відкрити кран для виходу повітря із апарату на верхньому циліндрі

- після включення електроживлення , відкрити кран подачі ВЖВ і включити насос подачі.

- включити маслоутворювач в роботу і відкрити крани на вхідній і вихідній магістралі подачі крижаної води.

- за допомогою блоку керування вивести маслоутворювач на робочий режим;

- після досягнення необхідної обробки масла відкрити кран для подачі масла на розфасування.

Оптимальні режими функціонування пристрою Я7-ОМ-3Т, які гарантують максимальну продуктивність та високу якість масла за його консистенцією та термостійкістю, налаштовуються з урахуванням сезону, якості використовуваної сировини та типу масла. Для виробництва масла з низьким вмістом жиру, підвищують механічну обробку і температуру вихідного масла. Під час роботи маслоутворювача та маслообробника, оператор повинен контролювати процес та налаштовувати продуктивність пристрою та подачу охолоджувальної води. Готове масло, що виходить з маслообробника, повинне мати температуру у межах 13-16 °С.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки

До основного технологічного обладнання по виробництву масла вершкового відносяться: зважуючі приймальні місткості, насоси, сепаратори, пастеризаційні установки, сепаратори для отримання високожирних вершків, маслоутворювач, маслообробник, дестабілізатор, технологічні візки, установка для фасування масла.

Основні вимоги з безпечної експлуатації електричних насосів і тестабілізатора передбачають в першу чергу якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

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

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

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

Технологічні місткості закритого типу повинні в першу чергу забезпечувати герметичність.

Підтікання є недопустимим фактором, оскільки створює додаткові небезпечності для обслуговуючого персоналу (слизька підлога, підвищена

вологість). Зростає імовірність падіння і отримання травм, а також ураження електричним струмом.

Головними вимогами, які слід витримати при експлуатації сепараторів-молокоочищувачів і сепараторів-вершковідділювачів, є:

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

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

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

- категорично забороняється знімати кришку сепаратора до повної зупинки;

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

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

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

Перед і після подачі продукту місткість слід обов'язково піддавати миттю.

При експлуатації установок для пастеризації суттєву небезпеку становлять ситуації, пов'язані з тепловими опіками. Стандартами передбачається максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша від 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці пропонується застосовувати теплоізоляцію або кожухи, які б забезпечували відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020–82).

Обслуговуючий персонал маслоутворювача повинен обов'язково бути навчений та допущений до роботи на маслоутворювачі та маслообробнику. Трубопроводи слід розміщувати так, щоб не ускладнювати обслуговування робочої зони. Усі стики вузлів трубопроводів, а також вентиля та крани повинні бути герметичні та не допускати просочування продукту, розсолу, води та ін. Трубопроводи, по яких надходить розсіл, повинні бути покриті шаром ізоляції.

Забороняється працювати при виникненні сторонніх шумів, підвищеної вібрації апаратів. Після монтажу циліндри маслоутворювача та циліндр маслообробника повинні бути перевірені на герметичність гідравлічним тиском 0,4 МПа. Випробування на герметичність слід проводити при кожній перестановці на нове місце. Після кожного збирання та підготовки до запуску маслоутворювача та маслообробника потрібно перевіряти всю систему трубопроводів на герметичність на холодній воді при роботі насоса та закритому випускному вентилі. Регулювання роботи маслоутворювача та маслообробника Регулювання здійснюють в залежності від пори року та умов годування ко-рів, моделі та технічного стану обладнання. Регулювання роботи маслоутворювача та маслообробника заключається в наступному: - при м'якій консистенції масла слід збільшити продуктивність та підвищити температуру масла на виході з маслообробника; - в випадку отримання масла з твердою структурою, що руйнується, навпаки треба зменшити продуктивність маслоутворювача та знизити температуру охолодження. В першому випадку це зумовлює зміцнення структури, в другому – зниження міцносних характеристик. Консистенція масла в обох випадках покращується. В осінньо-зимовий період року при високоплавкому молочному жирі тривалість обробки продукта в зоні кристалізації жиру повинна бути збільшена відносно до весняно – літнього періоду року на 15-20%. Здійснюється це завдяки зниженню продуктивності маслоутворювача або зміною режимів охолодження та механічної обробки в маслообробнику.

При експлуатації фасувального автомату особливу увагу слід звернути на його герметичність і відсутність підтікання. Відкриті рухомі частини (зубчасті

сегменти, муфти, виступаючі кінці валів, махові колеса, гребінки тощо), передачі (шків, паси) повинні мати захисні засоби, які забезпечують безпеку при обслуговуванні, виступаючі частини машин, що обертаються (шпонки, штопорні гвинти тощо) закриті гладенькими футлярами; зубчасті шестерні, муфти редукторів закриті з усіх сторін кожухами (щитками).

Пристрої для пуску і зупинки машин і агрегатів розміщують так, щоб ними можна було користуватися зручно і швидко. Всі частини машин, апаратів, які треба змащувати, мають автоматичні мастильні прилади. Якщо таких приладів немає, а підшипники треба наповнити мастилом під час роботи трансмісій, змащувати їх можна лише при безпечному підході до підшипників, або при допомозі спеціальних трубок і маслянок, виведених у безпечну і зручну зону.

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

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

Експлуатація обладнання, пов'язаного з відкритими дзеркалами технологічних рідин (приймальні місткості ванни тощо) пов'язана з інтенсивним

випаровуванням і виділенням теплоти. Одним з найбільш ефективних засобів боротьби з ними є встановлення місцевої вентиляції. До найбільш ефективних прикладів застосування місцевої вентиляції належать повітряні душі. Температури і швидкості руху повітря на постійних робочих місцях, які обслуговуються повітряними душами, слід приймати згідно з СН 245-71, а розрахункові параметри оточуючого повітря – згідно СНіП II-33-75.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на молокозаводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі, перемішуючі робочі органи (перемішуючі органи ванн, мішалки резервуарів для зберігання молока) тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін. Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини. Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

Стійкість роботи ПрАТ Тернопільський молокозавод в умовах надзвичайних ситуацій. Підприємство ПрАТ Тернопільський молокозавод складають споруди, в яких розміщуються виробничі цехи, технологічне обладнання, будівлі енергетичного господарства, системи енергопостачання, інженерні та паливні комунікації, системи зв'язку і управління, складське господарство, будівля та споруди адміністративного, побутового та господарського призначення. В технологічних процесах виробництва продукції на ПрАТ Тернопільський молокозавод використовують небезпечну хімічну речовину – аміак. Ця обставина зобов'язує керівництво заводу до особливих заходів безпеки на випадок надзвичайних ситуацій, які могли б призвести до викиду (випливу) аміаку в навколишнє середовище. В загальному під стійкістю роботи підприємств харчової та переробної промисловості розуміють їх можливість в умовах надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу виробляти продукцію в запланованому обсязі і номенклатурі, а при незначних пошкодженнях відновлювати виробництво в мінімальні терміни, стійкість роботи такого підприємства складається із [19,20] : - стійкості інженерно-технічного комплексу (будівель, споруд, систем енерго-, газо-, водозабезпечення, технологічного обладнання і т.п.) до дії зовнішніх факторів при аваріях, катастрофах, стихійних лихах, а також при застосуванні щодо них сучасної зброї; - стійкості виробничої діяльності (захист виробничого персоналу, надійність систем управління, постачання, поновлення роботи в найкоротші терміни); Шляхи і засоби підвищення стійкості роботи ПрАТ Тернопільський молокозавод:

- нагромадження фонду захисних споруд і засобів індивідуального захисту;
- розширення шляхів сполучення і розвиток всіх видів транспорту;
- утворення матеріально-технічних резервів;
- підсилення енергетичних потужностей; - розробка та постійне оновлення плану евакуації персоналу на випадок надзвичайної ситуації;

У технологічному процесі виготовлення молочної продукції використовуються холодильні установки, для роботи яких використовується як

холодоагент аміак, що є небезпечною хімічною речовиною IV класу по хімічній небезпеці.

Характеристика аміаку:

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

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

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

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

Проведемо оцінку можливої хімічної обстановки у випадку виливу (викиду) аміаку з найбільшої за об’ємом одиничної ємності, яка використовується на підприємстві. Вихідні дані для розрахунку:

Внаслідок аварії було зруйновано ємність, де знаходилось 2,5 тони аміаку. Ємність обвалована. Висота обваловки 1м. Ємність знаходиться на території заводу біля компресорної. під час аварії вітер повернув в бік виробничих цехів, азимут вітру - 315°. На заводі працює 800 чоловік, забезпеченість протигазами - 90%. Метеорологічні умови: ясно, температура повітря 20°C, швидкість вітру менше 1м/с (інверсія). Проведемо розрахунки в наступному порядку.

1. Визначаємо еквівалентну кількість аміаку у первинній хмарі за формулою:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_7 \cdot Q_0$$

де: K_1 - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання аміаку, $K_1 = 0,18$;

K_3 - коефіцієнт, що дорівнює відношенню значення уражаючої токсичної дози аміаку до значення уражаючої токсичної дози іншої НХР; $K_3 = 0,04$;

K_5 - коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості атмосфери, для інверсії $K_5 = 1$;

K_7 - коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря, для 20°C $K_7 = 1$.

Q_0 - маса розлитого аміаку ($Q_0 = 3\text{т}$).

$$Q_{e1} = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3 = 0,021\text{т}.$$

2. Визначимо еквівалентну кількість аміаку у вторинній хмарі:

Тоді:

$$Q_{e2} = (1 - K_1) K_2 \square K_3 \square K_4 \square K_5 \square K_6 \square \frac{Q_0}{h \square d}$$

де: K_2 - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей аміаку, ($K_2 = 0,025$);

K_4 - коефіцієнт, що враховує швидкість вітру у приземному шарі, ($K_4=1$); K_6 - коефіцієнт, що залежить від часу, що пройшов після аварії, ($K_6 = 3,03$) d - густині аміаку ($d = 0,681 \text{ т/м}^3$); h - товщина шару рідини,

$$h = H - 0,2 = 1 - 0,2 = 0,8/$$

де: H - висота обваловування,

$$\text{Тоді: } Q_{e2} = (1 - 0,18) \square 0,025 \square 0,04 \square 1 \square 1 \square 3,03 \frac{3}{0,8 \square 0,661} = 0,013\text{т}.$$

3. Визначимо повну глибину зони хімічного забруднення: Із довідкової таблиці глибина зони забруднення первинною хмарою дорівнює $1,25\text{км}$, тобто $r_1 = 1,25\text{км}$.

Із таблиці Д1 знаходимо глибину зони забруднення вторинною хмарою $r_2 = 1,25\text{км}$.

Повна глибина зони забруднення $г$:

$$г = r_2 + 0,5 r_1 = 1,25 + 1,25 \cdot 0,5 = 1,8\text{км};$$

4. Визначаємо площу зони хімічного забруднення:

$$S = \frac{\pi r^2}{n} = \frac{3,14 \square 1,8^2}{1} = 10,2\text{м}^2.$$

де: n - коефіцієнт, що залежить від швидкості вітру (при $V < 1\text{м/с}$, $n = 1$).

Визначаємо час розповсюдження хмари забрудненого повітря по території заводу:

$$t = \frac{x}{V} = \frac{0,1}{5} = 0,02 \text{ год} = 72 \text{ с.}$$

де: x – відстань від джерела забруднення до заданого об'єкта.

В нашому випадку це відстань від компресорної станції до промислово-виробничого цеху: $x=0,1$ км; V - швидкість переміщення попереднього фронту зараженої хмари, для інверсії $V = 5$ км/год. 5. Визначаємо тривалість вражаючої дії аміаку. Тривалість вражаючої дії аміаку залежить від часу випаровування у площі розливу:

$$П_1 = 800 - \frac{800 \cdot 90}{100} = 80 \text{ чол.}$$

$$T = \frac{h \cdot d}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_7} = \frac{0,8 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} = 21,7 \text{ год.}$$

із них смертельні: $80 \cdot 0,35 = 28$ чол; середнього і важкого ступеня: $80 \cdot 0,4 = 32$ чол; легкого ступеня: $80 \cdot 0,25 = 20$ чол; Таким чином, за результатами розрахунків маємо: Глибина зони зараження становить до 1,8 км. Через 72 сек хмара забрудненого повітря з уражаючою концентрацією підійде до виробничих цехів. Тривалість уражаючої дії аміаку в зоні забруднення - до 22 год.

6. Визначаємо можливі втрати n_1 виробничого персоналу в осередку ураження, використовуючи відповідну довідкову таблицю методики .

Основні законодавчі та нормативно-правові акти).

У випадку ліквідації аварії з виливом (викидом) аміаку пропонується користуватися ізолюючими протигазами ПП-4М, ПП-5 або їх сертифікованими аналогами, фільтруючими промисловими протигазами з фільтруючими коробками великого габариту марки КД (коробка сірого кольору). Термін захисної дії протигазу при концентрації 2,3 мг/л без фільтру - 240 хв, з фільтром і індексом "В" - 120 хв. Респіратори РПГ-67 з патроном КД використовувати при концентрації пари аміаку в повітрі не більше 10-15 ГПК 0,2 - 0,3 мг/л. Для захисту шкіри пропонується використовувати захисний одяг, гумові чоботи, рукавиці. Ліквідація наслідків аварії з виливом аміаку передбачає своєчасне (негайне) оповіщення виробничого персоналу і населення, яким загрожує небезпека. Із зони аварії необхідно вивести сторонніх, на її території треба бути лише у засобах

захисту. Необхідно усунути джерела відкритого вогню й почати усунення витікання або перекачати аміак в резервну ємність. Не допускати надходження аміаку у водоймище, тунелі, підвали, каналізацію. Якщо виникла пожежа то необхідно прибрати із зони пожежі все, що можливо і дати догоріти, треба охолоджувати ємності водою і гасити пожежу піском, водою з максимальної відстані. Для зменшення глибини зони хімічного забруднення пропонується використовувати водяні завіси, які створюються за допомогою пожежних гідрантів або поливальних шлангів. Перша допомога при ураженні аміаком - вивести потерпілого на свіже повітря, надати спокій, промити очі, шкіру, слизові оболонки водою або 2% розчином борної кислоти. В очі закапати 2-3 краплі альбуциду, провести інгаляцію киснем або теплою водяною парою. Якщо аміак потрапляє всередину організму, то він спричиняє блювоту і пронос. В цьому разі необхідно промити шлунок водою, підкисленою оцтом, випити склянку молока, лимонного соку або олії.

Таблиця 5.1

Результати оцінки хімічної обстановки:

Джерело забруднення	Тип СДОР	Кількість СДОР	Глибина зони забруд., км,	Площа зони забруд., км ²	Площа осередку ураження	Втрати від СДОР Чол.	Примітки
Зруйнована ємність	Аміак	2,5	1,8	10,2		80	

Висновки щодо надійності захисту промислово-виробничого персоналу.

В результаті проведеного аналізу небезпечних ситуацій, які можуть виникнути на ПрАТ Тернопільський молокозавод і призвести до руйнувань та людських жертв небезпечними є НС: виникнення виробничих аварій, стихійні лиха, пожежі, урагани, паводки, застосування ЗМУ. Найважливішими заходами щодо захисту від надзвичайних ситуацій техногенного характеру, які можуть виникнути на підприємстві, є дотримання правил техніки безпеки та умов технологічних процесів. У разі виникнення НС з викидом радіації усі працівники підприємстві забезпечуються засобами індивідуального захисту. У разі

необхідності укриття уся зміна працюючих повинна бути евакуйована до найближчого міського ПРУ. Підвищити стійкість роботи об'єкта можливо за рахунок проведення і дотримання заходів запропонованих у даному підрозділі. Це дозволить не тільки уникнути людських жертв на випадок непередбачуваних надзвичайних ситуацій техногенного характеру, але й запобігти їх виникненню.

Висновки

В магістерській роботі проведено удосконалення вузла охолодження маслоутворювача Я7-ОМ-3Т

Запропоновано додатково встановити пластинчастий скребковий охолоджувач для охолодження ВЖВ до температури кристалізації 21-23 °С, а далі незначне охолодження і оброблення масла провести у циліндровій частині маслоутворювача.

Запропоновано для охолодження ВЖВ використати крижану воду. Це значно зменшить корозійне зношення деталей і вузлів маслоутворювача та комунікацій підведення робочих середовищ.

Проведення оброблення ВЖВ – масла у циліндровій частині значно збільшить тривалість кристалізації, покращить консистенцію масла і дозволить фасувати масло зразу на виході із апарату.

Проведені розрахунки пластинчастого скребкового охолоджувача щодо необхідної кількості пластин, витрат крижаної води, та розрахунки на міцність окремих деталей, а також циліндрової частини маслоутворювача, що підтверджує його роботоздатність та доцільність модернізації.

Проведені дослідження консистенції масла на виході із удосконаленого маслоутворювача підтверджують можливість фасувати масло безпосередньо на виході із апарату.

Перелік посилань

1. Гулий І.С. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості /І.С. Гулий. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 575 с.
2. Ересько, Г.А. Маслообразователь интенсивного действия [текст] / Г.А. Эресько, В.М. Коваленко // Молочная промышленность. - 1985. - № 5. -с. 19-22.
3. В.С.Гуць,О.А.Коваль. Методика дослідження консистенції харчових продуктів методом пенетрації.Харчова промисловість.№5.2007.с.16-23.
4. Діагностика фізичних властивостей харчових продуктів; монографія, С.Л.Шаповал, Р.П.Романенко, М.П.Форостяна.-Київ.нац.торг. – економ. Ун-т, 2017.-192с.
5. Єресько, Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв: навч. Посібник / Г.О. Єресько, М.М. Шинкарик, В.Я. Ворошук. – К.: фірма «ІНКОС» Центр навчальної літератури, 2007. – 334 с.
6. Інноваційне обладнання молокопереробних підприємств / І.Г.Бабанов,. Інноваційне обладнання молокопереробних підприємств / І.Г.Бабанов, О.М.Гава, О.І. Бабанова, І.В. Житнецький , С.П.Ястреба – К.: ВидавництвоТОВ «ІНКОС» 2019.- 718с.
7. Машкін М.І. Технологія молока і молочних продуктів./ Машкін М.І.,Париш Н.М. К.:Вища освіта, 2006.351с.
8. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва : навч. посібник /П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П. Паламарчук,В.В.Яськов. – Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004.-336с.
9. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва : навч. посібник /П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П. Паламарчук,В.В.Яськов. – Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004.-336с.

10. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: Навчальний посібник / В.Г.Мирончук, Л.О.Орлов, А.І.Українець та ін.- Вінниця: Нова книга, 2004. -228с.
11. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підручник/ В. Г. Мирончук, І.С.Гулий, М.М.Пушанко та ін.; за ред. В.Г. Мирончука. – Вінниця: Нова книга, 2007.- 648с.
12. Соколенко А.І., Фізико – хімічні методи обробки сировини,стабілізація харчових продуктів / А.І.Соколенко, А.І.Українець, В.Л.Яровий, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, Ю.О. Дашковський .- К.: ПП.Люксар,2007.454 с.
- 18.Процеси та апарати харчових виробництв /А.М. Поперечний , О.І. Черевко ,В.Б. Гаркуша, Н.В. Кирпиченко.– К.: ЦУЛ, 2007.– 304с.
19. Стручок В.С.«Техноекологія та цивільна безпека. Частина «цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця
- 20.Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

Міністерство освіти і науки України,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет технологій та економіки
імені Хелени Ходковської (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове
товариство*



VI МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

27-28 квітня 2023 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2023

УДК 637.147.2

Хомин В. – ст. гр. МО-51, Гавліч Д. – ст. гр. МО-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ЛІНІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

Науковий керівник: к.т.н., проф. Шинкарик М.М.

Khomyn V., Havlich D.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

INCREASING THE LEVEL OF MECHANISATION OF SOUR – DAIRY CHEESE PRODUCTION LINES

Supervisor: Shchynkaryk M.

Ключові слова: casein, dehydration

Keywords : казеїн, зневоднення

Технологічні лінії виготовлення сиру кисломолочного включають досить різноманітне обладнання, яке залежить від способу виробництва творогу і продуктивності ліній, способу сквашування молока.

Донедавна основним обладнанням для сквашування згусту були відкриті ванни місткістю 2,5т або 5т, зневоднення кисломолочного сиру проходило самопресуванням або на барабанних зневоднювачах, та охолодження на барабанних охолоджувачах на відкритій поверхні. Таке обладнання мало низький рівень механізації та не забезпечувало санітарних вимог.

Перспективним є використання ліній виробництва сиру кисломолочного (Польща) напівнеперервної дії, що включає 5 вертикальних сировиготовлювачі неперервної дії HPSS-10 трубчастий охолоджувач згустку типу WR/T, обладнання для відділення сироватки, двошнековий охолоджувач W/S.

Пастеризоване молоко подається в котел -сировиготовлювач де після нагріву до температури 28-32 С в нього подають закваску з чистих культур кисломолочних бактерій. Після перемішування мішалки зупиняють і протягом наступних 10-12 годин відбувається коагуляція молка. Далі проводять розрізання згустку, після чого відбувається осушення згустку шляхом перемішування з одночасним підігрівом. Сирну масу підігрівають до температури 36-46 С гарячою водою температурою 65- 75 С. Час обробки становить 2-3 години. Після досягнення бажаних параметрів і закінчення обробки маса піддається кларифікації, а сироватка, яка займає 60% обсягу котла, випускається з котла самопливом. Сироватку через систему збору подають в ємність для зберігання. Отримане зерно, змішане із залишком сироватки, подається кулачковим насосом через трубчастий охолоджувач на систему пресування сиру типу Р/Т, що складається з барабанного стандартизатора маси і пресуючого конвейера. На наступному етапі сирне зерно піддається подальшому безперервному зневодненню до вмісту 22-28% сухої речовини на відтискній стрічці конвейера. Після відпресовки сирна маса потрапляє у двошнековий охолоджувач, що є другим ступенем охолодження. У двошнековому охолоджувачі продукт охолоджується до температури приблизно 12 С. Обертальний рух шнеків робить теплообмін більш інтенсивним і забезпечує охолодження продукту по всьому об'єму. Після охолодження продукт подається на фасувальний автомат.

Oji Joshua Chukwuemeka WAYS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF FOUNDRY PROCESSES IN SMALL-SCALE PRODUCTION	206
Атаманчук О., Дмитраш О. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РАДІУСА ТРАНСПОРТНОГО КАНАЛУ І СПОСОБУ БАЗУВАННЯ НА ВІДХИЛЕННЯ ВІД КРУГЛОСТІ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК	208
Баран Р. СУЧАСНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ КАВІТАЦІЙНОГО ЗНОШУВАННЯ	210
Буковський І. МЕХАТРОНИЙ ЗАТИСКНИЙ ПРИСТРІЙ З ПРИВОДОМ ВІД ШПИНДЕЛЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК	211
Хомин В., Гавліч Д. ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ЛІНІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО	213
Бойко Д. ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРУЖНУ ОПОРУ ПРИ ВСТАНОВЛЕННІ НА НЕЇ ВАНТАЖУ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНИМ МЕХАНІЗМОМ	214
Бойко В. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОБРІЗНИКА ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ	215
Братусь В. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕДЕНОГО ШКІВА ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ	217
Вовкотруб А. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОЛЕСА ЗУБЧАТОГО ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ ВЕРСТАТА	219
Головко В. ЧИСЕЛЬНІ ЯВИЩА ТЕРТЯ В МЕХАНІЗМАХ	221
Грабовський А., Камінський О. РОЗРАХУНОК ПРИВЕДЕНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ В ПРОЦЕСІ ФОРМОУТВОРЕННЯ НАВИВНИХ ЗАГОТОВОК	223
Домарецький О., Домарецький І. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ШЛІФУВАННЯ ПЛОСКОЇ ПОВЕРХНІ ПЕРЕРИВЧАСТИМ ШЛІФУВАЛЬНИМ КРУГОМ	225
Дунець О. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ	226