

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістр

(освітнього рівня)

на тему: **Технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення масла на ПП «Альма Віта» з дослідженням режимів та встановленням оптимальних параметрів роботи маслоутворювача марки Я5-ОМ-3Т-М.**

Виконав: студент VI курсу, групи МОмз-61
спеціальності

133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва спеціальності)

Звіжинський С.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Стадник І.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворошук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Покотило О.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль - 2019 року

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових технологій

Освітній рівень магістр

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Обладнання харчових технологій

д.т.н., проф. Вітенько Тетяна Миколаївна.

"02" вересня 2019 року

З А В Д А Н Н Я **НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Звіжинському Сергію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення масла на ПП «Альма Віта» з дослідженням режимів та встановленням оптимальних параметрів роботи маслоутворювача марки Я5-ОМ-3Т-М.

керівник роботи д.т.н., проф. Стадник Ігор Ярославович.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "29" серпня 2019 року №4/7-741

2. Строк подання студентом роботи "16" грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту маслоутворювача марки Я5-ОМ-3Т-М. Річний план випуску продукції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження. 2 Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень дослідження режимів виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ "Самолусківський крохмальний завод 3. Експериментальні та теоретичні дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352, з використанням основних розрахунків шнека. 4. Результати теоретичних та експериментальних досліджень 5. Спеціальна частина. 6. Обґрунтування економічної ефективності. 7. Заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. 8. Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.

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

1. План розміщення технологічного обладнання потокової лінії для виготовлення масла на ПП «Альма Віта». Ф А1.

2. Маслоутворювач марки Я5-ОМ-3Т-М. Загальний вигляд. Ф А0.

3. Барабан витискний маслоутворювача марки Я5-ОМ-3Т-М. Складальне креслення Ф А1.

4. Охолоджувач-обробник. Загальний вигляд. Ф А0.

5. Деталювання. Ф А1.

6. Схема експериментального стенду. Ф А1.

7. Результати проведених досліджень. Ф А1.

8. Результати проведених досліджень. Ф А1.

9. Математичне узагальнення результатів. Ф А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Мосій О.Б.– к.е.н., доц.		
Охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І.– к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл.		
Екологія	Зварич Н.М. – к.т.н., доц.		
Спеціальна частина	Вітенько Т.М. – д.т.н., проф.		
Нормоконтроль	Ворожук В.Я. – к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання “02” вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження.</i>	12.09.2019р.	
2.	<u>2 Розроблення проектно-технологічних і технічних вирішень дослідження режимів виготовлення масла на ПП «Альма Віта».</u>	17. 09.2019р.	
3.	<u>3. Математичне моделювання енергетичних параметрів процесу збивання вершків.</u>	18. 09.2019р.	
4.	<i>4. Результати теоретичних та експериментальних досліджень .</i>	19.10.2019р.	
5.	<i>5. Спеціальна частина.</i>	02.11.2019р.	
6.	<i>6. Обґрунтування економічної ефективності.</i>	13.11.2019р.	
7.	<i>7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.</i>	14.11.2019р.	
8.	<i>8. Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.</i>	15.11.2019р.	
9.	<i>Графічна частина</i>		
	<u>1.Планрозміщення технологічного обладнання Ф А1.</u>	03. 12.2019р.	
	<u>2. Маслоутворювач Я5-ОМ-ЗТ-М. ВЗ Ф А0.</u>	03. 12.2019р.	
	<u>3. Барабан витискний маслоутворювача Я5-ОМ-ЗТ-М. СК Ф А1.</u>	03. 12.2019р.	
	<u>4. Охолоджувач-обробник. ВЗ. Ф А0</u>	03. 12.2019р.	
	<u>5. Деталювання Ф А1.</u>	03. 12.2019р.	
	<u>6. Експериментальний стенд. Ф А1.</u>	11. 12.2019р.	
	<u>7. Результати проведених досліджень. Ф А1.</u>	11. 12.2019р.	
	<u>8. Результати експериментальних досліджень. Ф А1.</u>	11. 12.2019р.	
	<u>9 Математичне узагальнення результатів Ф А1</u>	11. 12.2019р.	

С.В.

Студент

Звіжинський

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

СтадникІ.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Реферат

Автор дипломної роботи: Звіжинський Сергій Володимирович.

Тема дипломної роботи: Технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення масла на ПП «Альма Віта» з дослідженням режимів та встановленням оптимальних параметрів роботи маслоутворювача марки Я5-ОМ-3Т-М.

Дипломну роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2019 році.

Робота складається з пояснювальної записки обсягом сторінок (рисунків, таблиць) та графічної частини з 11 креслень формату А1.

В дипломній роботі здійснюється технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення масла на ПП «Альма Віта» з дослідженням режимів і встановленням оптимальних параметрів роботи маслоутворювача марки Я5-ОМ-3Т-М.

В дипломній роботі проаналізовано технологічний процес виготовлення вершкового масла; методи економії енергоресурсів за рахунок правильного вибору оптимальних параметрів процесу; сучасних конструкцій технологічного обладнання для виробництва масла. Досліджено вплив гідромеханічних факторів на затрати енергії при збиванні масла; узагальнено і проаналізовано отримані параметри, на основі отриманих результатів запропоновано методіку розрахунку потужності приводів масловичого апарату.

Більш детально зміст технічного переоснащення потокової лінії для виготовлення масла на ПП «Альма Віта» з модернізації встановленням оптимальних параметрів роботи маслоутворювача марки Я5-ОМ-3Т-М, а також результати теоретичних досліджень викладені у відповідних розділах дипломної роботи.

Також в даній дипломній роботі здійснено обґрунтування економічної ефективності; розроблено заходи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; розглянуто заходи з екології, та зменшення шкідливих викидів на навколишню середовище.

Зміст

Завдання.....	
Реферат.....	
Вступ.....	
1. Аналіз сучасного технологічного обладнання і технології виробництва вершкового масла, вибір і обґрунтування основного напрямку досліджень	
1.1. Основні технологічні процеси при виробництві вершкового масла, види сировини і її характеристики.....	
1.2. Збивання вершків у масловиготовлювачах безперервної дії.....	
1.3. Обґрунтування актуальності досліджень формування мети і завдання...	
2. Розроблення проектно-технологічних і технічних рішень	
2.1. Проектно-технологічний розрахунок	
2.1.1. Вибір виробничої програми.....	
2.1.2. Уточнення службового призначення обладнання	
2.1.3. Вибір обладнання за продуктивністю	
2.1.4. Визначення числа працівників.....	
2.2. Обґрунтування модернізації маслоутворювача	
2.2.1. Опис принципу роботи маслоутворювача марки Я5-ОМ-3М-Т.....	
2.2.2. Тепловий розрахунок пластинчатого охолоджувача.	
2.2.2.1. Розрахунок умов перебігу технологічного процесу охолодження вершків	
2.2.2.2. Тепловий розрахунок охолоджувача-обробника.....	
3. Математичне моделювання енергетичних параметрів процесу збивання вершків.	
3.1. Використання критеріальної подібності для математичного моделювання	
3.2. Вивід критеріального рівняння, що описує зміну споживчої потужності у подібних апаратах.....	
3.3. Математичне узагальнення експериментальних даних.....	
4. Результати теоретичних та експериментальних досліджень.	

4.1. Розробка і обґрунтування методів досліджень.....	
4.2. Експериментальний стенд і лабораторна установка.....	
4.3. Методика проведення дослідів і методів досліджень.....	
5. Спеціальна частина	
5.1.	Математична обробка результатів.....
5.2. Дослідження витрат енергії на збивання масла в залежності від гідромеханічних факторів	
5.2.1. Розрахунок енерговитрат на збивання вершків у масловиготовлювачах неперервної дії.	
5.2.2. Затрати енергії й зміна потужності в процесі збивання вершків.....	
5.2.3. Вплив степені заповнення ємності на процес збивання.....	
5.2.4. Залежність енерговитрат від інтенсивності механічної обробки.....	
5.2.5. Затрати енергії на збивання з диференційованою по потужності механічною обробкою.....	
5.2.6. Методика розрахунку потужності збивального циліндра масловиготовлювача неперервної дії.....	
6. Обґрунтування економічної ефективності.....	
7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
7.1. Охорона праці при виробництві масла	
7.1.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки в маслоцеху.....	
7.1.2. Санітарно-гігієнічні вимоги в маслоцеху.....	
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	
7.2.1 Забезпечення цивільного захисту робітників та слажбовців ПП «Альма Віта» та населення.....	
7.2.2 Класифікація НХР.....	

7.2.3 Засоби оповіщення при виникненні надзвичайної ситуації (НС).....

7.2.4 Розробка заходів по забезпеченню надійності ПП «Альма Віта» в період хімічного ураження.....

7.2.5 Висновки.....

8. Екологія

8.1. Розроблення заходів з охорони навколишнього середовища.....

8.2. Забруднення довкілля та відходи, що виникають на ПП «Альма Віта»...

8.3. Заходи по зменшенню негативного впливу на довкілля.....

Загальні

ВИСНОВКИ

.....

Перелік посилань

Додатки

Вступ

Основним напрямком технічного прогресу в харчовій промисловості є впровадження прогресивних технологій, автоматизованих ліній та високопродуктивних видів обладнання, що дозволить покращити якість продукції, підвищити продуктивність праці, зменшити втрати сировини, покращити санітарно-гігієнічні умови роботи та підвищити загальну культуру виробництва. Однією із найголовніших проблем, які стоять перед харчовою промисловістю взагалі, і перед молокопереробною її галуззю зокрема, є забезпечення населення недорогими і якісними харчовими продуктами.

У вітчизняній молочній промисловості практично відсутнє обладнання для комплексної переробки сировини, яке мало б досить високі показники автоматизації було б простим у експлуатації і передбачало випуск широкої гами харчових продуктів.

На даний час в світовій практиці зростає випуск вершкового масла, високов'язких харчових продуктів, сировиною для якої служать рідкі компоненти на молочній основі, а також кисломолочний сир, тверді сири, сухі інгредієнти (стабілізатори, ароматизатори, різного роду добавки тощо). Важливу роль в якості і собівартості кінцевого продукту відіграє вартість таких інгредієнтів, що є важливими складниками відповідно до рецептури, хоч і не відносяться до найбільших по масовій долі. На виробництво 1 кг вершкового масла необхідно в середньому біля 20 кг молока. Все більшого значення набуває здатність приватних фермерських господарств самостійно здійснювати переробку молочних продуктів на масло.

Номенклатура обладнання, розробленого для виконання вищеописаного комплексу технологічних операцій, яке застосовується в харчовій промисловості в даний момент часу, також не охоплює весь спектр необхідних процесів, а тому потребують подальшого доопрацювання і вдосконалення.

1. Аналіз сучасного технологічного обладнання і технології виробництва вершкового масла, вибір і обґрунтування основного напрямку досліджень

1.1. Основні технологічні процеси при виробництві вершкового масла, види сировини і її характеристики

Вершкове масло виготовляють двома способами: збиванням вершків і перетворенням високожирних вершків.

При виробництві масла способом збивання використовують вершки середньої жирності 30...40%. Вершки піддають механічній обробці (збиванню) в маслоутворювачах неперервної і періодичної дії.

При виробництві масла із високожирних вершків жирністю 75...80% їх піддають термомеханічній обробці для одержання відповідної кристалічної будови.

Виробництву нових продуктів харчування на базі вершкового масла і розробці відповідного технологічного обладнання в останній час приділяється все більше уваги. Основними задачами є забезпечення мінімальної собівартості готової продукції при високій її якості, а також розширення асортименту готової продукції. На Україні провідними організаціями, які займаються суміжними питаннями є: Технологічний інститут молока і м'яса (ТІММ) та Національний університет харчових технологій (НУХТ). До найбільш відомих розробок останніх років відносять:

– маслоутворювач неперервної дії – авторів: Єресько Г.О., Сиредан М.М., Гудзей А.А. (ТІММ) – АС№4373369/30-13.

Запропонований маслоутворювач використовується в установках для одержання вершкового масла методом перетворення високожирних вершків і забезпечує підвищення ефективності роботи маслоутворювача і поточне фасування масла в брикети за рахунок покращення його структурно-механічних властивостей. Маслоутворювач містить перший і другий по ходу технологічного процесу пластинчасті скребкові охолоджувачі, взаємозв'язані з пристроєм для механічної обробки вершків. Крильчатку охолоджувача

виконано у вигляді взаємоперпендикулярних лопатей зі скребками, закріпленими на торцях втулками, охоплюючими привідний вал. Висота втулки відповідає ширині продуктових камер охолоджувача. Охолоджувач обладнаний індивідуальним приводом – пристроєм для збиття масла, автори –Зотов Юрій Анатолійович, Фокін Борис Леонтінович (опубліковано 25.12.96) Пристрій для сколочування масла, що містить ротор, змонтований на цапфах у підшипниках вертикальних стійок рами, ємність, закріплена в обечайці між днищем і гвинтовим упором із кришкою, і привід, що відрізняється тим, що ротор виконаний у виді замкнутої рамки, а обечайка встановлена в роторі шарнірно і сполучена з ним за допомогою зубчастої рознімної муфти.

В маслоутворювачах періодичної проходить комплекс операцій по утворенню масляного зерна і пласту, обробці пласту: промивці, посолці масла.

Маслоутворювачі періодичної дії представляють собою місткість циліндричної, конічної і грушовидної форми, що обертається. Всередині розміщені нерухомі лопаті, які служать для більш інтенсивної обробки масляного пласту.

Обробка пласту полягає в інтенсивній механічній дії. У вальцевих маслоутворювачах це здійснюється шляхом протягування пласту через вальці, в безвальцевих маслоутворювачах – масло піднімається на деяку висоту і при обертанні бочки періодично падає. Маслоутворювач Л5-ОМП місткістю 1000 л, ММ-1000, ММ-2000, ММ-3000 відносяться до циліндричних безвальцевих маслоутворювачів відповідно місткістю 1000, 2000 і 3000 кг.

В середині циліндричного резервуару розміщені чотири лопаті. В резервуарі передбачений кран для випуску пахти і промивних вод, повітряний клапан, оглядові вікна і люк для вивантаження масла.

Для підтримки температурного режиму збивання передбачене зовнішнє орошення бочки водою.

Молоко, яке поступає і призначене для випробництва вершкового масла, повинно відповідати вимогам діючого ГОСТу 132-64 на молоко і санітарно-гігієнічним та ветеринарним вимогам. Молоко повинно бути не нижче першого

сорту по якісних показниках. Температура молока не повинна перевищувати 10°C. Здавання, транспортування і приймання молока на підприємстві повинна відповідати вимогам інструкції і діючим стандартам на молоко.

Органолептичні показники: смак, запах, колір, консистенцію визначають після перемішування молока в кожній секції.

Сепарування молока починають після поступлення його в кількості, яка забезпечує нормальну роботу сепаратора не менше 20...30 хв.

Молоко різної сортності слід сепарувати окремо. Під час сепарування молока проходить процес відділення жирової фази при температурі 30...45°C. Вершки, отримані при сепаруванні, швидко охолоджуються до температури 4...10°C і резервують. В залежності від органолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних показників вершки поділяються на два типи: високожирні і низької жирності. Важливою операцією, яка суттєво впливає на якість готового продукту, є дезодорація вершків. Під час дезодорації за рахунок вакуумної обробки проходить видалення сторонніх домішок, які формують негативні ароматичні чинники. Після цього вершки проходять пастеризацію (термічну обробку). Відпастеризовані вершки потрапляють у маслоувиготовлювач, де переробляються на масло. Готове масло фасується у ящики, охолоджується і витримується до повного загусання, після чого потрапляє у продаж.

1.2. Збивання вершків у масловиготовлювачах безперервної дії

Сучасні масловиготовлювачі безперервної дії працюють за однією з наступних схем: збивання вершків - обробка масляного зерна (2 етапи); збивання вершків - постановка зерна - обробка масляного зерна (3 етапи) [14-18]. Збивання в масловиготовлювачах безперервної дії здійснюється в збивальному циліндрі в умовах інтенсивного перемішування. Обробка масляного зерна заключається в його відпресування у шнекових пристроях з наступною обробкою в секціях, відокремлених одна від одної перегородками з отворами. Постановка масляного зерна в масловиготовлювачах безперервної

дії, працюючих за трьохступеневою схемою, проводиться в спецбарабані при уповільненому його обертанні.

Висока інтенсивність механічної обробки і особливості характеру руху вершків сприяє утворенню масляного зерна в циліндрі збивача на протязі 2-3 с.

Температуру збивання вибирають з розрахунку забезпечення низького вмісту жиру в пахті і жорсткій консистенції масляного зерна. Режимми збивання при виготовленні масла з різною масовою часткою вологи такі, як і для масловиготовлювача періодичної дії. Орієнтовно для весняно-літнього періоду року температуру збивання вершків можна визначити використовуючи рівняння [3]:

$$t_{зб} = 0,55(54,7 - J_{вер}), \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $J_{вер}$ - вміст жиру у вершках, %.

У осінньо-зимовий період року температуру вершків підвищують на 1-1,5 $^\circ\text{C}$ враховуючи вказані раніш закономірності на основі дослідів А.Д. Грищенко [3]. При збиванні температура вершків підвищується. Правильність встановлення температури збивання, перевіряють за вмістом жиру в пахті, розмірами і консистенцією масляного зерна. При вірному виборі температури збивання масляне зерно виходить з тугою консистенцією розміром 1-3мм. І [3].

Жирність збитих вершків у масловиготовлювачів безперервної дії залежить від типу масловиготовлювачів. Для масловиготовлювача безперервної дії А1-ОЛО, МБ-5, КМ-1500, КМ-2000, КМ-3000 рекомендується жирність збитих вершків 36-42%, а для масловиготовлювача з роздільним циліндром РВРВ/12 типу РВРС/1 жирність вершків 42-50%. Досліди, проведені на масловиготовлювачах безперервної дії при збиванні вершків з різною масовою часткою жиру, виявили оптимальну область у діапазоні жирності 38-40%. Вихід жиру в пахту в цій області мінімальний. Аналіз експериментальних даних показав, що збивання вершків з вмістом жиру менше 37% являє більш енергоємним і малоефективним [19].

Для кожного типу масловиготовлювачів встановлюють відповідну частоту обертів мішалки збивача. Зі збільшенням швидкості обертання мішалки

тривалість збивання скорочується, продуктивність збільшується, і навпаки. Частоту обертів мішалки встановлюють дослідним шляхом. В зимовий період, коли збільшується вміст високо плавких гліцеридів в молочному жирі частоту обертів мішалки підвищують в цілях прискорення агрегації жирових кульок. Хоча в даному випадку більш раціонально підвищувати температуру до збивання вершків, так як підвищення частоти обертів мішалки призводить до приросту потужності на збивання.

Орієнтовно швидкість обертів мішалки визначається рівняннями [21]: $p = 7,94 \cdot 10^6 \cdot J^{2,34}$, $p = 40,4 \cdot I_n^2 - 749,6 \cdot I_n + 174,7$;

де p - швидкість обертання мішалки збивача (об/хв.); J - жирність вершків, %; I_n - початкова температура збивання, °С.

При безперервному збиванні виявляється пряма залежність жирності пахти від швидкості обертання мішалки. Із збільшенням швидкості обертання мішалки збивача вміст жиру в пахті збільшується.

Досліди В.Д. Суркова і В.І. Карнавуха на основі зміни електропровідності дозволили визначити оптимальну величину зазору між лопатю мішалки і стінкою циліндра збивача. Для вершків жирністю 27-37% величина зазора становить 2-3мм. Таку ж величину зазору рекомендує А.Д. Грищенко. Із збільшенням жиру у вершках ширину зазору збільшують вершки з вмістом жиру 38-40% і 40-42% рекомендується збивати при ширині зазору відповідно 3-4мм. і 4-5мм [3].

Збивання в масловиготовлювачах безперервної дії принципово не відрізняється від відповідного процесу масловиготовлювачів періодичної дії. Цей процес складається з тих самих основних мікро процесів, які являються різними титами агрегації жирових кульок. Хоча швидкість процесу агрегації жирових кульок у масловиготовлювачах безперервної дії приблизно в 1000 разів вища, ніж масловиготовлювачах періодичної дії. Передвісником для високої швидкості масло утворення є інтенсивний механічний вплив на вершки, які обумовлюють прискорення наступних процесів: руйнування оболонки жирових кульок, гідрофобізація їх поверхні; включення великих об'ємів повітря

і диспергування повітряної фази, утворення розвинутої поверхні розділу вершки-повітря за рахунок повітряної дисперсії, руйнування потоку і розбризкування вершків; інтенсивне виділення рідкого жиру і частково затверділих жирових кульок [1].

Досліджуючи характер руху вершків в збивальному циліндрі в масловиготовлювачах безперервної дії В.Д. Сурков і В.І. Карнаух методом стробоскопії і швидкісна кінозйомка повністю підтвердили, що потік вершків в масловиготовлювачах безперервної дії не являється не суцільним і не тонко шаровим. В результаті розриву суцільності потоку, розпаду його на струмини, інтенсивне розбризкування вершків і диспергування в них повітря утворюються великі поверхні розподілу вершки-повітря, що призводить до швидкого руйнування оболонки жирових кульок і гідрофобізації їх поверхні.

Особливу роль в масловиготовлювачах безперервної дії виконує вільна поверхня вершків. Ця поверхня в результаті особливої форми потоку в збиванні значно більша площі дзеркала циліндра. Відносна кількість маси вершків на одиницю вільної поверхні в масловиготовлювачах безперервної дії в декілька разів менша, чим масловиготовлювачах періодичної дії. В масловиготовлювачах періодичної дії зіткнення повітряних бульбашок з поверхньою є випадковим і число "ефективних" зіткнень на протязі тривалого часу відносно не велике. В масловиготовлювачах безперервної дії повітряні бульбашки в полі дії центробіжних сил з великою швидкістю переміщуються в напрямку вільної поверхні і руйнуються в ній. Таким чином, в масловиготовлювачах безперервної дії різко зростає кратність зміни частинок дисперсної повітряної фази, тобто утворення нових поверхонь розподілу, що призводить, до прискорення затягування жирових кульок в поверхню розподілу з їх наступною агрегацією [10].

Зміна структури вершків в процесі збивання в масловиготовлювачах безперервної дії вивчені В.Д. Сурковим, В.В. Криловим [28] шляхом визначення електропровідності, а також методом мікрофотографії і швидкісної кінозйомки. Електричний опір вершків зв'язаний з їх структурою і змінюється

продовж циліндра з визначеною закономірністю. Перша ділянка постійного опору відповідає періоду якісно однорідної структури вершків, проходить насичення вершків повітрям і його диспергування. Ця ділянка складає приблизно половину довжини циліндра. На другій ділянці опір зростає. Маса, яка збивається стає неоднорідною. В ній виявляються спочатку агрегати жирових кульок і мілкі масляні зерна. Стійка повітряна дисперсія у вершках поступово зникає. В цей період завершується утворення мілких масляних зерен. Третя ділянка характеризується постійним опором, відповідає періоду завершення формування масляного зерна і відділення пахти. При збільшенні притоку вершків в апарат і зниженні обертів мішалки процес агрегації жирових кульок зміщується по довжині циліндра. При підвищенні вмісту жиру у вершках зменшується довжина першої і третьої ділянки. Загальний характер зміни опору при зберігається і майже незмінною залишається довжина другої ділянки.

Подібність структурних змін вершків в масловиготовлювачах періодичної дії і в масловиготовлювачах безперервної дії виявляється по кривій витрат потужності на збивання, з однієї сторони і кривої зміни електропровідності з другої. Подібність процесів виявляється в тому, що стадія утворення масляного зерна настає приблизно при одній і тій самій ступені агрегації частинок жирової фази: по А.П. Білоусову 75-85% у масловиготовлювачі періодичної дії, і по Г.Г. Бержинському 84-89% в масловиготовлювачах безперервної дії [1].

Аналіз розглянутих вище робіт присвячених процесам періодичного і безперервного збивання показує, що температура збивання вершків є важливим параметром. Вона визначає швидкість збивання, реологічні властивості масляного зерна. Однак обґрунтування цього параметру засноване на характеристиці фізико-хімічного стану вершків, відсутнє. В наслідок чого технологічні інструкції передбачають не обґрунтовані широкі діапазони температури збивання, що безумовно повинно змінювати затрати енергії на збивання. Розрахунок температури збивання запропонований А.Д. Грищенком

[3], враховує лише жирність вершків, тобто, один з декількох визначних факторів.

1.3. Обґрунтування актуальності досліджень формування мети і завдання

Актуальність. Енергія, яка витрачається на збивання вершків, є одним з важливих показників процесу маслоутворення і залежить від конструктивних параметрів збивача, технологічних параметрів, а також від фізико-хімічних властивостей вершків. В літературі є лише окремі дані про затрати енергії на збивання, тримані В.Н. Шуваловим, А.Д. Грищенко, Г.Г. Бержинкасом, Д.В. Качераускисом. Однак ці дослідження були пов'язані з вибором конструктивних розмірів збивачів. В більшості робіт у вигляді енергетичних характеристик використовувалися відносні або пропорційні величини, що дозволило лише якісно судити про вплив тих чи інших факторів і на затрати енергії.

Недосконалість у виборі технологічних параметрів збивання, відсутність чіткого уявлення про фізико-хімічні процеси збивання ведуть до необґрунтованих енергетичних витрат, які знижують ефективність обладнання і відображається на собівартості готового продукту. Тому оцінка енергоспоживання є важливим і актуальним питанням

Його вирішення дозволить інтенсифікувати процес виготовлення масла, зменшити питомі енергетичні витрати, розробити рекомендації щодо максимально повного і ефективного використання технічного потенціалу і розробки нового маслоробного обладнання.

Мета і задачі досліджень. Метою цієї роботи є: Оцінка і обґрунтування вибору параметрів процесу збивання вершків, які забезпечують мінімальні затрати енергії, розробка проектно-технологічних заходів виробництва масла.

У відповідності з метою визначенні наступні задачі:

- проаналізувати технологію виробництва масла;
- провести аналіз затрат енергії на збивання вершків

- дослідити затрати енергії на збивання в залежності від гідромеханічних факторів;
- розробити проектно-технологічні рішення стосовно технічного переоснащення ділянки виготовлення масла.

2. Розроблення проектно-технологічних і технічних рішень

2.1. Проектно-технологічний розрахунок

2.1.1. Вибір виробничої програми

Режим роботи підприємства приймаєм:

кількість робочих діб в рік з урахуванням вихідних і святкових днів: 256;

кількість змін: 1;

дійсний річний фонд часу, год: 2048.

Продуктивність лінії: 120 т молока/добу.

За 1 рік масла виготовляють:

$$Pr = 5714 * 256 = 1462784 \text{ кг} = 1463 \text{ т}$$

При ціні масла 160,00 грн/кг:

$$.Pgr = 1462784 * 160,00 = 234045440, \text{ грн}$$

Враховуючи усі св'яткові і вихідні дні п'ятиденному робочому тижні

$$\Phi_r = 2048 \text{ год.}$$

Враховуючи 2 санітарні дні на місяць $\Phi_r = 1856 \text{ год.}$

Дійсний річний фонд часу:

$$\Phi_{др} = \Phi_r (1 - (a_1 + a_2));$$

де a_1 і a_2 коефіцієнти втрат, рівні 0,05 і 0,07 відповідно.

Дійсний час роботи обладнання:

$$.\Phi_{др} = \Phi_r (1 - (a_1 + a_2)) = 1856 (1 - (0,05 + 0,07)) = 1633 \text{ год}$$

2.1.2. Уточнення службового призначення обладнання

Вихідні вершки подають на сепаратор-вершковідділювач 1. Отримані високожирні вершки (ВЖВ) направляють в ванну 2 для нормалізації. Молоко знежирене направляється на потреби у виробництві.

Необхідні по рецептурі компоненти, в залежності від виду масла, насосом 4, змішуються з ВЖВ, проходять термічну обробку пастеризаторі 6 при $t = 92 - 95 \text{ }^\circ\text{C}$. Потім ВЖВ охолоджуються в секції регенерації. Направляють в проміжний резервуар 7.

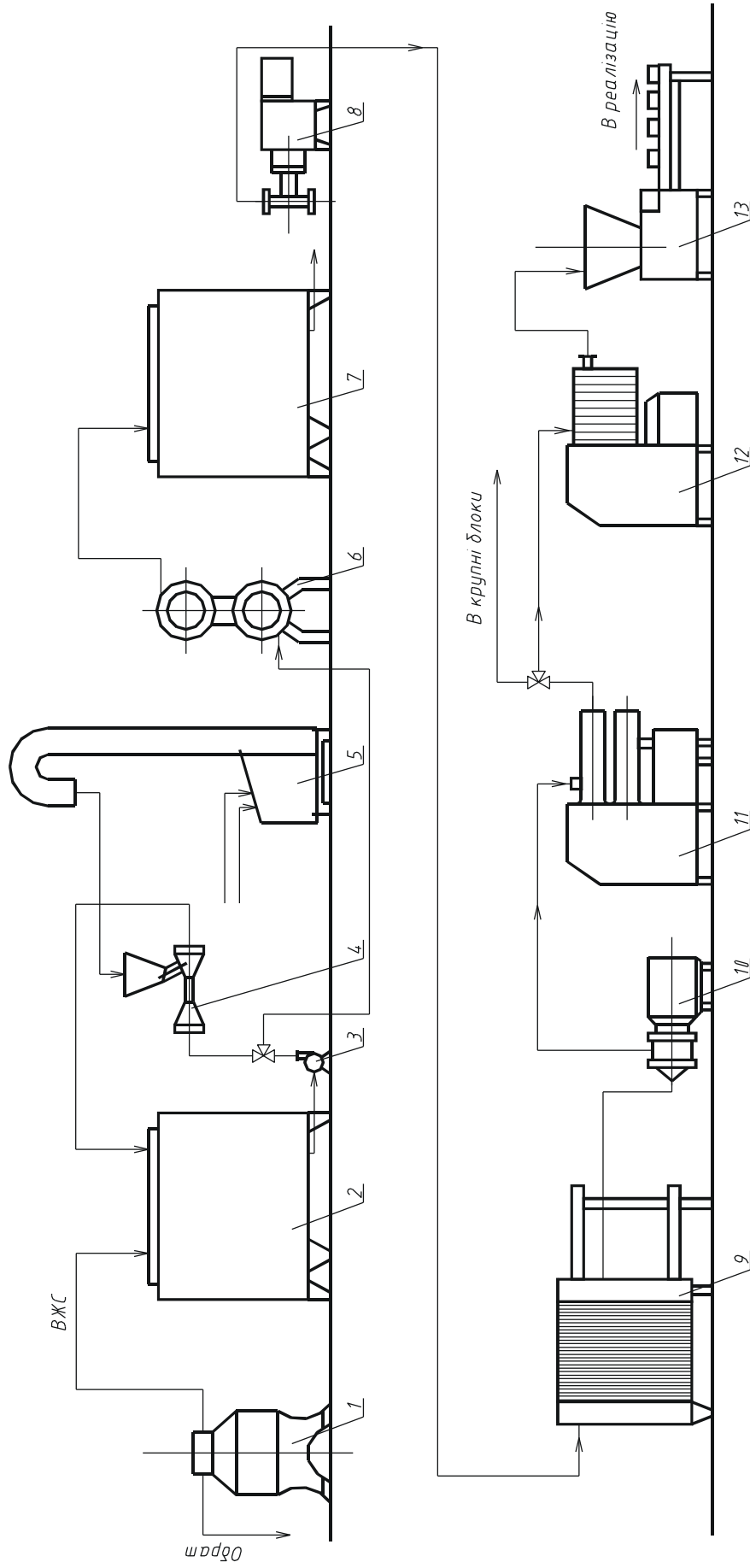


Рисунок 2.1.1 – Схема виробництва вершкового масла.

1- сепаратор; 2- ванна нормалізації на; 3- насос; 4- ежекторний насос; 5- просіювач «Піонер»; 6- теплообмінник трубчастий; 7- проміжна місткість; 8- насос-дозатор; 9- перед охолоджувач; 10- де стабілізатор; 11- маслоутворювач; 12- охолоджувач-обробник; 13- автомат фасувальний; 14- кран триходовий.

Насосом-дозатором 8 з стабільною продуктивністю подають в охолоджувач 9. ВЖВ суміш охолоджується від $t = 65-75^{\circ}\text{C}$ до $t = 15-20^{\circ}\text{C}$. Охолоджені ВЖВ входять в обладнання роторного типу 10. Під впливом великого імпульсу механічної енергії, відбувається дестабілізація емульсії. Дестабілізовані ВЖВ поступають в чотирициліндровий маслоутворювач 11. При достатньо великому градієнті механічної енергії і теплообміну здійснюється маслоутворювання. Розфасовку отриманого масла проводять в блоки.

Якщо потрібно отримати масло для дрібного фасування в брикети, то краном 14 перекриваєм поступання в пластинчатий охолоджувач-обробник 12. Де здійснюється під впливом охолодження і незначної механічної обробки маслоутворювання. Продукт набуває достатньо щільної структури. Продукт направляється в бункер автомата для дрібного фасування в брикети 13.

Новою розробкою є технологічна схема виробництва масла способом перетворення ВЖВ з використанням скребкового охолоджувача-обробника пластинчатого типу. Це дозволяє виробляти різні вершкові масла пониженої жирності.

2.1.3. Вибір обладнання за продуктивністю

Продуктивністю машини називають кількість продукції, що випускається за одиницю часу. В залежності від поставленого завдання розраховують дійсну, теоретичну чи технологічну продуктивність.

Виконуємо підбір обладнання лінії:

Сепаратор Ж5 О С 2- Д 500.

Ванна нормалізаційна ВН-600.

Насос гвинтовий П8-ОНВ1.

Ежекторний насос ЕН-1000.

Просіювач.

Теплообмінник П8-ОЛФ-3.

Проміжний резервуар Я1-ОСВ-2.

Передохолоджувач пластинчастий А1-ООЛ-1.

Дестабілізатор П8-ОРД-10.

Маслоутворювач Я5-ОМ-3Т-М.

Охолоджувач-обробник РЗ-ОУА.

Автомат фасувальний МК-ОФМ.

Дійсна продуктивність обладнання, (кг/год):

$$Q_{\partial} = \frac{M_m}{\tau \cdot z} [2]$$

$$Q_{\partial} = \frac{5714}{1.8} = 715$$

Продуктивність обладнання беремо з технічних характеристик.

2.1.4. Визначення числа працівників

Визначаємо кількість основних робітників по [2].

$$P_{\text{вр}} = \frac{B_{\text{нр}} \cdot \Phi_{\partial} \cdot K_3}{\Phi_{\partial\text{р}} \cdot K_{\text{баг}}}$$

$$P_{\text{вр}} = \frac{B_{\text{нр}} \cdot \Phi_{\partial} \cdot K_3}{\Phi_{\partial\text{р}} \cdot K_{\text{баг}}} = \frac{14 \cdot 1633 \cdot 0,63}{1856 \cdot 1,12} = 6,82$$

Приймаємо 7 люд на 1 зміну.

Решту категорій робітників і працівників приймаємо:

Основні - 2 люд.

Допоміжні - 1 люд.

ІТП - 1 люд.

РКП - 1 люд.

МОП - 1 люд.

2.2. Обґрунтування модернізації маслоутворювача

2.2.1. Опис принципу роботи маслоутворювача марки Я5-ОМ-3М-Т

Чотирьохциліндровий маслоутворювач Я5-ОМ-3Т-М є чотирициліндровий скребковий теплообмінник з витиснювальним барабаном.

Чотирициліндровий маслоутворювач служить для охолодження, перемішування і механічної обробки ВЖВ.

Маслоутворювач складається із чотирьох циліндрів. Циліндри встановлені на зварній станині в скріпленні між собою з'єднувальними планками. Кожний циліндр має теплообмінну сорочку. До нижнього циліндра приєднано патрубок для подачі ВЖВ.

Для подачі теплоносія до сорочки приєднана система трубопроводів з арматурою. В сорочці вздовж циліндра по спіралі намотаний дріт діаметром 12 мм. Зверху циліндр покритий шаром теплоізоляції.

Циліндр спереду закритий шарнірною кришкою з різьбовою втулкою. У втулці розміщений підшипник ковзання і обертається вісь витиснювального барабану. В середині різьбової втулки розміщений упор, в нього упирається барабан через шарик, закріплений на осі. Різьбова втулка дозволяє відрегулювати необхідний зазор барабана в циліндрі і після регулювання закріплюється контргайкою.

Кришка циліндра притиснена до переднього фланця та ущільнюючого кільця трьома притискними планками.

В середині циліндра розміщений витиснювальний барабан із шарнірними ножами. При обертанні барабана ножі притискаються під дією відцентрової сили і тиску вершків до внутрішньої поверхні циліндра та зрізають шар охолоджених вершків. Лезо ножа виготовляють із полімерів. Витиснювальний барабан - зварна конструкція із нержавіючої сталі.

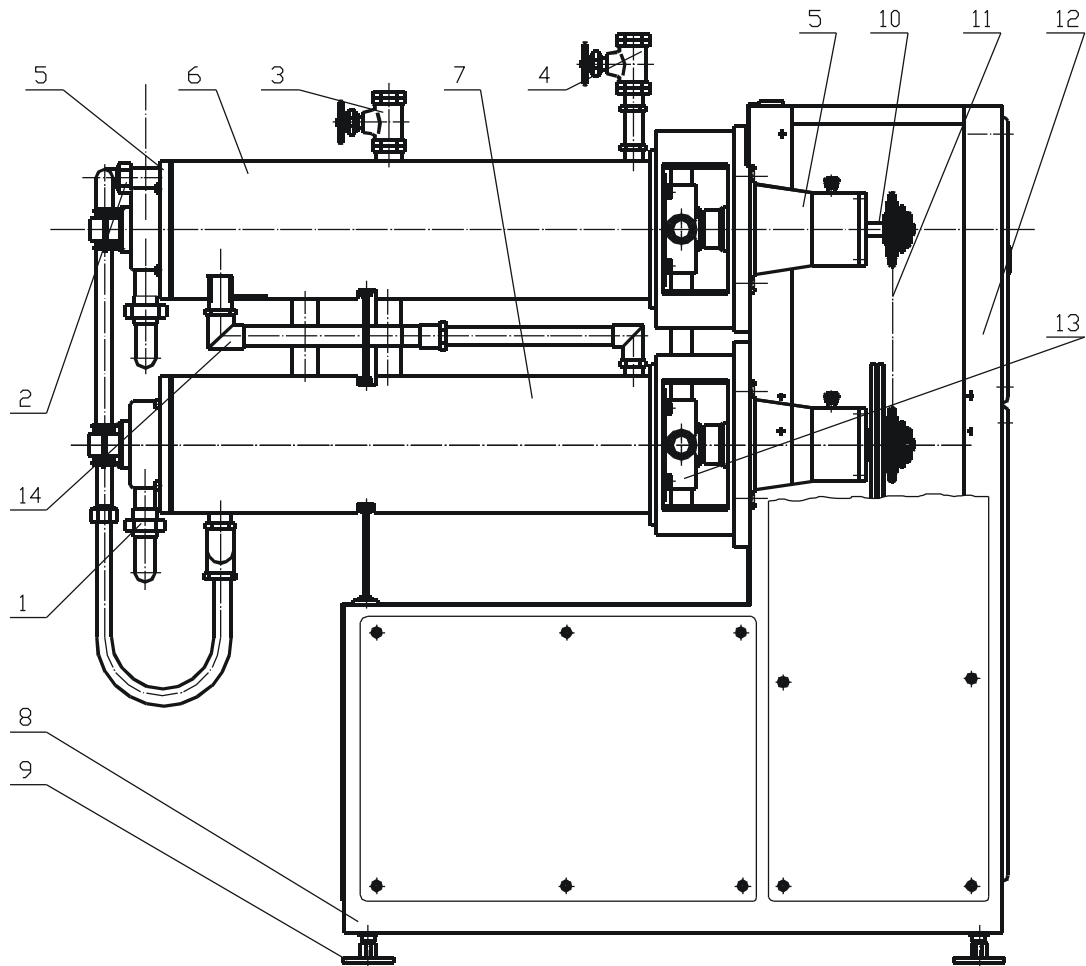


Рисунок. 2.2.1 - Маслоутворювач Я5-ОМ-3Т-М.

1-кронштейн; 2-кран випускний; 3-кран подачі холодної води; 4-кран випуску холодної води; 5-корпус опорний; 6-верхній циліндр; 7-нижній циліндр; 8-корпус; 9-стійка машини; 10-вал привода циліндра; 11-ланцюгова передача; 12-рама; 13-корпус підшипників; 14-система трубопроводів.

Принцип дії масловичоговлювача наступний. Перед початком роботи на протязі 3...5 хв подають розсіл для попереднього охолодження циліндрів. Відкривають крани для випуску повітря і закривають кран для виходу продукту. При появі вершків кран виходу повітря закривають і відкривають кран виходу продукту на мінімальну продуктивність. При пониженні температури масла до 11 °С регулятором збільшують кількість масла так, щоб

вона утримувалась в межах 11...16 °С. Режим роботи масловиготовлювача повинен забезпечувати нормальну консистенцію масла.

Якщо консистенція занадто м'яка, необхідно зменшити продуктивність і понизити температуру масла; якщо тверда, необхідно зменшити продуктивність. В осінньо-зимовий період, коли жир тугоплавкий, обробка продукту в зоні кристалізації повинна збільшуватись на 25...30%. Продукт знаходиться у виді емульсії жиру в плазмі.

В середньому циліндрі проходить дестабілізація жирової фази і кристалізація гліцеридів при одночасному охолодженні і механічній обробці вершків. Продукт при виході із середнього циліндра затвердіває за 5...20 секунд.

В верхніх циліндрах завершується формування структури масла.

2.2.2. Тепловий розрахунок пластинчатого охолоджувача.

2.2.2.1. Розрахунок умов перебігу технологічного процесу охолодження вершків

Продуктивність

$$V_{\text{сл}} = 1000 \text{ л/год}$$

Вміст жиру в ВЖВ 45÷65 %

Початкова температура ВЖВ $t_1 = 75^\circ\text{C}$

Кінцева температура вершків $t_2 = 18^\circ\text{C}$

Початкова температура льодяної води $t_3 = 3^\circ\text{C}$

Кратність циркуляції льодяної води $n = 2$

Апарат намічено виготовляти на базі пластин типу П-2 з горизонтальними гофрами стрічково-поточного виду.

Основні дані пластини (табл. 1 [12])

Робоча поверхня $F = 0,2 \text{ м}^2$

Робоча ширина $b = 0,27 \text{ м}$

Приведена довжина $L_{\text{пр}} = 0,8 \text{ м}$

Площа поперечного перерізу каналу $f = 0,0008 \text{ м}^2$

Еквівалентний діаметр каналу $d_{екв} = 0,006$ м

Товщина стінки пластини $\delta_{ст} = 0,0012$ м

Коефіцієнт теплопровідності матеріалу пластини (X18H9T)

$$\lambda_{ст} = \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$$

Для пластини даного типу виконуються рівняння тепловіддачі ([12])

$$N_u = 0,1 Re^{0,7} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,625}$$

$$\xi = 1162 Re^{-0,625}$$

Теплофізичні параметри вершків вмістом жиру 65% визначаємо за таблицею (додаток 4[13])

Середня температура вершків в апараті

$$t_{ср} = 0,65(t_1 + t_2) = 0,65(75 + 18) = 46,65^\circ C$$

При цій температурі густина $\rho = 981$ кг/м³

Коефіцієнт теплопровідності

$$\lambda = 0,34 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$$

Теплоємність

$$C = 3554 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості

$$\mu = 3,23 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Критерій Прандтля

$$Pr = 33,8$$

З рівняння теплового балансу охолоджувача знаходимо кінцеву температуру льодяної води

$$t_4 = t_3 + \frac{C(t_1 - t_2)}{n \cdot C_6}$$

де C_6 – теплоємність води (додаток 2[13]):

$$C_6 = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_4 = t_3 + \frac{3554(75 - 18)}{2 \cdot 4190} = 27^\circ\text{C}$$

Таким чином середня температура охолоджуючої води

$$t_{cp} = 0,5(t_3 + t_4) = 0,5(3 + 27) = 15^\circ\text{C}$$

Теплофізичні параметри води при середній температурі (додаток 2[11])

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\lambda = 0,575 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$C = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\mu = 1,31 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$p_r = 9,52$$

В охолоджувачі застосована ПРОТИВОТЕЧІЙНА схема руху вершків і льодяної води. Визначаємо температурний напір Δt_{cp}

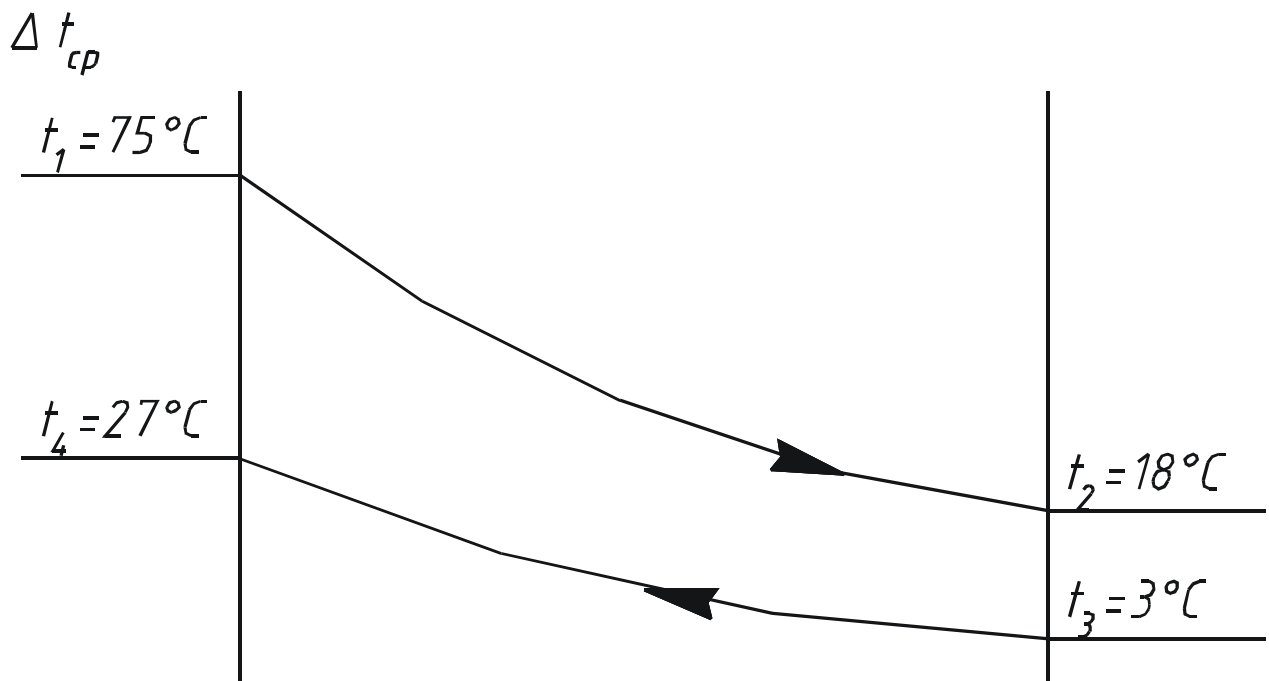


Рисунок 2.2.2– Схема теплових потоків.

$$\Delta t_{\delta} = t_1 - t_4 = 75 - 27 = 48^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\mu} = t_2 - t_3 = 18 - 3 = 15^{\circ}\text{C}$$

Температурний напір визначаємо як середнє логарифмічне значення Δt_{δ} і Δt_{μ} .

$$\Delta t_{cp} = \frac{\frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}}}{\ln \frac{48}{15}} = 28^{\circ}\text{C}$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від верхків до стінки пластини - α_1 .

Для цього скористаємось критеріальним рівнянням

$$Nu_u = 0,1 Re^{0,7} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}$$

де Nu – критерій Нуссельта

Re – критерій Рейнольдса

Pr – критерій Прандтля

Відношення $\left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}$ з достатньою степінню 0,95 (по стороні охолодження) (ст. 217 [12]) і 1,05 (по стороні нагрівання) (ст. 217 [12]).

Критерій Нуссельта визначаємо за формулою:

$$Nu_u = \frac{\alpha d_{екв}}{\lambda}$$

Таким чином шуканий коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_1 = 0,1 \frac{\lambda}{d_{екв}} \cdot Re^{0,7} \cdot Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}$$

Критерій Рейнольдса визначаємо за формулою

$$Re = \frac{u d_{екв} \rho}{\mu}$$

де u – швидкість руху рідини в каналах апарату, м/с.

В відповідності з рекомендаціями (ст 65[12]) швидкість руху вершків в каналах приймаємо $U = 0,7$ м/с

З рівняння нерозривності потоку визначаємо кількість паралельних каналів в одному пакеті

$$m = \frac{V_{сл}}{3600 \cdot f \cdot u} = \frac{1}{3600 \cdot 0,0008 \cdot 0,7} = 4,96$$

Приймаємо $m = 5$ і уточнюємо швидкість руху вершків

$$u = \frac{V_{сл}}{3600 \cdot f \cdot m} = \frac{1}{3600 \cdot 0,0008 \cdot 5} = 0,69 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса для вершків

$$Re = \frac{ud_{екв}\rho}{\mu} = \frac{0,69 \cdot 0,006 \cdot 981}{3,23 \cdot 10^{-3}} = 1257$$

Коефіцієнт тепловіддачі від вершків до пластини

$$\alpha_1 = 0,1 \frac{\lambda}{d_{екв}} \cdot Re^{0,7} \cdot p_r^{0,43} \cdot 0,95 = 0,1 \frac{0,34}{0,006} \cdot 1257^{0,7} \cdot 33,8^{0,43} \cdot 0,95 = 1800 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від стінки пластини до охолоджуючої води

$$\alpha_2 = 0,1 \frac{\lambda}{d_{екв}} \cdot Re^{0,7} \cdot p_r^{0,43} \cdot 1,05$$

Для визначення критерію Рейнольдса необхідно знати швидкість руху води в каналах. Прийmemo кількість паралельних каналів одного пакета $m = 5$.

Тоді з рівняння нерозривності потоку

$$v = \frac{V_в}{m \cdot f \cdot 3600}$$

де $V_в$ – об'ємний розхід охолоджуючої води, м³/год.

$$V_в = 2 \cdot 1,0 = 2,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$v = \frac{2,0}{5 \cdot 0,0008 \cdot 3600} = 1,38 \text{ м/с}$$

$$\text{Re} = \frac{u \cdot d_{\text{екв}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,38 \cdot 0,006 \cdot 1000}{1,31 \cdot 10^{-3}} = 6320$$

$$\alpha_2 = 0,1 \frac{0,575}{0,006} \cdot 6320^{0,7} \cdot 9,52^{0,43} \cdot 1,05 = 6200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{см}}}{\lambda_{\text{см}}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1800} + \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{16} + \frac{1}{6200}} = 1130 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Теплове навантаження охолоджувача

$$Q = \frac{V \cdot \rho \cdot c(t_1 - t_2)}{3600} = \frac{1,0 \cdot 981 \cdot 3554(75 - 18)}{3600} = 552 \text{ кВт}$$

Необхідна поверхня тепловіддачі

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{552 \cdot 10^3}{1130 \cdot 28} = 17,45 \text{ м}^2$$

Кількість теплопередавальних пластин в охолоджувачі

$$n = \frac{F}{F_1} = \frac{17,45}{0,2} = 87 \text{ пластин}$$

Кількість пакетів

$$i = \frac{n}{2m} = \frac{87}{2 \cdot 5} = 8,7$$

Так, як кількість пакетів не може бути дробовою, приймаємо $i=9$. Тоді форма компоновки пластин в апараті має вид

$$\frac{5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5}{5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5}$$

Визначимо гідравлічні втрати в апараті за формулою (30,[12])

$$\Delta P = \xi \frac{L_n}{d_{\text{екв}}} \cdot \frac{\rho \cdot u^2}{2} \cdot C, \text{ Па}$$

де ξ – коефіцієнт гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу, визначений за формулою

$$\xi = 11,2 \text{Re}^{-0,25} \quad [7]$$

L_n – приведена довжина каналу, м

ρ – густина рідини, кг/м³

i – кількість поступово з'єднаних пакетів.

Гідравлічні втрати по лінії руху вершків

$$\xi = 11,2 \text{Re}^{-0,25} = 11,2 \cdot 1257^{-0,25} = 1,88$$

$$\Delta P = 1,88 \frac{0,8}{0,006} \cdot \frac{981 \cdot 0,69^2}{2} \cdot 9 = 52,7 \text{кПа}$$

Гідравлічні опори по лінії руху води

$$\xi = 11,2 \text{Re}^{-0,25} = 11,2 \cdot 6320^{-0,25} = 1,26$$

$$\Delta P = 1,26 \frac{0,8}{0,006} \cdot \frac{1000 \cdot 1638^2}{2} \cdot 9 = 143 \text{кПа}$$

2.2.2.2. Тепловий розрахунок охолоджувача-обробника

Вище зазначалось, що на комплексі можна виготовляти вершкове масло пониженої жирності і з різними наповнювачами.

Оскільки процеси виробництва вершкових масел з наповнювачами ще недостатньо вивчені для прикладу розрахунку охолоджувача-обробника беремо виробництво вершкового масла.

При цьому вихідні дані для розрахунку будуть наступні:

продуктивність, $G = 1000$, кг/год

початкова температура вершків, $t_n = 22^\circ\text{C}$

кінцева температура вершків, $t_k = 10^\circ\text{C}$

середня теплоємність вершків за цикл охолодження, $3,58 \cdot 10^3$ Дж/кг·°C

початкова температура розсолу, $t_n, p = 5^\circ\text{C}$,

Розсіл – розчин хлористого натрію (NaCl) з фізичними параметрами:

питома вага, кг/м³ – 1183

вагова концентрація, % – 22,5

температура замерзання, $t_z = -20^\circ\text{C}$

питома теплоємність, $\text{Дж/кг}\cdot^\circ\text{C} - 3,33\cdot 10^3$

коефіцієнт теплопровідності,

$$\lambda = 0,523 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}},$$

Витрати розсолу з тепло-фізичними параметрами складає

$$V = 4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розсольна пластина пакету виконана методом холодного штампування і точкової електрозварки з листової нержавіючої сталі марки 12Х18Н9Т ГОСТ 5632-81 товщиною $\delta = 0,002 \text{ м} = 2 \text{ мм}$ і з коефіцієнтом теплопровідності

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

при середній температурі стінки $t_{ст\text{ ср}} = 40^\circ\text{C}$

Живий переріз каналу між дисками пластини для циркуляції розсолу

$$f_{жс} = h \cdot l_{ср}$$

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

$l_{ср}$ – сторона квадрату рівновеликого круга.

Діаметр 470 мм – робочий діаметр внутрішньої порожнини пластини.

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

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

Швидкість розсолу при подачі в 1-у пластину

$$\omega_1 = \frac{V}{3600 \cdot f_{жс}} = \frac{4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 1673} = 0,66 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Швидкість розсолу при подачі в 2-у пластину

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{2} = \frac{0,66}{2} = 0,33 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо критерій Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{\omega h}{\nu} = 1$$

де h – визначальний розмір за рекомендації Міхеєва.

Для визначення середньої температури розсолу визначаємо теплове навантаження від продукту.

$$Q = GC_{cp}(t_n - t_k) = 1000 \cdot 3,58 \cdot 10^3 (22 - 10) = 42960 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

Кінцева температура розсолу

$$Q = V\gamma C_{cp}(t_{к.р} - t_{н.р})$$

$$t_{к.р} - t_{н.р} = \frac{Q}{V\gamma C_{cp}} = \frac{42960}{4 \cdot 1183 \cdot 3,33} = 2,3^\circ\text{C}$$

$$t_{к.р} = t_{н.р} + 2,3^\circ\text{C} = -5 + 2,3 = -2,7^\circ\text{C}$$

Середня температура розсолу

$$t_{cp} = \frac{t_{к.р} + t_{н.р}}{2} = \frac{5 + 7,3}{2} = 6,2^\circ\text{C}$$

Критерій Рейнольдса для розсолу при температурі розсолу $t=6,2^\circ\text{C}$ по схемі руху розсолу в 1-у пластину

$$\text{Re} = \frac{\omega h}{\nu} = \frac{0,66 \cdot 0,004 \cdot 10^6}{2,02} = 1306$$

по схемі руху розсолу в 2-і пластини

$$\text{Re} = \frac{\omega h}{\nu} = \frac{0,33 \cdot 0,004 \cdot 10^6}{2,02} = 653$$

Режим протікання розсолу – ламінарний, бо $\text{Re} < 2000$ /

Для в'язкісного ламінарного руху розсолів в теплообмінних пластинах

$$Nu_{жс} = 1,55 \left(\frac{\text{Re } p_r h}{l} \right)^{0,33} \left[1 + 0,01 \left(\frac{\text{Re } h}{l} \right)^{0,66} \right]$$

де l – довжина ділянки теплообміну (діаметр пластини $\varnothing 470$ мм мінус діаметр несучої труби)

$$l = 470 - 35 = 435 \text{ мм}$$

Pr – критерій Прандтля для середньої температури розсолу $t_{cp}=6,2^{\circ}C$.

$$Pr = 14,1$$

Визначимо середній коефіцієнт тепловіддачі від стінки до розсолу. Для швидкості розсолу $\omega_2 = 0,33$.

$$\begin{aligned} \alpha_{cp} &= 130,75 \cdot 1,55 \left(1306 \cdot 14,1 \frac{4}{435} \right)^{0,33} \left[1 + 0,01 \left(\frac{1306 \cdot 4}{435} \right)^{0,66} \right] = \\ &= 130,75 \cdot 1,55 \cdot 543 \cdot 1,05 = 1157 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C} \end{aligned}$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі охолоджувача-обробника

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

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до розсолу;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від продукту до стінки.

За науковими і експериментальними даними для скребкових теплообмінних апаратів охолодження високожирних рідин типу високожирних вершків

$$\alpha_2 = 1880 \dots 3000 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C}$$

Прийmemo в нашому випадку

$$\alpha_2 = 2800 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C}$$

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{906} + \frac{0,002}{13,8} + \frac{1}{2800}} = 662 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C}$$

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{1157} + \frac{0,002}{13,8} + \frac{1}{2800}} = 732 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C}$$

Розрахунок поверхні охолодження охолоджувача-обробника проводимо для випадку подачі розсолу в 1-у пластину, бо тут $K_2 > K_1$

Поверхню вираховуємо за формулою:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}; \text{м}^2$$

$$\Delta t_{\max} = 22 - 7,3 = 14,7^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = 10 - 5 = 5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{14,7 - 5}{2,31 \lg \frac{14,7}{5}} = 9^\circ\text{C}$$

Тоді

$$F = \frac{42960}{732 \cdot 9} = 6,5 \text{ м}^2$$

При загальній теплопередавальній поверхні пластини $F_{\text{пл}} = 0,34 \text{ м}^2$

(з двох сторін)

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

$$n = \frac{F}{F_{\text{пл}}} = \frac{6,5}{0,34} = 19 \text{ пластин}$$

3. Математичне моделювання енергетичних параметрів процесу збивання вершків.

3.1. Використання критеріальної подібності для математичного моделювання.

Для процесів, які відбуваються в апаратах для перемішування рідин важко визначити критерії, в склад яких входить швидкість ω . Розподіл швидкостей в апаратах з мішалками носить дуже важкий характер і в цьому випадку використовують середню швидкість ω (як при русі рідини в трубі) не являється можливим. Тому частіше всього користуються умовною швидкістю, рівній круговій швидкості кінця лопаті мішалки, опускаючи при цьому множник $\pi = 3,14$. Одержані таким чином критерії дійсні для процесів перемішування. Визначення інших критеріїв, в склад яких швидкість ω не входить, не складає труднощів, і їх трактування не відрізняється від традиційної.

Нижче розглядаються найбільш важливі критерії, які застосовуються при опису процесів перемішування.

Критерій Рейнольдса

Традиційне визначення цього критерія подібне для руху рідини в трубі має наступий вигляд:

$$\frac{\omega d_0 \gamma}{\eta} = \frac{g_{ck} d_0}{\eta}$$

де ω - середня швидкість рідини в трубі; d_0 - внутрішній діаметр труби; γ - густина рідини; \hat{g}_{ck} - середня масова швидкість рідини в трубі; η - коефіцієнт динамічної в'язкості рідини.

Фізично Re являє собою відношення сил інерції до сил внутрішнього тертя і, крім цього, являється критерієм визначаючим характер руху.

Область $Re = 2100 \div 3000$ (такзвана перехідна область) розділяє області ламінарного руху ($Re < 2100$) і область турбулентного руху ($Re < 3000$)¹ [7].

Для руху рідини в апаратах з мішалками приймають умовно $\varpi = \pi d n$ і $d = d_0$ (діаметр мішалки).

Тоді після виключення множника π [7] = 3,14 як постійної величини

$$\text{одержуємо: } Re = Re_m = \frac{nd^2\gamma}{\eta}$$

Визначений таким чином критерій Рейнольдса не являється вже універсальним, визначаючим характер руху, по скільки цей рух залежить додатково від конструкції апарата з мішалкою (мішалка і ємкість), що в формулі (I-28) не відображено. Це - основний недолік даного визначення, перешкоджаючий універсальному приміненню одержаного критерія Рейнольдса для аналізу багатьох процесів реалізованих в апаратах з мішалками. Тому до теперішнього часу для кожного апарата з мішалкою розробляються окремі формули для визначення потужності, затраченої на перемішування, і т.д. Перехідна область в якій рух рідини в апараті з мішалкою переходить від ламінарного до турбулентного , значно ширше, чим рух рідини в трубах, і знаходиться в межах $Re_m = 10 \div 104$. Є такі апарати для яких область турбулентного руху починається вже при $Re_m = 102$.

Еталоном переходу ламінарного руху в турбулентний в даному випадку являється не класичний досвід Рейнольдса, а аналіз графіків різних залежностей (наприклад характеристик потужності, затраченої на перемішування). Як правило в логарифмічних координатах одержують прямі для, к $Re_m < 10$ криві в області $Re_m = 10 \div 104$ і знову прямі для $Re_m > 104$.

В літературі можна зустріти і інші пропозиції по визначенню критерія Рейнольдса для процесів перемішування. Так наприклад Вишневський, Глуханов і Ковальов пропонують визначати критерій Рейнольдса для кругового

січення між мішалкою і ємкості $\pi(D^2 - d^2)/4$ і при середній швидкості для цього січення $\omega_e = \alpha \pi d n$ (α - коефіцієнт, враховуючий розподіл швидкостей в цьому січені).

Звідси Рейнольдс рівний

$$\frac{\omega_e d_e \gamma}{\eta}$$

Після підставлення еквівалентного діаметра для кругового зазору

$d_e = D - d$ приведена вище формула має вигляд:

$$R_e = K \frac{\omega n d (D - d)}{\eta}$$

де $K = \pi \alpha$ - новий коефіцієнт, зв'язаний з розподілом швидкостей в круговому січені.

При такому визначенні критерія Рейнольдса його значення міняється зі змінами сімплекса d/D . Диференціюючи функцію відносно перемінної d при припущенні постійності інших параметрів і прирівнюючи її до нуля, одержуємо $d/D = 1/2$ як умову, при якій критерій Рейнольдса досягає максимального значення.

Вей, Гзовський і Плановський пропонують друге визначення критерія Рейнольдса:

$$\frac{n_e d_2 \gamma}{\eta}$$

де $n_e = k n$ - ефективне (еталоне) число обертів мішалки;

k - дослідний коефіцієнт (різний для різних мішалок), розрахований з умови рівності крутних моментів для даної і еталонної мішалок.

В якості еталонної автори прийняли мішалку з двома плоскими рами для яких $k = 1$. Для різних мішалок автори знайшли значення $k = 0,59 - 1,34$. Саме низьке значення k відноситься до мішалки з чотирма лопатками,

встановленими під кутом 45° , а саме високе - до відкритої турбінної мішалки з шістьма прямими лопатками.

Приймаючи таке визначення критерія Рейнгольда, автори описали одним рівнянням коефіцієнти масовіддачі при розчиненні твердого тіла всіх досліджених мішалок.

Нові пропозиції по визначенню критерія Рейнольдса можна зустріти для випадку перемішування дисперсних систем. В таких системах основним параметром для опису коефіцієнтів масовіддачі і розмірів диспергованих частинок (краплини, бульбашок) являється не абсолютна швидкість рідини, а місцеві флуктуації швидкості на шляху, рівному діаметру частинок d . Звідси критерій Рейнгольда:

$$\frac{\sqrt{\overline{w}^2} d_r \gamma_c}{\eta_c},$$

де індекс "с" означає рідку фазу.

Середнє значення пульсації швидкості в турбулентному потоці рідини на шляху d , можна вирахувати з залежності

$$\sqrt{\overline{w}^2} = C_{\dot{a}}^{1/3} d^{1/3}$$

при умові що розмір частинок великий в порівнянні з так названою внутрішньою шкалою турбулентності. Параметр $\dot{\varepsilon}$ являє собою місцеву швидкість розсіювання (диссипації), енергії, використаної на перемішування рідини (в розрахунку на одиницю маси суцільної фази). Для апарата з мішалкою величина $\dot{\varepsilon}$ може бути приблизно розрахована по залежності:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{N}{V \gamma_c}$$

Таким чином, одержуємо:

$$\sqrt{\overline{w}^2} \approx \left(\frac{N}{V \gamma_c} \right)^{1/3} d_r^{1/3}$$

Як виходить з формули, при зменшенні діаметра частинки (наприклад, краплини) значення критерія Рейнгольдса зменшуються (знижується турбулентність навколо частинок). Це визвано тим, що частинки легше переміщуються з потоком рідини.

Критерій Фруда

Традиційне визначення критерія Фруда має слідуочий вигляд:

$$\frac{\omega^2}{g_i}$$

і являє собою відношення сил інерції до сил тяжіння.

Для процесів, реалізованих в апаратах з мішалками приймають $\omega = \pi n$, що після виключення множника π^2 має вираз відцентрового критерія Фруда:

$$Fr = Fr_M = \frac{n^2 d}{g}$$

Цей критерій враховує вплив завихрення рідини (утворення воронки в апараті з мішалкою) на потужність, витраченої для перемішування, та інші процеси. Якщо апарат з мішалкою оснащений перегородками перешкоджаючими утворенню воронки рідини, то критерій Фруда не відіграє ніякої ролі.

Критерій Ейлера

Основне визначення критерія Ейлера має вигляд

$$\frac{\Delta p}{\gamma \omega^2}$$

і являє собою відношення сил тиску, що викликає рух, до сил динамічного тиску Δp .

Для процесів, протікаючих в апаратах з мішалками, заміняють перепад тиску Δp і швидкість ω потужністю, затраченою на перемішування, і круговою швидкістю мішалки. Приймаючи, що потужність, затрачена на

перемішування, рівна $N \approx \Delta p F \omega$, де $F \approx d^2$ (умовне січення потоку), і $\omega \approx nd$, одержуємо вираз відцентрового критерія Ейлера для процесів перемішування

$$Eu = Eu_m = \frac{N}{n^3 d^5 \gamma}$$

Величину Eu_m називають також критерієм потужності.

Критерій Вебера

Традиційне визначення критерія Вебера We має наступний вигляд

$$\frac{\omega^2 l}{\sigma}$$

і є відношення сил інерції до сил поверхневого натягу.

Приймаючи $\omega \approx nd$ і $l = d$, одержуємо відцентровий критерій Вебера для апаратів з мішалками

$$We = We_m = \frac{n^2 d^3 \gamma}{\sigma}$$

Цей критерій зустрічається в процесах диспергування в апаратах для перемішування взаємно нерозчинних газів і рідин.

Визначення критеріїв, які не містять швидкості ω , не відрізняються, як правило від традиційних. Якщо в даному критерії є лінійний розмір, то частіше всього це діаметр апарата D або діаметр мішалки d . Наприклад, критерій Нуссельта може мати у вигляді лінійного розміру діаметра апарата, діаметр мішалки або діаметр труби змішувача.

3.2. Вивід критеріального рівняння, що описує зміну споживчої потужності у подібних апаратах.

Потужність, використана на перемішування, для турбулентного режиму в апараті з відбиваючими перегородками визначають по критеріальному рівнянню:

$$Eu = \frac{N}{n^3 d^5 \gamma} = \text{const}$$

Для двох процесів (1 і 2) які проходять в геометрично подібних апаратах і при умові (для спрощення), що в обох апаратах використовується одна і та ж рідина, буде вірна залежність:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{n_2^3 d_2^3}{n_1^3 d_1^5}$$

Можна показати, як буде мінятися потужність, використана на перемішування, зі збільшенням розмірів апарата при збереженні геометричної подібності, наприклад $d/D = \text{const}$, $N/D = \text{const}$ і т.д. Постійної інтенсивності перемішування, визначеною різними способами.

Для $Re = \text{const}$, або

$$n_1 d_1^2 = n_2 d_2^2 ,$$

маємо:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{-1}$$

Відповідно, потужність, використана на перемішування, зменшується зворотно пропорційно зі збільшенням розмірів апарата.

Для

$$u = \pi d n = \text{const} \quad \text{[2]}, \text{ або}$$

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 ,$$

знаходимо:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_2}{d_1} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

Потужність збільшується пропорційно квадрату лінійних розмірів апарата.

Для $N/V = \text{const}$, або $N_1/V_1 = N_2/V_2$, приймаючи $V \approx d^3$, одержуємо залежність:

$$\frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

Після перетворення і використання рівняння

$$N_2 / N_1 = (u_2 / u_1)^3 (d_2 / d_1)^2 = (\text{Re}_2 / \text{Re}_1)^3 (d_1 / d_2) \quad \square$$

маємо:

$$\frac{u_2}{u_1} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{1/3}$$

$$\frac{\text{Re}_2}{\text{Re}_1} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{4/3}$$

Щоб виконати умову $N/V = \text{const}$ необхідно зі збільшенням розмірів апарата збільшити відцентрову швидкість мішалки і значно збільшується критерій Рейнольдса. Впливає, що великий апарат (низькошвидкісний) при однаковій відцентровій швидкості мішалки затрачає меншу потужність на одиницю об'єму, порівнюючи з малим (високошвидкісним) апаратом.

3.3. Математичне узагальнення експериментальних даних.

Потрібно відзначити, що постійні затрати енергії не залежать від величини потужності, яка передається вершкам справедливо лише при постійності технологічних параметрів (ступінь дозрівання, концентрація кристалічної фази, жирність). Як показано вище, затрати енергії на збивання вершків в залежності від вказаних факторів змінюється в широких рамках.

Мінімальна жирність пахти спостерігалась при швидкості обертання мішалки в області від 13,3 до 20 с^{-1} . Зміна швидкості за вказаними границями підвищує жирність пахти.

Використовуючи отриману залежність ($A_u = \text{const}$) являється можливим, коли задаємо параметри інтенсивності механічної обробки вершків розрахувати тривалість збивання і навпаки. Обробка результатів дослідів дозволила поєднати середню номінальну потужність на обробку з тривалістю збивання.

Математична залежність виражається рівнянням, Вт/кг:

$$N_{cp} = C \cdot \tau^{-1}$$

де N_{cp} - середня номінальна потужність обробки, Вт/кг;

C - коефіцієнт;

τ - тривалість збивання, с.

Коефіцієнт c , який входить в рівняння враховує як жирність ВЖВ так і кількість кристалічної фази ВЖВ. Концентрація кристалічної фази ВЖВ визначає температуру дозрівання і збивання, а також хімічний склад молочного жиру. Раніш було запропоновано і обґрунтовано критерій фізико хімічного стану жирової емульсії (підготовлених для збивання вершків) - концентрації кристалічної фази жиру у вершках φ_k . Встановлено його значення наближено рівне

$$40 \pm 2 \div 3\%.$$

У логарифмічних координатах значення коефіцієнта "с" в діапазоні ВЖВ при жирності 30-45% та кристалічній фазі ВЖВ $\varphi_k \approx 0,4N_{cp}$, Вт/кг

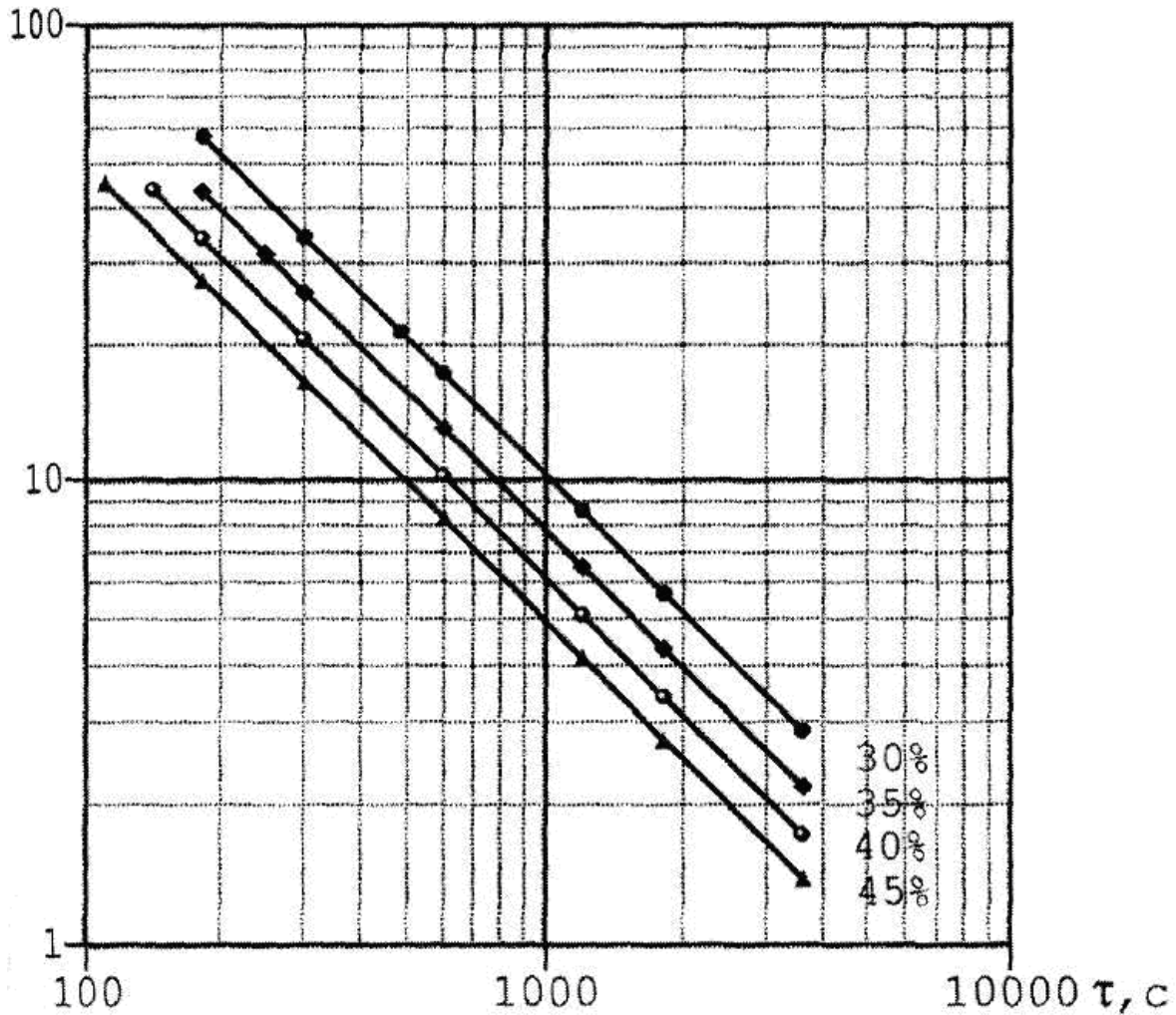


Рисунок 3.3.1 - Залежність середньої номінальної потужності (N_{cp}) обробки від тривалості збивання (τ) вершків. Жирність вказана на рисунку.

Значення коефіцієнта, який входить в рівняння має вигляд:

$$C = 1,17 \cdot 10^3 \cdot \varphi_{\mathcal{E}}^{-1,8},$$

де $\varphi_{\mathcal{E}}$ - частка жиру у ВЖВ.

Отримані рівняння застосування для розрахунків при конструюванні масловиготовлювачів.

Процес збивання з точки зору гідродинаміки може бути зведений до зовнішнього обтікання мішалки потоком вершків. Енергія, затрачена на вихреутворення і тертя пропорційна опору руху лопатей в рідині. Рівняння, описуюче залежність потужності, затраченої на перемішування від основних параметрів процесу, вперше вивели Уайт і Бренер. В загальному значенні закон

опору середовища визначається критичним рівнянням $Eu = f(Re, Fr)$. Вплив сили тяжіння, пов'язаний з утворенням воронки можна не враховувати і застосовувати до процесу збивання виключити з загального рівняння Фруда. Звичайні вирази критеріїв повинні бути видозміннені у відповідності з умовами руху рідини. Узагальнене рівняння має вигляд:

$$Eu_M = C \cdot Re_M^a$$

де Eu_M - критерій Ейлера мішалки;

C - коефіцієнт;

Re_M - критерій Рейнольда мішалки,

a - показник степені.

Досліджуючи витрати потужності на перемішування М.Д. Глуз і І.С. Павлушенко показали, що в області малих значень $Re < 90$ режим руху рідини ламінарний, величина степені $a = -1$, а в області турбулентного режиму $Re > 2000$ значення степені зменшується $a = -0,25$. Крім того, при більших значеннях $Re > 1 \cdot 10^5$, виявляється так звана автотельна область, коли сила тертя проявляється вельми малою в порівнянні з силами інерції і Eu_M практично не залежить від Re_M . При турбулентному режимі на величину показника "а" впливають конструктивні особливості мішалки.

Залежність критерія потужності від Рейнольда за результатами дослідів в логарифмічних координатах зображено на рисунку 3.3.2

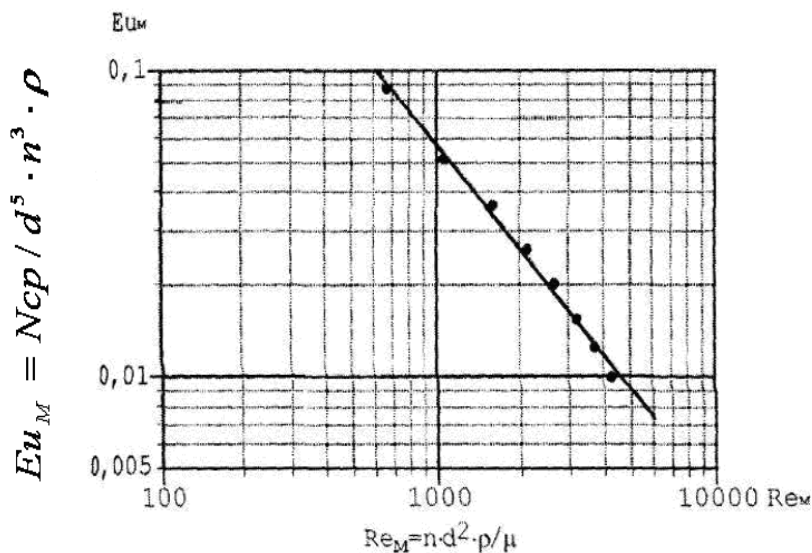


Рисунок 3.3.2.- Графік потужності маслоутворювача.

Математично залежність виражається:

$$Eu_M = 1.49 \cdot 10^2 \cdot Re_M^{-1.14} = \frac{N_{cc}}{d^5 n^3 \rho} = 1.49 \cdot 10^2 \left(\frac{d^2 n \cdot \rho}{\mu} \right)^{-1.14} \Rightarrow N_{cp} = 1.49 \cdot 10^2 \cdot \frac{d^{2.72} \cdot n^{1.86} \cdot \mu^{1.14}}{\rho^{0.14}}$$

де N_{cp} - середня потужність маслоутворювача, кВт/кг;

d - діаметр мішалки, м

n - оберти мішалки, s^{-1}

μ - в'язкість ВЖВ,

ρ - густина вершків, $кг/м^3$.

Подібні значення показника степені "а" були отримані Скелландом для циліндричних охолоджувачів,

$$Eu_M = 77,5 \cdot \left(\frac{d^2 n \cdot \rho}{\mu} \right)^{-1.27} \cdot z^{0.59},$$

яке добре поєднується з формулою Левеншпиля і Вайнштейна,

$$Eu_M = 38,23 \cdot \left(\frac{d^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu} \right)^{-1.14} \cdot z^{0.64},$$

де z - кількість лопатей мішалки, шт.

4. Результати теоретичних та експериментальних досліджень.

4.1. Розробка і обґрунтування методів досліджень.

Пізнання мети процесів маслоутворення має велике значення для вдосконалення техніки і технології виготовлення вершкового масла. Складність дослідження перетворення вершків в масло заключається в багатьох факторах фізико-хімічних процесів, які відбуваються у вершках і приводить до об'єднання частково затверділих жирових кульок в агрегати з послідуочим утворенням масляного зерна. Додатковими обставинами, які затрудняють дослідження є залежність процесу маслоутворення від інтенсивності обробки, температури та інших факторів.

Використання апаратів промислового типу не дозволяє комплексно досліджувати енергозатрати в процесі збивання через неможливість стабільного підтримування та зміни в значному діапазоні термомеханічної обробки, а також виключити погрішність, яка пов'язана з витратами енергії в окремих передачах, візуально спостерігати за процесом.

Загально прийняті фізико-хімічні і реологічні методи, як наприклад метод дилатометричного аналізу, мікроскопіювання, структурно-механічні характеристики, дають цінну інформацію про процеси, не в динаміці, а лише по початковому або по кінцевому продукту і в цьому плані їх застосування є доцільним. Для цього потрібно було розробити спеціальну установку для ведення дослідів.

4.2. Експериментальний стенд і лабораторна установка.

У лабораторії підприємства ПП «Альма Віта» встановлена лабораторна установка для дослідження енергетичних затрат на перетворення високожирних вершків. Відповідно до установки розроблені методики проведення дослідів в залежності від технологічних факторів і гідромеханічних параметрів.

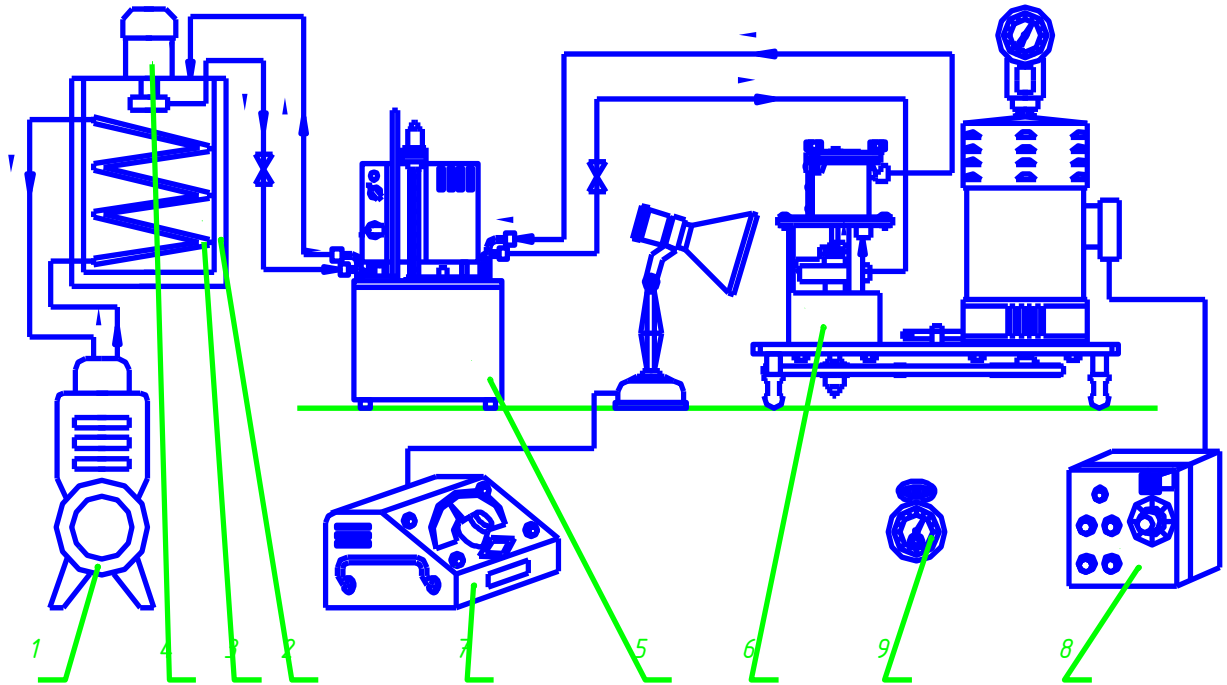


Рисунок 4.2.1.- Схема експериментального стенда: 1- холодильна машина; 2- ємність; 3- випарник; 4- насос; 5- термостат; 6- лабораторна установка; 7- строботахометр; 8- універсальний блок живлення; 9- секундомір.

При роботі фреонової холодильної машини 1 проходить охолодження антифризу (суміш етиленгліколя з дистильованою водою) в ємності 2. Центробіжним насосом 4 антифриз подається в термостат 5, де підтримується температура збивання вершків. Термостат служить для подачі холодоагента в охолоджуючу сорочку лабораторної установки і для термостатування (підігріву) підготовлених високожирних вершків перед збиванням. Установка 6 з двигуном постійного струму призначений для збивання вершків. Строботахометр 7 служить для вимірювання кута закручування градуйованого пружного елемента на валу мішалки в динаміці збивання. Число обертів мішалки регулюється універсальним блоком живлення 8 і контролюється механічним строботахометром. Тривалість збивання фіксували секундоміром 9.

Лабораторна установка (Рисунок 4.2.1.) складається з металічної колби 2 (ємністю 260мл) з герметичною кришкою 4 і сорочкою 3. Сорочка оснащена

двома патрубками для підводу і виходу холодоагента. Для візуального спостереження в колбі є оглядове скло 6. приводом установки являється колекторний двигун постійного струму, встановлений на плиті установки. Двигун через клинопасову передачу з'єднаний з проміжним валом 10. Проміжний вал обертається на підшипникових опорах корпусу 1. На проміжному валі закріплений диск зі шкалою 9. Ведучий вал 7 обертається в підшипникових опорах проміжного вала 10 і з'єднаний з останнім пружним елементом 11 (трос). На ведучому валі кріпиться мішалка 5 і стріла 8. таким чином при оберті мішалки обидва вала обертаються одночасно.

При збиванні вершків мішалка з ведучим валом зміщується відносно проміжного валу 10 на деякий кут φ , який визначається величиною опору середовища, яке обробляється. Величину зміщення показує стрілка 8 на диску зі шкалою 9. По φ визначається крутний момент M , який витрачається на механічну обробку.

Конструкція привідного обладнання дає можливість вимірювати крутний момент, який витрачається на збивання вершків, до отримання масляного зерна. Утворення масляного зерна можна спостерігати через оглядове скло.

Конструкція виключає похибки зв'язані, із затратами енергії на обертання проміжного валу. Втрати енергії витрачаємо на переміщення ведучого вала відносно проміжного, враховувалась при градуюванні. Точність вимірювання крутного моменту при інших рівних умовах залежить від кута повороту φ .

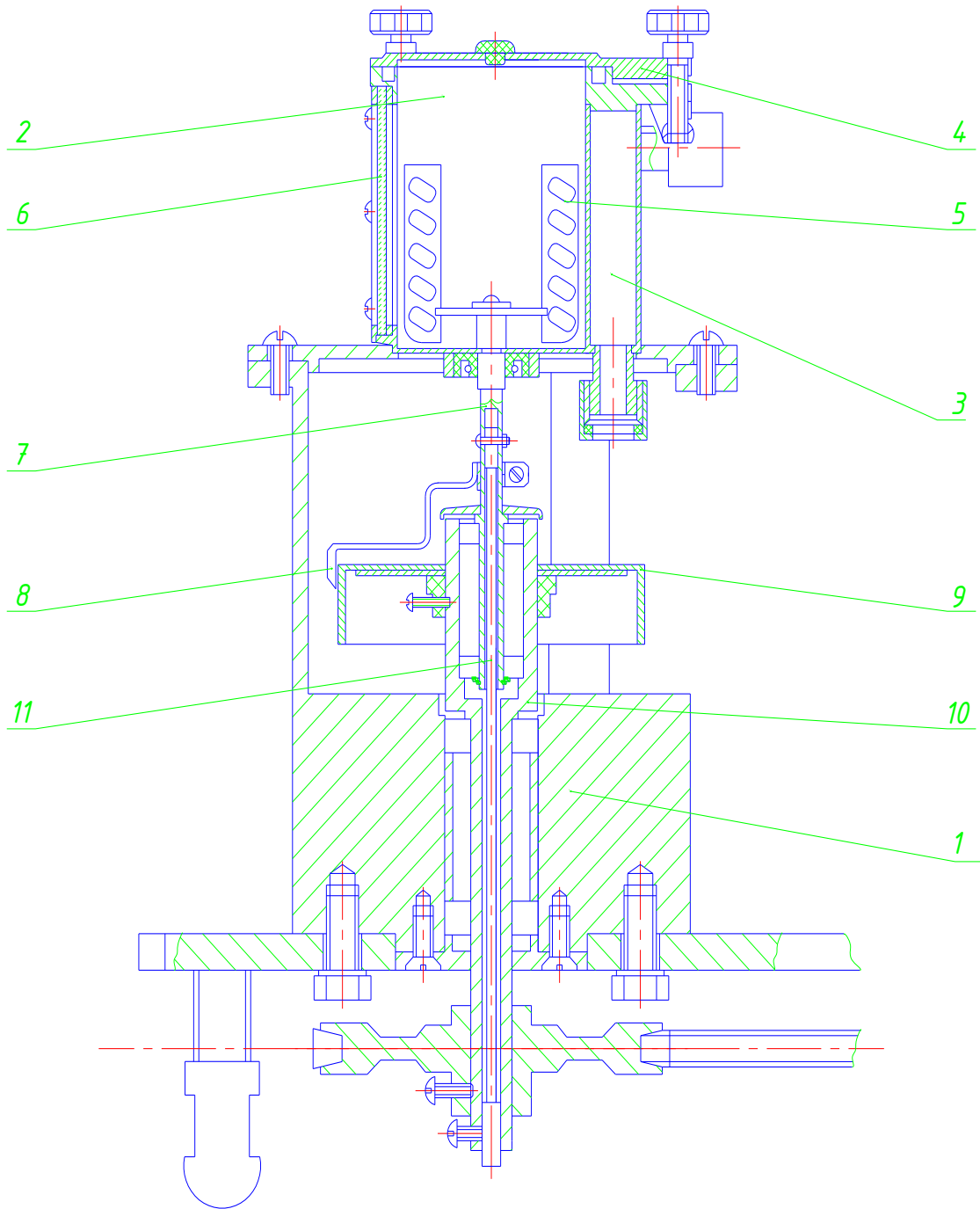


Рисунок 4.2.2. - Конструкція лабораторної установки: 1- корпус; 2- колба; 3- сорочка; 4- кришка; 5-мішалка; 6- оглядове скло; 7- ведучий вал; 8- стрілка; 9- диск зі шкалою; 10- проміжний вал; 11-пружний елемент.

При цьому пружний елемент повинен забезпечити достатньо великий кут закручування, але в границях пружних деформацій. Максимально допустимий кут закручування φ пружного елемента визначається за формулою:

$$\varphi = \frac{M \cdot l}{G \cdot Y} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{2l \cdot [\tau]}{d \cdot G} \cdot \frac{180^\circ}{\pi},$$

де φ — кут закручування, градус;

M - крутний момент, Н·м;

l - довжина пружного елемента, м;

G - модуль зміщення, Н/м²;

Y - полярний момент інерції, м⁴;

$[\tau]$ - допустиме напруження на кручення, Н/м²;

d - діаметр пружного елемента, м.

Звідси виходить, що для отримання різних значень φ потрібно змінити l і d , але так як l доволі жорстко обмежується розмірами установки, то змінною величиною залишається лише діаметр тросика (d). Оскільки d визначається не тільки φ , але і максимальну потужність, яку можна передати оброблюваному середовищу. В ряді випадків для дотримання правил точності вимірювання і міцності системи необхідно застосовувати різні по жорсткості (Рисунок 4.2.3.) пружні елементи, які складаються з декількох ниток. Число ниток вибирається в залежності від потужності, яку потрібно передати оброблюваному середовищу.

Опір перемішуванню пропорційний в'язкості μ , послідовно, величина крутного моменту характеризує в'язкість системи (вершки-повітряна фаза). Для отримання абсолютних значень величин μ , потрібно попередньо градуювання на рідинах з відомою в'язкістю (Рисунок 4.2.4). для цієї мети використовували гліцерин нагрітий до різних температур в межах 2,5-60 °С.

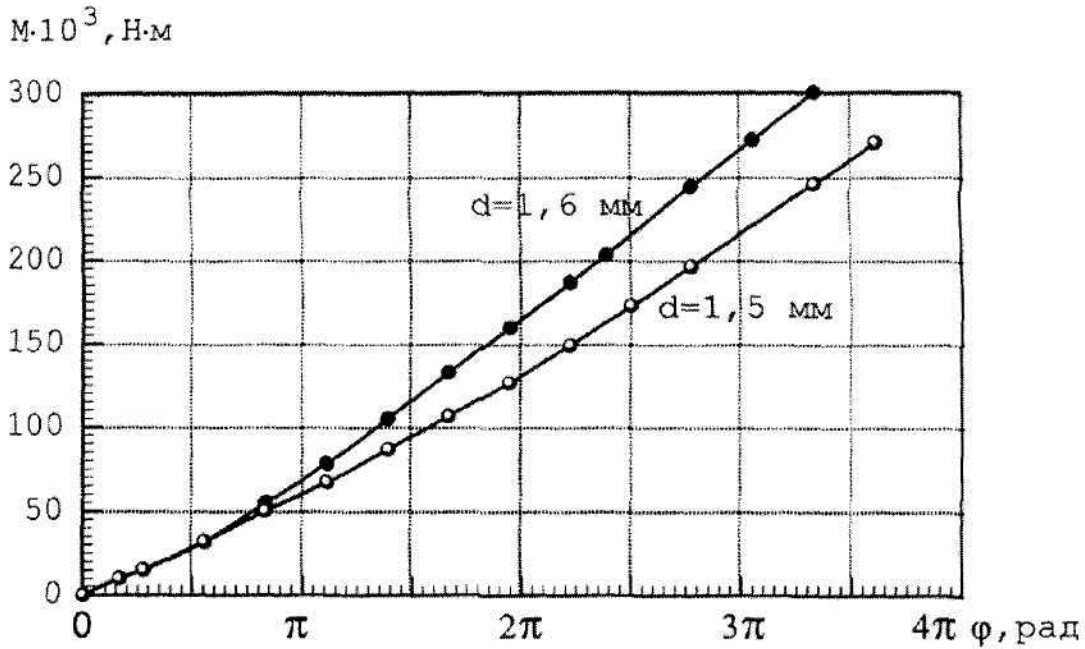


Рисунок 4.2.3. - залежність величини крутного моменту від кута закручування пружних елементів різного діаметра.

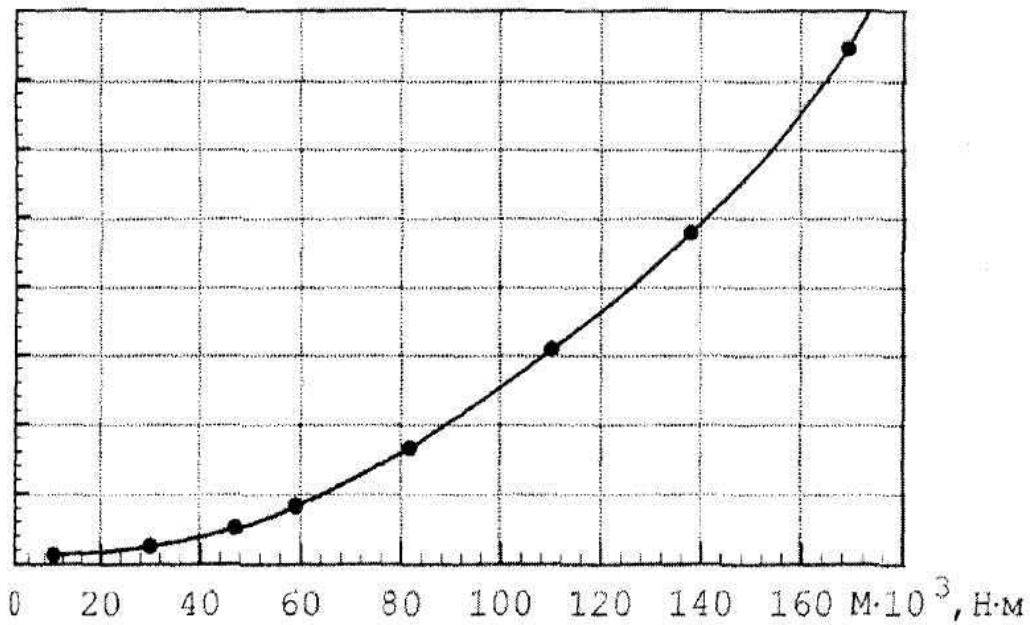


Рисунок 4.2.4. - Залежність в'язкості гліцерину від величини крутного моменту на валу мішалки при числі обертів 800 об/хв..

Змінюючи число обертів мішалки під час дослідів є можливість варіювати інтенсивністю механічного впливу на різних стадіях збивання. На будь-якій стадії збивання механічна обробка може бути перервана і відібрані проби продукту для визначення його фізико-хімічних властивостей.

4.3. Методика проведення дослідів і методів досліджень.

Для вимірювання потужності, яка затрачається на збивання, була розроблена методика, у відповідності з якою через відповідні проміжки часу в процесі збивання записували кут зміщування φ мішалки 5 (див.Рисунок 4.2.2.) разом з ведучим валом 7 відносно проміжного валу 10, визначений величиною опору системи (вершки-повітря). Зміщення фіксується стрілкою 8 на шкалі 9 і визначається за допомогою стробоскопічного тахометра. Одночасно проводились візуальні нагляди за рухом проходженням процесу збивання. За допомогою градуйованої кривої (зміщення пружного елемента - крутний момент) по величині зміщення визначали крутний момент, виходячи з якого потужність, затрачена на збивання. Величину потужності, яка витрачалась на збивання визначали по формулі:

$$M = \frac{N}{\omega} \Rightarrow N = \frac{M \cdot \pi \cdot n}{30},$$

де M - крутний момент на валу мішалки, Н·м;

N - потужність, яка витрачається на збивання, Вт;

φ - кутова швидкість мішалки, рад/с;

n - число обертів вала мішалки, об/хв..

Дослідами встановлено, що потужність в процесі збивання не постійна (Рисунок 4.3.1.) і відображає фізико-хімічні процеси, які відбуваються у під час механічної обробки при перетворенні високо жирних вершків у масло.

Витрати енергії на збивання визначались як площа криволінійної трапеції в залежності N від τ (де N - потужність, яка витрачається на збивання, τ - тривалість збивання). В якості кінцевого енергетичного показника використовували питомі затрати енергії в кДж на 1 кг вершків.

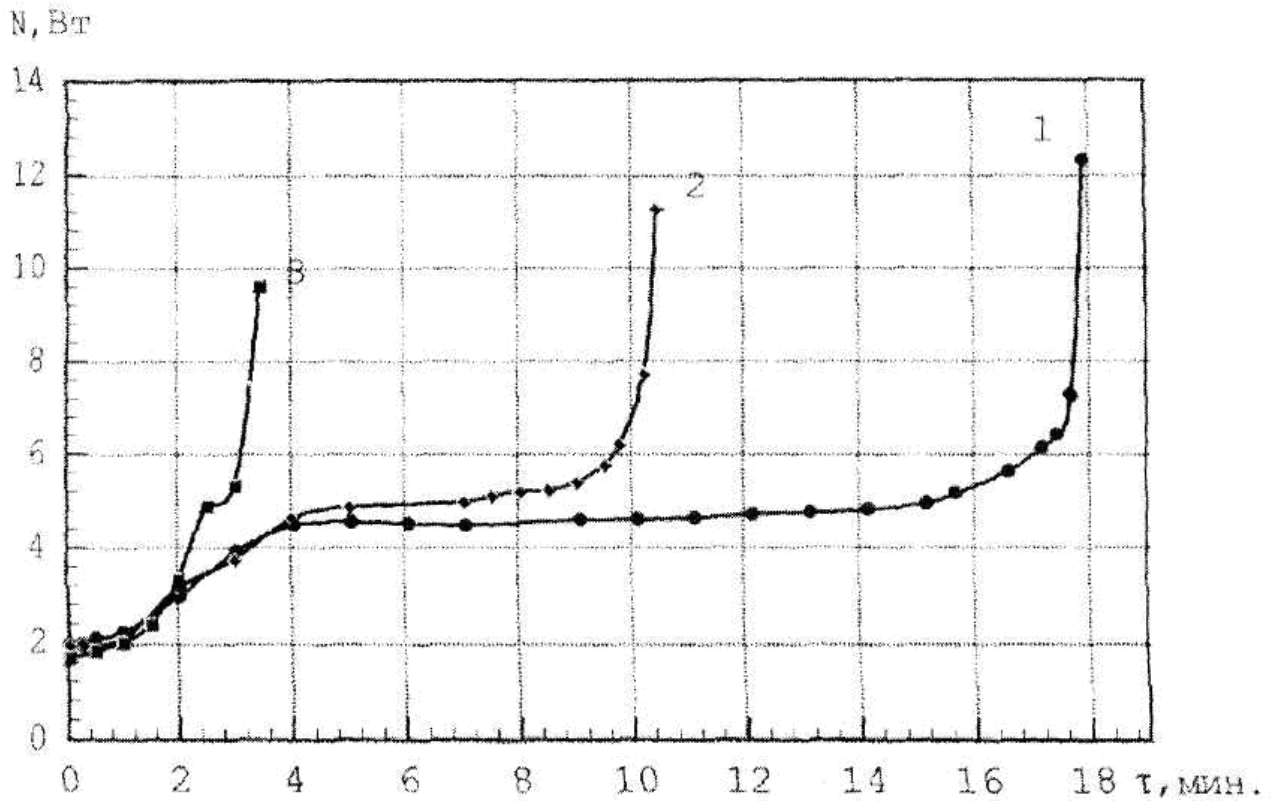


Рисунок 4.3.1. - зміна потужності в процесі збивання 35% вершків, температура збивання, °С: 1-10°C, 2-12°C, 3-16°C.

Для дослідів використовували зразки збираного молока з молочно-товарних ферм одних і тих самих господарств. Вершки для дослідів готували у відповідності до технологічної інструкції по виготовленню вершкового масла, проводячи наступні операції: підігрів сирого молока, сепарування, пастеризація вершків (85-87 °С з витримкою 5хв.), дозрівання при 6°C на протязі 18 год. При дослідженні впливу кислотності вершків на масло утворення їх нормалізували і вносили закваску молочнокислих культур, сквашування проводили при 16,5-20°C на протязі 15-16 год., дозрівання при 6°C на протязі 6 год. Для дослідження збивання комбінованих вершків (молочний жир - олія) в нормалізованій по жирності 35% вершків вносили у визначеній пропорції жири рослинного походження для вершків жирністю 35%, отримані шляхом емульгування рослинної олії в обезжиреному молоці. Потім комбіновані вершки залишали на дозрівання при 5-6°C на протязі 18 год.

Підготовлені вершки перед дослідом термостатували при температурі збивання 20хв, що забезпечувало стабілізацію процесів фазових перетворень молочного жиру. Для зменшення нагрівання вершків при збиванні, в сорочку циліндра насосом термостата подавали холодну воду з температурою рівній температурі збивання.

В кожному досліді по вивченню затрат енергії на збивання змінювали лише один досліджуваний параметр, інші параметри були постійними. Збивання вершків проводили до утворення масляного зерна. Після утворення масляного зерна обробку закінчували і змінювали температуру пахти за допомогою термометра з точністю 0,1°C. Отримані зразки масляного зерна і пахти проводили досліді в лабораторії.

Досліді витрат енергії на збивання в залежності від технологічних факторів проводили в широкому діапазоні температури збивання 8-22°C і різним хімічним складом молочного жиру. У зв'язку з тим, що молочний жир має непостійний хімічний склад, який змінюється на протязі року, його характеризували по показнику йодного числа. Йодне число молочного жиру (ЙЧ МЖ) пропорційне концентрації в ньому ненасичених низько плавних жирних кислот. Досліді проводили в літній період року (червень-серпень), коли ЙЧ МЖ мають максимальне значення (37-40), і в зимовий період (грудень-лютий) з мінімальним значенням ЙЧ МЖ (29-34). У весняний та осінній періоди ЙЧ МЖ мають середні значення. Під термінами «літні» і «зимові» вершки, маємо на увазі вершки отримані з молока відповідно в літню та зимову пори року.

Досліджувались затрати енергії на збивання в залежності від жирності вершків 10-55%. Враховуючи те, що на отриманні вершків підвищеної жирності і потрібно більш високі енергозатрати на сепарування питомі затрати енергії необхідно розглядати сумарно, як енергію затрачену на сепарування та збивання.

Витрати енергії на збивання в залежності від тривалості дозрівання в діапазоні 0,05 до 18 год. проводили на вершках з різним хімічним складом молочного жиру ЙЧ 26,4 – 38,2.

Вивчення енергозатрат в залежності від гідромеханічних показників приводили при різній інтенсивності механічного впливу (змінюючи оберти робочого органа), а також зміною ступеня завантаження ванни установки від 15 до 100%. Установка дозволила проводити дослідження за потужністю мехобробкою вершків на різних стадіях збивання.

Дослідження експлуатації установки показали достатню точність її вимірювальних елементів, доброю репродукцією експериментальних даних і надійність в роботі. Відносна погрішність вимірювань крутного моменту на валу мішалки в області малих значень закручуванню вимірювального елемента не перевищуючи π , складає 1,8%, а в області більш високих значень 0,5%.

Для визначення розмірів дисперсних частинок і виявлення їх розподілення у вершках в характерні зимові і літні періоди року використовували методику описану Н.Н. Іпатовим. З дозрілих вершків, підготовлених до збивання брали 3-4 проби, які потім розчиняли водою у співвідношенні 1:7. у відповідності із збільшенням мікроскопа $20 \times 60 = 1200$ і встановленою ціною ділення окуляр мікрометра, всі жирові кульки були розбиті по розмірам від 1 до 9 мкм. В кожній розмірній групі використовували по десять поля зору. Середній діаметр жирових кульок розраховували по формулі об'ємного розподілення жирових кульок:

$$V_{cp} = \frac{V_1 d_1 + V_2 d_2 + \dots + V_i d_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i} \Rightarrow d_{cp} = \sqrt[3]{\frac{6V_{cp}}{\pi}},$$

де V_{cp} - середній об'єм жирових кульок, мкм³;

V_1, V_2, \dots, V_i - об'єм кульок в розмірній групі, мкм³;

d_1, d_2, \dots, d_i - діаметри жирових кульок в кожній розмірній групі, мкм;

n_1, n_2, \dots, n_i - число кульок в розмірній групі, шт.;

d_{cp} - середній діаметр жирової кульки, мкм.

Були підраховані другі дисперсні характеристики жирової фази вершків: об'єм жирової кульки середнього діаметру, площа поверхні жирової кульки середнього діаметра, кількість жирових кульок в 1 см^3 для вершків жирністю 25-45%. Внаслідок ступень дисперсності жирової емульсії пов'язували з потужністю що витрачається на збивання.

Оскільки агрегація жирових кульок здійснювалась в результаті їх зіткнення, по відомому рівнянню розраховувалось число таких зіткнень в одиниці об'єму вершків:

$$J = \frac{2}{3} d_{cp}^3 \cdot N^2 \cdot \varepsilon$$

де J – кількість зіткнень в одиниці об'єму, шт..

d_{cp} - середній діаметр жирової кульки, мкм;

N - число частинок в 1 см^3 , шт.;

ε - градієнт швидкості зсуву, с^{-1} .

Конструкція експериментальної установки дозволила проводити процес збивання вершків до утворення масляного зерна. Для отримання масла зерно піддавали екструзійній обробці в спеціальному лабораторному пристрої, який по суті моделював обробник масловичного виробника. При екструзії підтримували постійну температуру рівну температурі збивання. Для оцінки міцності властивостей масла використовували пенетрометр, принцип роботи якого полягає на занурення в масло конуса. За даними пенетрації розраховували граничну напругу зсуву масла:

$$P_m = 37,3 \cdot 10^4 \cdot h^{-1,26}$$

де P_m - гранична напруга зсуву масла, Па;

h - глибина проникнення конуса пенетрометра, мм.

Граничне навантаження зсуву визначали в діапазоні температур 5-23 $^{\circ}\text{C}$.

В дослідженнях було застосовано комплекс сучасних фізико-хімічних і реологічних методів.

Визначення вмісту жиру в молоці, вершках і пахті проводили по ГОСТ 5867-90. Кислотність вершків визначали титрометричним методом по ГОСТ 36244-92, а кислотність плазми вершків розрахунковим шляхом [23], рН - по ГОСТ Р ИСО 26782-2016. Дестабілізацію жиру визначали по методу Фавстої [23], степінь затвердіння молочного жиру - методом об'ємної дилатометрії [23], ЙЧ по методиці [23].

5. Спеціальна частина

5.1. Математична обробка результатів.

Енергія, яка затрачається на збивання, рівна витраті потужності на тривалість збивання і графічно зображена у вигляді площі криволінійної трапеції (див. Рисунок 4.3.1.). Площі криволінійних трапецій визначали двома методами: математичним і графічним. Математичний метод (метод трапеції) оснований на заміні інтеграла кінцевою сумою площі трапеції

$$\int_a^b y dx \approx \frac{h}{2} (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \dots + 2y_{n-1} + y_n)$$

де $a(=x_0)$, $b(=x_n)$ - границі інтегрування;

$y_1 \dots y_n$ - величина потужності;

n - кількість частинок інтервала; покладаючись на
$$h = \frac{b-a}{n}$$

Графічний метод заключається в будові графіка зміни потужності від тривалості збивання в комп'ютерній програмі "AutoCad 2014", площа трапеції визначається автоматично. Відносна похибка обчислення площі криволінійної трапеції математичним методом і графічним складає не більше $\pm 1,2\%$.

Знаходження емпіричних формул проводили на основі теоретичних передположень про характер вивчаємої залежності, або про виміру вимірювальних величин [23]. Для визначення коефіцієнту вибрані емпіричні формули застосовували метод вирівнювання, використовуючи логарифмічні координати. При нанесенні на графік значення x і $\lg y$, якщо побудовані точки розташовані приблизно на прямій лінії, то це вказує на те, що перемінні "x" і "y" зв'язані залежністю виду $\lg x = \lg a + b \lg x$. Емпіричне рівняння даної залежності має вигляд ступеневої функції $y = ax^b$. Де показник степені b є тангенс кута нахил лінії до осі абсцис, коефіцієнт в рівнянні визначається як відношення середніх значень $a = y/x^b$ [23]. Знаходження емпіричних залежностей з двома перемінними величинами визначаються по методиці описаної в підрозділі 5.4.

Апроксимацію дослідних даних здійснювали шляхом проведення лінії тренда в логарифмічних координатах використовуючи метод найменших квадратів [23].

Точність обчислення визначали по величині абсолютної похибки точного числа (x) і його наближеним значенням (a), як $|x - a| = \Delta a$, граничну відносну

погрішність, як $\frac{\Delta a}{a} = 100\delta_a$ [23], заокруглення чисельних значень проводили стандартними способами [23].

При математичній обробці результатів досліджень використовувалась обчислювальна техніка з використанням програм "Excel", "Harvard ChartXL", «AutoCad 2014».

5.2. Дослідження витрат енергії на збивання масла в залежності від гідромеханічних факторів.

5.2.1. Розрахунок енерговитрат на збивання вершків у масловиготовлювачах неперервної дії.

Основними сучасними апаратами для виготовлення вершкового масла способом збивання являються масловиготовлювачі різних конструкцій. Вони діляться на масловиготовлювачі періодичної дії, вальцеві і безвальцеві, в яких всі стадії процесу здійснюються послідовно в одному резервуарі, і на масловиготовлювачі безперервної дії в якому всі стадії процесу здійснюються потоково в різних агрегатах апарату. По конструктивному оформленню всі існуючі масловиготовлювачі безперервної дії можна розділити на два типи: масловиготовлювачі з роздільним циліндром (з власним приводом) і без нього. Збивання в масловиготовлювачах безперервної дії принципово не відрізняється від відповідного процесу у масловиготовлювачах періодичної дії і складаються з тих самих основних мікропроцесів, хоча швидкість процесів агрегації жирових кульок зростає в масловиготовлювачі безперервної дії приблизно в 1000 разів. З метою оцінки і співставлення енергетичних витрат на збивання вершків до отримання масляного зерна проведенні орієнтовні розрахунки по промислових апаратах періодичної і безперервної дії на основі технічних

характеристик приведених в літературі, каталогах, проспектах. Орієнтованість розрахунку заключається в тому, що він ведеться по встановленій потужності двигунів масловичотвлювачів, без врахування конструктивних особливостей апаратів (приймаємо середнє значення ККД масловичотвлювачів), а в якості параметра тривалості збивання приймаються середні значення, які використовуються в інженерних розрахунках. Середня тривалість збивання масловичотвлювачів періодичної дії - $\tau = 45\text{хв}$., масловичотвлювачів безперервної дії - $\tau = 2\text{с}$.

Енергозатрати на збивання для різних масловичотвлювачів виражали у вигляді питомої енергії, витраченої на збивання 1 кг. вершків, Оптимальною енергією на збивання для масловичотвлювачів періодичної дії розраховували за формулою:

$$A_y = \frac{3,6 \cdot N_n \cdot \eta_n \cdot \frac{\tau}{3600}}{m_{\bar{n}\bar{e}}},$$

де N_n - встановлена потужність електродвигуна, Вт;

$$\eta_n \text{- загальний ККД приводу - } \eta_n = \eta_p + \eta_{\bar{e}\bar{e}} + \eta_{i\phi}^2 = 0,83;$$

$$\eta_p \text{- ККД редуктора - } 0,894;$$

$$\eta_{\bar{e}\bar{e}} \text{- ККД клинопасової передачі - } 0,95;$$

$$\eta_{i\phi} \text{- ККД однієї пари підшипників кочення - } 0,99;$$

$$\tau \text{- тривалість збивання, с;}$$

$$m_{\bar{v}} \text{- маса вершків, кг.}$$

Оптимальну енергію на збивання в масловичотвлювачах неперервної дії розраховували за формулою:

$$A_y = 3,6 \cdot N_n \cdot \eta_n / \frac{B \cdot (\mathcal{E}_i - \mathcal{E}_n)}{(\mathcal{E}_{\bar{n}\bar{e}} - \mathcal{E}_n)}, \text{ кДж/кг}$$

де N_n - встановлена потужність електродвигуна збивача, Вт;

$$\eta_n \text{- загальний ККД приводу - } \eta_n = \eta_{\bar{i}\bar{n}} \cdot \eta_{\bar{e}\bar{e}} \cdot \eta_{i\phi}^2 \cdot \eta_i^2 \cdot \eta_B = 0,85;$$

$\eta_{i\tilde{N}}$ - ККД підшипників ковзання - 0,98;

$\eta_{e\tilde{e}}$ - ККД клинопасової передачі - 0,95;

$\eta_{i\emptyset}$ - ККД однієї пари підшипників кочення - 0,99;

η_i - ККД манжети - 0,99;

η_A - ККД варіатора - 0,95;

B - продуктивність масловиготовлювача неперервної дії по маслу, кг/год;

Жм, Жв, Жп, - відповідно жирність масла, вершків і пахти, %.

Жирність солодко-вершкового масла 82,5%, жирність вершків 36%, відхід жиру в пахту відповідно нормам - 0,7%. Результати розрахунків приведенні в таблицю 5.5.1.

Таблиця 5.5.1. - Затрати енергії на збивання вершків масловиготовлювачах періодичної дії

Марка масловиготовлювача	Завантаження вершків (40%), кг	Потужність привода, кВт	ККД привода	Питома енергія на збивання, кДж/кг (вершків)
Л5-ОМП	400	2,8	0,83	15,89
ММ-1000	440	3,0	0,83	15,28
ММ-2000	928	4,0	0,83	9,66
ММ-3000	1350	5,5	0,83	9,13

Таблиця 5.5.2. - Затрати енергії на збивання вершків в масловиготовлювачах неперервної дії.

Марка	Завантаження	Потужність	ККД	Питома енергія
-------	--------------	------------	-----	----------------

масловигото влювача	вершків (40%), кг	привода, кВт	Привода	на збивання, кДж/кг (вершків)
1	2	3	4	5
Contimab senior MC2	700	9,2	0,85	17,4
FBFB/10.1	800	10,0	0,85	16,5
Contimab senior MC5	900	14,7	0,85	21,5
Я5-ОМ-3Т- М	1000	18,5	0,85	24,4
Contimab senior MC7	1650	18,4	0,85	14,7
Contimab senior MC9	2250	22,0	0,85	12,9
FBFC/1	2400	22,0	0,85	12,1
Contimab major MC20	3250	29,5	0,85	12,0
Contimab major MC30	4250	44,2	0.85	13.7

Середня потужність на шківі масловиготовлювача періодичної дії за літературою рівна 4,7-5,0 кВт/т вершків, що складає відповідно 12,6-16-3,5 кДж/кг вершків і співпадає з розрахунковими даними. Безвальцеві масловиготовлювачі витрачають енергії на одну тону масла, приблизно стільки, скільки масловиготовлювачі вальцеві. В масловиготовлювачах неперервної дії з роздільним циліндром в результаті полегшення режиму роботи збивача (збивання проводиться до утворення м'якого масляного зерна), частина енергії на формування масляного зерна і збивального циліндра переноситься в першу секцію роздільного циліндра. Така схема дозволяє збільшити продуктивність

масловиготовлювача і відповідно зменшити енерговитрати на збивання в збивальному циліндрі. Однак другий варіант масловиготовлювачів (без роздільного циліндра) моделей Контимаб фірми Simon Freres (Франція) має ряд переваг: апарати цієї конструкції мають менші габарити і металомісткість, простіші у виготовленні і обслуговуванні, надійні в експлуатації.

Характерною особливістю для масловиготовлювачів неперервної дії є те, що зі збільшенням продуктивності обладнання знижуються питомі затрати енергії на збивання. Однак, як видно для масловиготовлювачів безперервної дії потрібні великі енергозатрати на одиницю збиваних вершків ніж для масловиготовлювачів періодичної дії. Якщо масловиготовлювачі періодичної дії витрачається енергії в середньої від 9,5 до 16 кДж/кг вершків, то масловиготовлювачі безперервної дії 12,0 - 24,4 кДж/кг, тобто на 20 - 40% більше, ніж масловиготовлювачі періодичної дії. По результатах наших дослідів витрати енергії на вбивання вершків жирність 35% при середніх значеннях температур збивання рекомендованих інструкціями складає 10-17,6 кДж/кг вершків.

Потужність, яка споживається масловиготовлювачами пов'язана зі швидкістю руху рідини, її тертям об стінки і лопаті апарату. Питома сила тертя збільшується пропорційно квадрату швидкості руху рідини. У масловиготовлювачах безперервної дії сила тертя стає значною і енергійно гальмує рух рідини. Підвищення інтенсивності механічної обробки з однієї сторони прискорює процес збивання в порівнянні з масловиготовлювачем періодичної дії, з другої потребує додаткових витрат енергії на подолання сили тертя (сили опору середовища), що робить цей процес більш енергоємним. Таким чином, ККД процесу у масловиготовлювачах безперервної дії нижчий, чим в масловиготовлювачах періодичної дії. Однак, підвищена витрата енергії виправдана перевагами масловиготовлювачів безперервної дії за рахунок неперервності процесу, підвищення продуктивності, гігієнічності апарату, а також тим, що споживча потужність в процесі збивання залишається постійною. В масловиготовлювачах періодичної дії потужність вельми

коливається від мінімальних значень на початку процесу до максимуму в період закінчення збивання.

5.2.2. Затрати енергії й зміна потужності в процесі збивання вершків.

Потужність, яка затрачається на збивання вершків, є одним із важливих параметрів процесу. Оцінка її в процесі збивання має як практичне, так і теоретичне значення. З однієї сторони затрати потужності обумовлені сукупності відповідних мікропроцесів маслоутворення і характеризують їх протікання на окремих стадіях збивання. З другої сторони величина витрат потужності і величина енергії, яка визначається на її основі, повинні враховуватися в якості компонента при оцінці технологічного процесу і конструювання масловиготовлювачів.

Дослідами встановлено, що характер зміни споживчої потужності в процесі збивання в різних умовах майже завжди однаковий. Форма кривої (Рисунок 5.2.1)., характеризуючи витрати потужності на збивання, в загальному схожа з описаними в літературі В.Н. Шуваловим, В.Мором і Х.Дітманом, В. Клейтоном. Приведена крива відображає фізико-хімічні процеси, які проходять на різних стадіях збивання вершків, і відображає характер зміни в'язкості.

На кривій зміни потужності, яка витрачається на збивання вершків, можна виділити три ділянки (стадії процесу): на першій (1-2) спостерігається значне підвищення потужності 2-2,5 рази, на другій (2-3) потужність практично залишається постійною і на третій (3-4) вона різко зростає, в порівнянні з другою стадією ще в 2-3 рази. У відповідності з положеннями флотаційної теорії збивання кривої потужності можна тлумачити наступним чином.

На першій стадії (1-2) проходить інтенсивне газо насичення вершків (піноутворення), диспергування повітряних кульок, підвищення поверхності розподілу повітря - плазма. Одночасно утворену поверхню розподілу флотують жирові кульки. В процесі перерозподілу речовини оболонок жирових кульок проходить часткове руйнування жирової дисперсії, що показує крива зміни

ступені дестабілізації. Ці процеси супроводжуються збільшенням в'язкості системи, а відповідно і потужності, необхідної для її обробки.

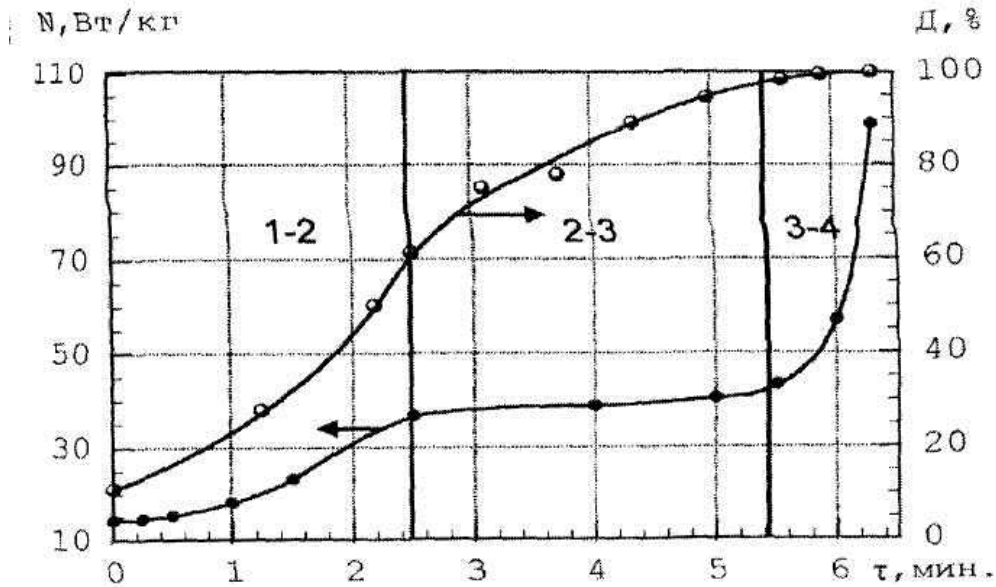


Рисунок 5.2.1. - Зміна потужності і ступені дестабілізації вершків (Д) жирністю 35% в процесі збивання.

До початку другої стадії в системі формується агрегатна піна: повітряні кульки оточенні шаром агрегованих жирових кульок, які мають тверді гліцеридні ядра. Одночасно на цій стадії практично завершується дестабілізація жирової емульсії. На стадії існування агрегатної піни її в'язкість практично не змінюється, що й відображає крива зміни потужності. Тривалість цієї стадії обумовлена необхідністю залучення поверхні розподілу повітря - плазма практично всіх жирових кульок середніх і, особливо, малих розмірів. Ці процеси потребують часу і значних затрат енергії.

На наступній стадії проходить швидке руйнування агрегатної піни в результаті коалесценції повітряних кульок. Проходить ріст агрегатів дестабілізованих жирових кульок з твердими гліцеридними ядрами і формування з початку мікро-, а потім і макромасляних зерен. Система розподіляється на жирову (масляне зерно) і водяну (пахта) фази. В момент утворення масляного зерна потужність, яка затрачається на обробку, різко підвищується.

5.2.3. Вплив степені заповнення ємності на процес збивання.

Ступінь заповнення збивача відіграє важливу роль, як з точки зору утворення оптимальних сприятливих умов для ціноутворення, так і з позиції витрат енергії на збивання. З практики масловиготовлення відомо, що оптимальна ступінь заповнення в масловиготовлювачах періодичної дії коливається в районі 40-50%.

Для масловиготовлювача великої місткості вона вище, для середніх і малих – на рівні 40%.

Раніше в ТІММ досліджувався фактор степені заповнення на макеті мішалкового збивача, але у всіх дослідах відмічалась лише тривалість збивання і жирність пахти. В даній роботі оприділялось крім вище вказаних параметрів і затрати енергії на збивання вершків. Результати досліджень представленні на (Рисунок 5.3.1).

Для заповнення об'єму апарата до 40% тривалість збивання залишається не високою - в межах 3-5хв, а при більшому заповненні - швидко збільшується і складає відповідно 60% - 12, при 80% - 77 і при 100% - 260хв.

Відомо, що агрегація жирових кульок при збиванні вершків проходить, головним чином, на поверхні розподілу плазма - повітря, відбувається в піні. Але при цьому не виключається можливість агрегування жирових кульок і в об'ємі вершків при їх ефективному зіткненні.

При оцінці характеру кривих змінна питомої потужності (Рисунок 5.3.1) при степені заповнення 15-40% можна вважати, що абсолютно переважним в даних умовах являється механізм агрегації жирових кульок, на поверхнях повітряних бульбашок. При заповненні на 80% умови для утворення піни мінімальні, а при 100 - практично відсутні, і агрегація жирових кульок проходить в об'ємі вершків. Даний процес відбувається повільно, тривалість збивання збільшується до 4,5 год.

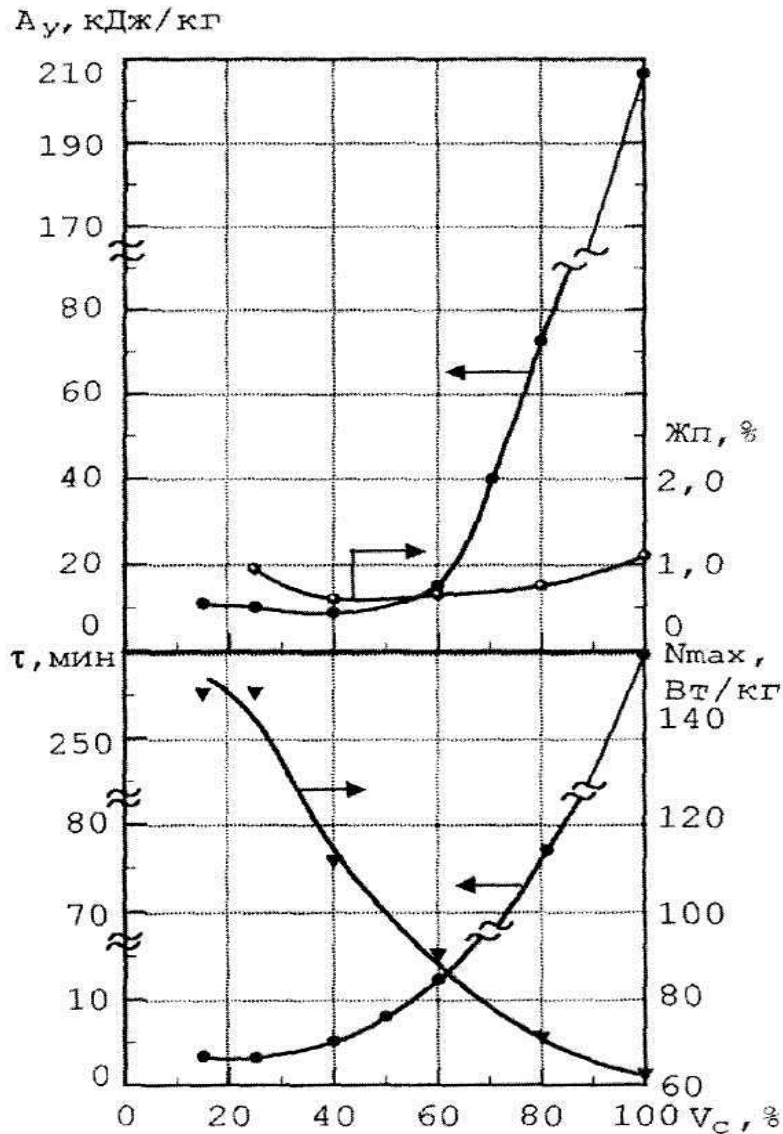


Рисунок 5.3.1 - Залежність енергії на збивання вершків, максимальної потужності від степені заповнення об'єму (V_c). Жирність вершків 35%; температура збивання 14°C ; ЙЧ МЖ 29,5.

Результати дослідів показують, що середнє значення потужності при різних степенях заповнення практично рівні, і складають $\sim 2,1-3,45$ Вт. Незначне підвищення середньої потужності відбувається по мірі заповнення ємності вершками.

Встановлено, що малі заповнення об'єму 15-25% обумовлює підвищення відходу жиру з пахтою. При безперервному збиванні в маслоутворювачі безперервної дії, де також відбувається збивання малої кількості вершків, маслоутворення тісно пов'язане з участю рідкого жиру в агрегації жирових кульок, внаслідок чого являється більш висока жирність пахти. В області

заповнення від 40-80% жир пахти знаходиться в нормі - забезпечується максимальна агрегація жирових кульок, а 100% заповнення знову обумовлює підвищення вмісту жиру в пахті. Затрати енергії на збивання практично постійні в районі заповнення 15-50%, а в подальшому (заповнення вище 60%) швидко зростають. Визначальним фактором витрати енергії являється дуже висока тривалість збивання.

Оптимальна степінь заповнення, при якій забезпечується мінімальні енергозатрати і мінімальний відхід жиру в пахту, складає 40-50%. Це підтверджується літературними джерелами і промисловими даними і вказує на роль газової фази, як прискорення процесу збивання.

5.2.4. Залежність енерговитрат від інтенсивності механічної обробки.

Процес маслоутворення - це процес механічний. З цього випливає, що для порушення дисперсності жиру, зближення жирових кульок, подолання енергетичного порогу, розділяючого їх, руйнування оболонок необхідні затрати механічної енергії. Вельми широкий досвід застосування масловиготовлювачів різних конструкцій показує, що з підвищенням інтенсивності механічної дії на вершки різко (з 45 хв. до 2-5 сек.) скорочується тривалість процесу збивання. Для виявлення впливу інтенсивності механічної обробки на енергозатрати при збиванні, було проведено серію дослідів по оцінці рівня потужності, яка передається системі. Останню варіювали методом зміни частоти обертів робочого органу (мішалки), одночасно розраховували лінійну швидкість краю лопаті мішалки і градієнт швидкості зсуву створеним робочим органом, по формулі Гріна:

$$G = \frac{2\omega}{r^2 \left[\left(\frac{1}{R_M^2} \right) - \left(\frac{1}{R_U^2} \right) \right]}; \quad r = \frac{R_M + R_\delta}{2}$$

Де G - градієнт швидкості зсуву, С⁻¹;

ω - кутова швидкість мішалки, С⁻¹;

R_m, R_c - відповідно радіус мішалки і циліндра, м.

Гradient швидкості зсуву являється конструктивним параметром, враховуючи як швидкість обертання мішалки, так і величину радіального зазору. Всі ці параметри використовуються в літературі для оцінки інтенсивності обробки, для нашого випадку вони приведені в таблиці 5.4.1.

Швидкість обертання мішалки в дослідях по збиванню змінювали при зберіганні технологічних параметрів (жирність вершків, температура збивання, а також степiнь заповнення ємності - 40%).

Не дивлячись на охолодження збивального циліндра в дослідях, температура продукта до кінця збивання підвищувалась.

При $26,7\text{C}^{-1}$ приблизно на $1,5^\circ\text{C}$, а по мірі пониження числа обертів - ця різниця зменшувалась і при $6,67 - 4,17\text{C}^{-1}$ складала $0,5^\circ\text{C}$. Підвищення температури вершків під час збивання проходить внаслідок дії сил внутрішнього тертя, а також тертя об стінки колби і це пов'язано з трансформацією механічної енергії, яка входить в теплову систему.

Середні дані дослідів зміни потужності на валу мішалки при збиванні відображають процеси, які відбуваються у вершках і характер зміни в'язкості. Чим вище степiнь механічної обробки, тим швидше проходить насичення вершків повітряною (газовою) фазою з утворенням піни і відповідно скоріш по часу підвищується в'язкість системи і підвищується потужність.

Відповідно, що мірі підвищення швидкості обертів мішалки, збільшується номінальна потужність механічної обробки вершків і скорочується тривалість збивання. Скорочення тривалості збивання чітко спостерігається в області від $4,17$ до 10C^{-1} , де gradient швидкості зсуву, менше 1000C^{-1} , а при подальшому підвищенні швидкості мішалки від $13,3$ до $26,7\text{C}^{-1}$ тривалість збивання зменшується не так помітно з 10 до $3,5\text{хв}$.

Таблиця 5.4.1. - Показники збивання вершків в експериментальній установці (жирність 36%, температура 14°C)

Частота мішалки обертів		Тривалість збивання, с	Лінійна швидкість краю лопаті мішалки, м/с	Гradient швидкості зсуву, С ⁻¹	Середня оптимальна потужність на збивання, Вт/кг
Об/хв	С ⁻¹				
250	4,17	6837	0,77	306,5	4,31
400	6,67	2745	1,23	490,4	10,35
600	10,0	1080	1,84	735,6	24,61
800	13,3	575	2,45	980,8	41,93
1000	16,7	385	3,06	1226,0	63,34
1200	20,0	275	3,68	1471,2	84,06
1400	23,3	240	4,29	1716,4	107,79
1600	26,7	205	4,90	1961,6	128,65

5.2.5. Затрати енергії на збивання з диференційованою по потужності механічною обробкою.

Експериментальний матеріал, накопичений у відділі масловиготовлення ТІМ в попередні роки і аналіз літературних даних викликав сумнів у доцільності збивання вершків в масляне зерно при постійності гідромеханічних параметрів (швидкості робочого органу). Особливо це стосувалося стадії утворення агрегатної піни, по перше жирова фаза вершків до цього моменту достататньо дестабілізувалася і агрегувалася і по друге може обумовлювати емульгування рідкої фази і підвищення рідкого жиру в пахту.

У зв'язку з вище викладеним, була проведена серія дослідів по збиванню вершків з диференційованої по потужності механічної обробки. Перший дослід збивання (35% вершків) проводили при швидкості обертання робочого органа 20с⁻¹(3,7м/с). Визначивши загальну тривалість збивання, в наступних дослідах, переходили на останні стадії (склад 2/3 тривалості процесу збивання - 3хв.35с)

на меншу потужність обробки при постійності технологічних параметрів. Час переходу на меншу потужність вибрано з урахуванням того, що в процесі неперервного збивання в масловиготовлювачах неперервної дії, якраз після 2/3 довжини збивального циліндра, починається утворення мікроскопічних масляних зерен.

Характер зміни потужності в процесі збивання з диференційованої потужності механічної обробки відображає фізико-хімічні процеси, які відбуваються у вершках і приведені на рисунку 5.5.1.

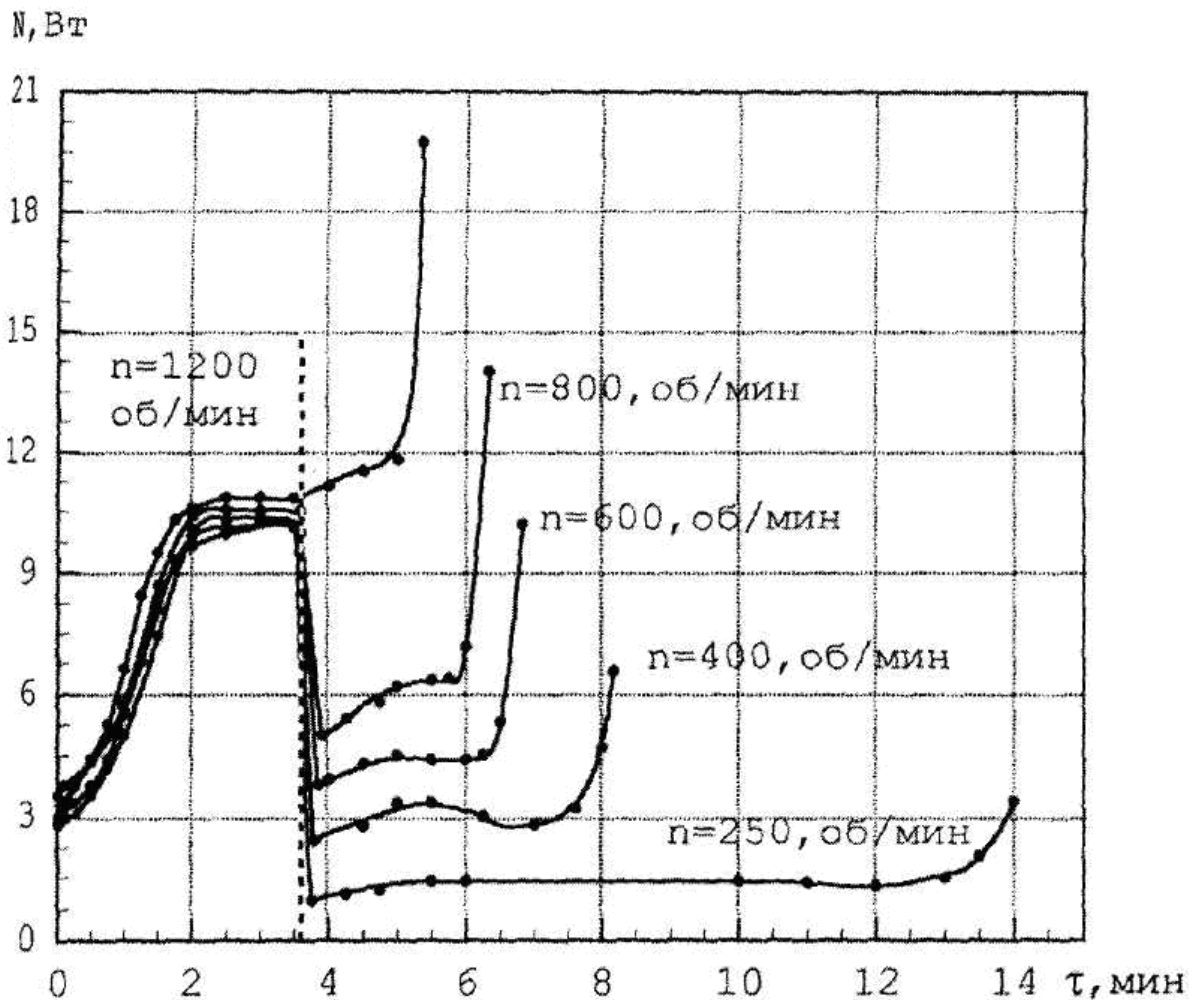


Рисунок 5.5.1 - Зміна потужності в процесі збивання вершків з диференційованою механічною обробкою. Швидкість обертання мішалки вказана на рисунку.

По даній серії дослідів можна зробити висновки. Зменшення інтенсивності механічної обробки на останній стадії маслоутворення (в області існування агрегатної піни) загальмовує утворення масляного зерна і тим в більшій мірі, чим нижча інтенсивність механічної дії на систему на цій стадії процесу. В результаті загальна тривалість збивання може збільшуватись в 2-3 рази рис. При цьому загальні оптимальні затрати енергії на збивання незначні (10-15%) зменшуються. Попередні досліді показали, що в момент зміни інтенсивності механічної обробки (висока - низька) емульсія вже дестабілізована на 80-90% (рисунок 5.5.2.)

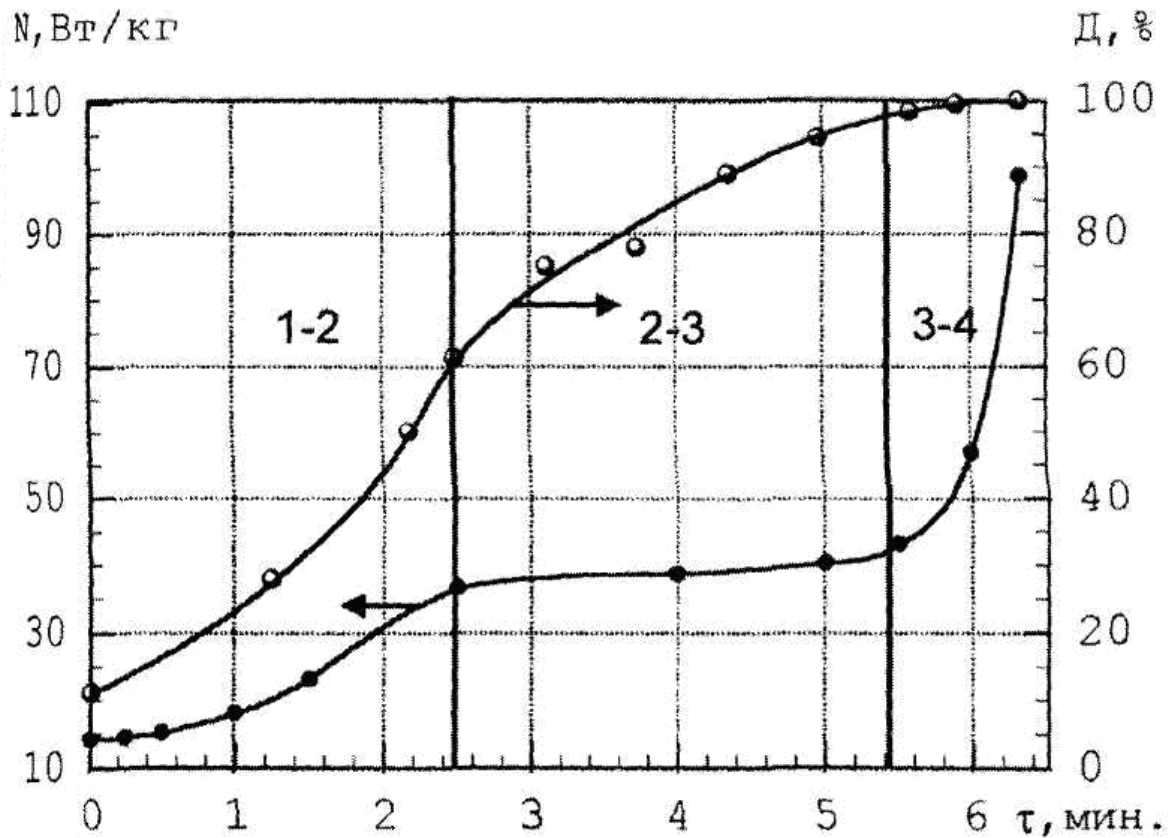


Рис.5.5.2. - Зміна потужності в процесі збивання.

По мірі зниження інтенсивності обробки вершків, які збиваються на стадії агрегатної піни жирність пахти підвищується вище норми від 1 до 3%.

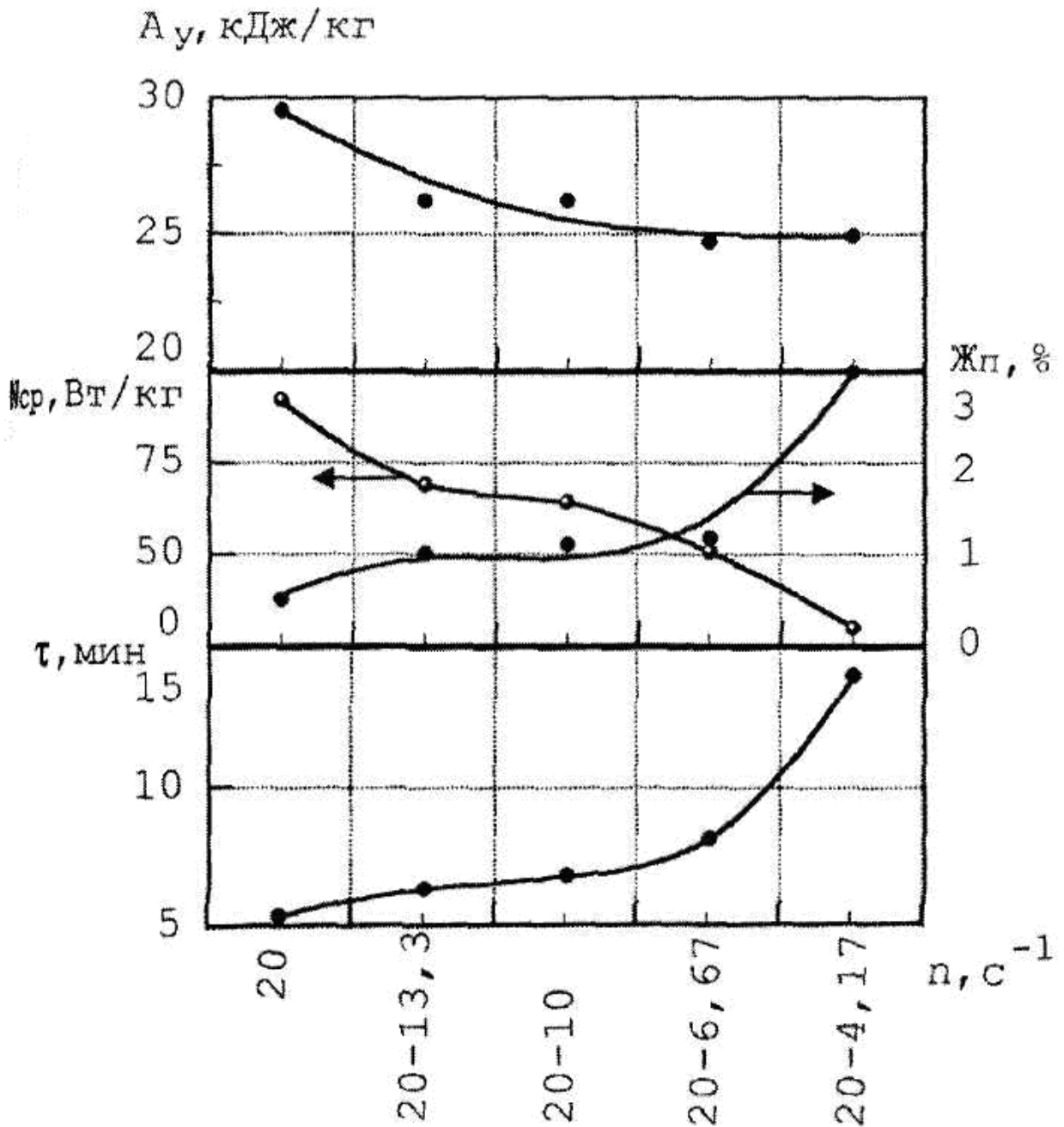


Рисунок 5.5.3 - Зміна енергії, середньої потужності, в залежності від інтенсивності механічної обробки.

Результати цих досліджень не вкладаються в рамки припущень в доцільності пониження інтенсивності механічної обробки. Незначне пониження енергозатрат ніяк не може компенсувати велику тривалість процесу і надлишкову жирність пахти.

5.2.6. Методика розрахунку потужності збивального циліндра масловиготовлювача неперервної дії.

З метою розширення розрахункової бази для проектування обладнання розроблена методика розрахунку потужності приводу збивального циліндра масловиготовлювача.

Розрахунок складається з двох частин: 1- параметричний розрахунок збивального циліндра, 2- визначення потужності приводу виходячи з отриманих геометричних параметрів циліндра.

Вихідними даними являється продуктивність масловиготовлювача, жирність вершків, які збиваються відповідно технологічної інструкції по виготовленню масла для масловиготовлювача неперервної дії - 36-42%, температури збивання вершків в різні пори року [2].

1. Розрахунок збивального циліндра:

Секундна витрата вершків по фактичній продуктивності [61]:

$$Q = \frac{B \cdot H}{3600 \cdot \rho},$$

де Q- секундна витрата вершків, м³/с;

B- продуктивність масловиготовлювача неперервної дії, кг/год;

H - норма витрати вершків на одиницю продукції ($H = \frac{Ж_{MC}}{Ж_{СЛ}}$),

Ж_{ме}, Ж_{сл} - вміст жиру в маслі і у вершках, %;

ρ - густина вершків, кг/м³.

Для визначення об'єму і маси вершків у збивальному циліндрі необхідно користуватись тривалістю збивання. В промислових масловиготовлювачах неперервної дії середня тривалість збивання складає

$$\tau = 1,85 \div 2,4c,$$

$$V_{\dot{N}\dot{E}} = Q \cdot \tau' \Rightarrow m_{CE} \cdot \rho,$$

Де $V_{c\ddot{e}}$ -об'єм вершків в збивальному циліндрі, м³;

τ' - задана тривалість збивання, с;

$m_{c\ddot{e}}$ - маса вершків у збивальному циліндрі, кг.

Об'єм збивального циліндра визначається з відношення геометричних параметрів циліндрів збивання промислових масловиготовлювачах неперервної дії $V/V_{\ddot{o}}$

$$(\text{дм}^3)=(28,5-31,6) \Rightarrow V_{\ddot{o}} = B/(28,5-31,6) \Rightarrow V_M = V_u - V_{\text{СЛ}}$$

Де B — продуктивність масловиготовлювача, кг/год;

V_u - об'єм циліндра, м³;

V_M - об'єм описаний обертанням мішалки, м³;

$V_{\text{СЛ}}$ -об'єм вершків в збивальному циліндрі, м³.

Заповнення циліндра вершками в промислових моделях масловиготовлювачах неперервної дії знаходиться на рівні $\sim 3,5 \div 5,5\%$ від об'єму циліндра.

Використовуючи відношення довжини циліндра ($L_{\text{Ц}}$) і діаметра ($D_{\text{Ц}}$) розраховуються розміри збивального циліндра. В промислових моделях масловиготовлювачах неперервної дії це відношення рівне $(2,5 \div 3,5)$: 1.

$$L_{\ddot{o}} = (2,5 \div 3,5) D_{\text{Ц}} = (2,5 \div 2,5) 2R_{\text{Ц}};$$

$$V_{\ddot{o}} = \pi \cdot R_{\ddot{o}}^2 \cdot L_{\ddot{o}} \Rightarrow V_{\ddot{o}} = 2 \cdot (2,5 \div 3,5) \pi \cdot R_{\ddot{o}}^3 \Rightarrow R_{\ddot{o}} = \sqrt[3]{\frac{V_{\ddot{o}}}{2 \cdot (2,5 \div 3,5) \cdot \pi}}$$

Де $L_{\text{Ц}}$ - довжина циліндра, м;

$D_{\text{Ц}}$ - діаметр циліндра, м;

$R_{\text{Ц}}$ - радіус циліндра, м;

Приймаємо розподіл об'єму вершків $V_{\text{СЛ}}$ по всій поверхні циліндра в зазорі між стінками циліндра і краєм лопаті мішалки,

$$r_M = R_{\ddot{o}} - \delta,$$

де r_M , R_u - радіуси мішалки і циліндра, м;

δ - зазор між стінками циліндра і краєм лопаті мішалки, м,

$$V_M = \pi \cdot r_{\delta}^2 \cdot L_{\delta} = \pi \cdot L_{\delta} (R_{\delta} - \delta)^2 \Rightarrow \delta^2 - 2R_{\delta} \delta + R_{\delta}^2 - \frac{V_M}{\pi \cdot L_{\delta}} = 0$$

Рішення цього квадратного рівняння дозволить визначити радіальний зазор(δ).

Площа січення потоку, S , м²,

$$S = \pi \cdot (R_{\delta}^2 - r_M^2) = \pi \delta (R_{\delta} + r_M)$$

Площа поверхні циліндра, $F_{\text{ц}}$, м²,

$$F_{\text{ц}} = 2 \cdot \pi \cdot R_{\delta} \cdot L_{\delta}$$

Середня швидкість січення потоку вершків, v , м/с,

$$v = \frac{Q}{S}$$

Загальна тривалість збивання, τ_M , с,

$$\tau = \frac{L_{\delta}}{v}$$

Ширина лопаті мішалки розраховується з рівняння,

$$B = r_M (1 - \sqrt{1 - \sqrt{\xi \cdot \varphi}}),$$

де B - ширина лопаті мішалки, м,

r_M - радіус краю мішалки, м,

ξ - коефіцієнт опору для турбулентного режиму, $\xi = 0,02$;

φ - кут між лопатями.

2. Потужність приводу збивального циліндра:

Приведеними дослідями встановлено, що з підвищенням потужності механічної обробки вершків шляхом підвищенням числа обертів робочого органа різко зменшується тривалість процесу. Однак питомі затрати енергії, для процесу $A_{\text{у}} = \text{const}$.

Таким чином, основними технологічними параметрами, які впливають на тривалість збивання вершків і затрати енергії являється концентрація кристалічної фази у жирі вершків і концентрація жиру у вершках.

На основі проведених дослідів отримано емпіричні рівняння затрат енергії на збивання вершків. Оптимальні затрати енергії на збивання виражається в кДж/кг вершків.

Оптимальна енергія на збивання вершків розраховується з рівняння:

$$A_y = 29 \cdot \varphi_{\text{ж}}^{-1,8} \cdot \varphi_{\text{ж}}^{3,5}, \text{ кДж/кг (вершків)}$$

Де $\varphi_{\text{ж}}$ - концентрація кристалічної фази у вершках;

$\varphi_{\text{ж}}$ - частка жиру у вершках.

Концентрація кристалічної фази у вершках для літнього і зимового періоду при різних температурах збивання визначаються використовуючи дані отриманих дилатометричних дослідів або номограми.

Розрахунок приводу береться по максимальному значенні питомої енергії на збивання. Потужність на збивання визначається з рівняння:

$$A_{y(c)} = N_M \cdot \tau / m_{\text{цв}} \Rightarrow N_M = A_{y(c)} \cdot m_{\text{цв}} / \tau \cdot \eta,$$

Де A_y - питома енергії на збивання, кДж/кг;

N_M - потужність на збивання, кВт;

τ - тривалість збивання, с;

$m_{\text{цв}}$ - маса вершків в збивальному циліндрі, кг;

η - загальний ККД привода.

Номінальна потужність привода збивального циліндра складає,

$$N_H = N_M + N_B,$$

де N_H - номінальна потужність привода збивача, кВт;

N_M - потужність на збивання, кВт;

N_B - потужність на подолання мішалкою аеродинамічного опору, кВт.

Потужність привода на подолання мішалкою аеродинамічного опору розраховується за рівнянням [32]:

$$N_B = \frac{C \cdot Z \cdot \rho \cdot l \cdot \omega_1^2 \cdot \omega_0}{8 \cdot 102 \cdot \eta} \cdot (r_1^4 - r_2^4), \text{ кВт}$$

Де C - коефіцієнт враховуючий співвідношення довжини і ширини мішалки. Приймавши довжину мішалки рівній довжині циліндра ($l = L_{ц}$), " C " визначається по таблиці [32].

Z - кількість лопатей, шт.;

ρ - густина повітря, кг/м^3 ;

l - довжина мішалки, м

ω_1 - кутова швидкість руху повітря відносно лопаті мішалки, с^{-1} ;

ω_0 - кутова швидкість лопаті мішалки, с^{-1} ;

r_{M1}, r_{M2} - внутрішній і зовнішній радіус мішалки;

η - загальний ККД привода.

Виразивши ω_1 через ω_0 із співвідношення $\frac{\omega_1}{\omega_0} = 0,3 \Rightarrow \omega_1 = 0,3\omega_0$ [23] і підставивши у формулу отримаємо:

$$N_B = \frac{C \cdot Z \cdot \rho \cdot l \cdot 0,09 \cdot \omega_0^3}{8 \cdot 102 \cdot \eta} \cdot (r_1^4 - r_2^4), \text{ кВт}$$

Двигун вибираємо з умови $N_{ед} > N_H$

Номінальна потужність в момент утворення масляних зерен збільшується приблизно в $1,5 \div 2$ рази. Оскільки максимальний момент $M_{стах}$ опору в момент утворення масляного зерна може бути більше максимального $M_{тах}$ моменту двигуна, вибраний двигун потрібно перевірити на перевантаження використовуючи загальноприйнятту методичку:

$$M_{тах} > (1,2 \dots 1,3) M_{стах}$$

Максимальний момент опору в момент утворення масляного зерна:

$$M_{стах} = 9550 - (1,5 \div 2) N_H / n_0, H \cdot \dot{v}$$

Де N_H - номінальна потужність електродвигуна, кВт;

n_0 - число обертів електродвигуна, об/хв.;

Номінальний момент опору двигуна:

$$M_H = 9550 N_{ед} / n_{ед}, H \cdot i$$

Де $N_{ед}$ - потужність електродвигуна, кВт;

$n_{ед}$ - число обертів електродвигуна, об/хв.;

Максимальний момент опору визначається з умови вибраного привода, $M_{max} = k$ -

$$M_H, H \cdot i,$$

де k - коефіцієнт характеристики двигуна.

6. Обґрунтування економічної ефективності

Розрахуємо ціну на Технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення масла.

Кількість модернізованих одиниць обладнання: 1

Допоміжні матеріали укрупнено приймаємо на рівні 4% від вартості проекту.

Результати зведемо в таблицю 6.1.

Розрахуємо витрати на додаткове обладнання, яке встановлюється в результаті технічного переоснащення.

Розрахунки зведемо в таблицю 6.2.

Таблиця 6.1. - Визначення собівартості модернізованої одиниці обладнання

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Ціна одиниці, грн.	Норма витрат на одиницю продукції, грн.	Вартість сировини і матеріалів, грн.	Транспортивно-заготівельні витрати, грн.	Загальна сума витрат на сировину і матеріали, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
I	Сировина і основні матеріали						
	Гарячий прокат:						
1	Тонкий листовий	кг	0,25	3	3	0,3	3,3
2	Сортовий дрібний	кг	1,50	75	75	7,5	82,5
3	Середній	кг	1,20	42	42	4,2	46,2
4	Волочений комбінований	кг	1,10	27,5	27,5	2,75	30,25
	Холодний прокат:					0	0
5	Листовий	кг	0,50	17,5	17,5	1,75	19,25
6	Сортовий профільований	кг	0,80	78,4	78,4	7,84	86,24

7	Кутники, швелери	кг	0,18	27	27	2,7	29,7
8	Труби для заготовок	кг	0,50	105	105	10,5	115,5

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Гаряча штамповка	кг	1,80	104,4	104,4	10,44	114,84
10	Холодна штамповка	кг	0,70	14	14	1,4	15,4
11	Чавунне литво	кг	0,60	66	66	6,6	72,6
12	Вироби з пластмас	кг	5,90	7,08	7,08	0,708	7,788
13	Двигун	шт	580,00	580	580	58	638
II	Допоміжні матеріали			45,8752	45,8752	4,58752	50,46272
Разом				1192,7552	1192,7552	119,27552	1312,03072

Розрахуємо фонд оплати праці робітників, які виготовляють машину.

трудомісткість виготовлення машини, люд.-год 2180

Середньогодинна оплата праці по заводу, грн. 6,5

Фонд оплати праці: $\text{ФОП} = 2180 * 6,5 = 14170$ грн.

Загальновиробничі витрати укрупнено приймаємо на рівні 60% від фонду заробітної плати:

$Z_v = 14170 * 0,6 = 8502$ грн.

Адміністративні витрати приймаємо на рівні 55% від фонду оплати праці:

$A_v = 14170 * 0,55 = 7793,5$ грн.

Виробнича собівартість виготовлення модернізованої машини:

$V_c = 1312,03 + 14170,00 + 8502,00 + 7793,50 = 31777,53$ грн.

Позавиробничі витрати приймаємо на рівні 6,5% від виробничої собівартості:

$P_v = 31777,53 * 0,065 = 2065,54$ грн.

Розрахуємо ціну машини:

Закладаємо рівень рентабельності 15%.

Ціна машини:

$$Ц_0 = (31777,53 + 2065,54) * (1,00 + 0,15) = 38919,53 \text{ грн.}$$

Розрахуємо загальні капіталовкладення на впровадження нової машини.

Витрати на демонтаж старої машини: 360,00 грн

Залишкова вартість старої машини 0,00 грн

Капітальні вкладення в створення нової машини з таблиці 6.1.:

48649,41 грн

Вартість брухту від реалізації старої машини 420,00 грн

Загальні капіталовкладення на впровадження нової машини:

$$K_0 = 48649,41 + 360,00 + 0,00 - 420,00 = 48589,41 \text{ грн.}$$

Річний випуск продукції на модернізованій машині складе: 428580,00 кг

Питомі капіталовкладення:

$$K_u = 48589,41 / 428580,00 = 0,113373031 \text{ грн/од.прод.}$$

Таблиця 6.2 – Кошторис витрат на обладнання.

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість одиниць, шт	Вартість одиниці, шт	Загальна вартість, грн.	Транспортні витрати, грн.	Витрати на монтаж, грн.	Загальні витрати, грн.
1	Маслоутворювач марки Я5-ОМ-3М-Т	1	38919,53	38919,5	5837,93	3891,95	48649,41
Разом				38919,5	5837,93	3891,95	48649,41

Розрахуємо витрати на транспортні засоби, силове і енергетичне обладнання, пристосування, на лабораторні прилади

Вартість транспорту приймаємо із умови 15% вартості обладнання:

$$48649,41344 * 0,15 = 7297,412015 \text{ грн}$$

Вартість силового та енергетичного обладнання приймається із розрахунку 40 грн на 1 кВт встановленої потужності.

З розділу 2 встановлена потужність складає: 51,15 кВт

Тоді розрахункова вартість:

$$51,15 * 40 = 2046 \text{ грн}$$

Вартість виробничого та господарського інвентаря розрахуємо з умови 40 грн на одного працюючого.

З розділу 2 кількість працюючих: 12 чол

$$12 * 40 = 480 \text{ грн}$$

Вартість інших витрат приймаємо на рівні 65% вартості обладнання та будівельно-монтажних робіт.

$$(27120 + 48649,41344) * 0,65 = 49250,11873 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Кошторис капітальних витрат.

№ п/п	Види основних виробничих фондів	Балансова вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Річні амортизаційні відрахування, %
1	2	3	4	5
1	Споруди	27120,00	15	4068,00
2	Промислове обладнання	48649,41	15	7297,41
3	Транспортні засоби	7297,41	15	1094,61
4	Силowe і енергетичне обладнання,	2046,00	15	306,90
5	Інструмент, приспособлення, лабораторне обладнання	1580,00	15	237,00
6	Виробничий і господарський інвентар	480,00	40	192,00
7	Інші витрати	49250,12		
8	Разом	136422,94		13195,92

В процесі технічного переоснащення планується встановлення нової модернізованої машини.

Таблиця 6.4 – Дані для розрахунку економічної ефективності впровадження.

Показник	Варіанти
----------	----------

	Базовий	Новий
1	2	3
Річна програма випуску готової продукції, кг	1170400	1463000
Усереднена технічна продуктивність, кг/зм	1950,67	2438,33
Норма виробітку в годину, кг	609,58	812,78
Капітальні витрати на впровадження машини з врахуванням затрат на монтаж, грн.	0	136422,9
Споживана потужність електродвигуна, кВт	6,6	6,6
Норма амортизації обладнання, %	14	14
Розряд робіт	3	3
Коефіцієнт використання потужності	0,95	0,95
Тарифна погодинна ставка, грн	1,25	1,25

Продовження таблиці 6.4

1	2	3
Премії і доплати, %	25	25
Додаткова заробітна платня, % від основної	6	6
Витрати на охорону праці і техніку безпеки в розрахунку на середньорічного працівника за рік, грн	134	134
Відрахування на соціальне страхування, %	54	54
Баланс робочого часу в середньому на одного працівника за рік, год.	2048	2048
Виконання робітником норм виробітку, %	100	100

Визначимо трудомісткість річного об'єму роботи при виробництві для базового і проектного варіанту.

Вона відповідно рівна

$$1170400 / 609,58 = 1920,00 \text{ год}$$

$$\text{і } 1463000 / 812,78 = 1800,00 \text{ год}$$

Для розрахунку середньорічної чисельності робітників, де діленим буде трудомісткість, а дільником добуток (Б*П). Підставивши значення, отримаємо:

$$1920,00 / 2048 = 0,94$$

$$1800 / 2048 = 0,88$$

Розрахунок поточних витрат приведено в таблиці 6.5.

Визначимо додаткові показники економічної ефективності впровадження нової техніки.

Економія середньорічної чисельності робітників складає 0,06 чоловік

Таблиця 6.5.– Затрати по заробітній платні, грн.

Витрати	Варіанти	
	Базовий	Новий
1	2	3
Основна тарифна заробітна плата	$1,25 * 1920,00 = 2400,00$	$1,25 * 1800,00 = 2250,00$
Премії і доплати до тарифної заробітної плати	$2400,00 * 0,25 = 600,00$	$2250,00 * 0,25 = 562,50$

Продовження таблиці 6.5

1	2	3
Основна заробітна плата	$2400,00 + 600,00 = 3000,00$	$2250,00 + 562,50 = 2812,50$
Додаткова заробітна плата	$3000,00 * 0,06 = 180,00$	$2812,50 * 0,06 = 168,75$
Заробітна плата	$3000,00 + 180,00 = 3180,00$	$2812,50 + 168,75 = 2981,25$
Відрахування на соціальне страхування	$3180,00 * 0,54 = 1717,20$	$2981,25 * 0,54 = 1609,88$
Охорона праці	$134,00 * 0,94 = 125,63$	$134,00 * 0,88 = 117,77$
Амортизація	0,00	$136422,94 * 0,14 = 19099,21$
Всього	5022,83	23808,11

Можливе збільшення продуктивності праці на використання даної операції:

$$0,06 * 100 / (0,94 - 0,06) = 6,67 \%$$

Економія фонду заробітної плати становить:

$$3180,00 - 2981,25 = 198,75 \text{ грн}$$

Визначимо можливе підвищення продуктивності праці Птр в результаті економії

чисельності працюючих за формулою: $P_{mp} = E_{uc} \cdot 100 / T_c - E_{uc}$,

де E_{uc} – економія середньорічної чисельності робітників;

T_q – загальна кількість робітників;

$$Птр = 0,06 * 100 / (12 - 0,06) = 0,49 \%$$

Розрахуємо економію річного тарифного фонду заробітної плати, що складе:

$$Ерт = 2400,00 - 2250,00 = 150,00 \text{ грн}$$

Економія річного фонду основної заробітної плати:

$$Еро = 150,00 * 1,25 = 187,50 \text{ грн}$$

Економія річного загального фонду заробітної плати складе:

$$Ефт = 150,00 * 1,33 = 198,75 \text{ грн}$$

Розробимо планову калькуляцію собівартості всього річного випуску, використовуючи дані таблиці 6.6. Загальні витрати приймаєм укрупнено рівними 46% від основної заробітної плати робітників, а інші витрати від виробничої собівартості мінус виробничі витрати. Невиробничі витрати складають 1,1% від виробничої собівартості.

Таблиця 6.6.– Витрата матеріальних ресурсів і заробітної плати на тону продукції.

Найменування	Ціна за одиницю, грн.	Витрата
Жири, кг	4,5	2100
Сіль, кг	0,25	3
Упаковка, м ²	0,95	54
Електроенергія, кВт	0,24	289,94
Вода, м ³	0,002	15,9
Розсіл, м ³	0,01	11,34
Пара, кг	1,45	4961,05
Втрати від браку, грн	–	25

Складемо порівняльну таблицю визначення собівартості. Для визначення повної собівартості необхідним є виконання розрахунку кошторису витрат на річний випуск продукції (таблиця 6.7).

Таблиця 6.7.- Кошторис витрат на річний випуск продукції, грн.

№ п/п	Статті витрат	Витрата, грн.		Порівняльний результат (+ чи -)
		до проекту	з проектом	

1	2	3	4	5
1	Матеріальні витрати			
	Жири	11060280,00	13825350,00	-
	Сіль	877,80	1097,25	
	Упаковка	60041,52	75051,90	-
	Всього	11121199,32	13901499,15	-
2	Витрати на оплату праці	3180,00	2981,25	+
3	Відрахування на соціальні заходи	1842,83	1727,65	+
4	Амортизація	0,00	19099,21	+
5	Інші витрати			
	Електроенергія	251119,34	101805,14	-
	Вода	37,22	46,52	=
	Розсіл	132,72	165,90	-
	Пара	8419298,73	10524123,42	-
	Втрати від браку	29260	29260	+
	Загальновиробничі витрати, грн	458	429,38	+
	Адміністративні витрати, грн	120	112,5	+
	Позавиробничі витрати, грн	275	275	=
	Всього	8700426,01	10655942,86	-
6	Всього витрат	19826648,16	24581250,12	-

Ефективність впровадження нової розробки розрахуємо за її чистою теперішньою вартістю. 9

Капітальні затрати на впровадження розробки:

$$K = 136422,9442 \text{ грн}$$

Річна собівартість готової продукції:

$$S_p = 24552265,12 \text{ грн}$$

Закладаємо річний чистий прибуток на рівні 14%:

$$Ч_p = 0,14 * 24552265,12 = 3437317,117 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування: $A = 19099,21 \text{ грн}$

Чистий річний прибуток з амортизаційними відрахуваннями:

$$Ч_p + A = 3437317,117 + 19099,21 = 3456416,33 \text{ грн}$$

Коефіцієнт освоєння потужностей у першому році: $K_1 = 0,4$

Дисконтна ставка $K_p = 0,2$

Чиста теперішня вартість розрахується за наступною формулою

$$\text{ЧТВ} = -K + \frac{A\text{Чр} * K1}{t(1+Kп)}$$

Після першого року: ЧТВ = 1015715,8 грн.

Термін окупності - один рік

Побудуємо зведену таблицю калькуляції собівартості випуску продукції.

Таблиця 6.8.- Зведена таблиця калькуляції собівартості випуску продукції.

№ п/п	Статті витрат	Витрата, грн.		Порівняльний результат (+/-)
		до проекту	з проектом	
1	2	3	4	5
1	Сировина і основні матеріали	11121199,32	13901499,15	-
2	Допоміжні матеріали	8419468,68	10524335,85	-
3	Тара і тарні матеріали	60041,52	75051,90	-
4	Електроенергія і паливо (для технологічних цілей)	251119,34	101805,14	+
5	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	3000,00	2812,50	+
6	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	180,00	168,75	+
7	Нарахування на заробітну плату основних виробничих робітників	1842,83	20826,86	-
8	Загальновиробничі витрати	458,00	429,38	+
	Разом виробнича собівартість	16,91	16,78	+
9	Адміністративні витрати	120,00	112,50	+
10	Позавиробничі витрати	275,00	275,00	=
	Повна собівартість	16,92	16,78	+

Таблиця 6.9.- Основні техніко-економічні показники підприємства

№ п/п	Нормативні показники	Одиниці виміру	Величина показника	
			без проекту	з проектом
1	Річний випуск продукції:			
	а) в натуральному вираженні	т	1170,40	1463,00
	б) у вартісному вираженні	грн.	19797663,16	24552265,12
2	Капітальні затрати:			
	а) в обладнання	грн.	-	109138,36
	б) в площу	грн.	-	27284,59
3	Загальна кількість працюючих	чол	13	12
4	Собівартість випуску одиниці продукції	грн.	16,92	16,78
5	Випуск продукції з 1 м ² площі	т/рік	4,59	7,32
6	Рентабельність продукції	%	0,23	0,27

7	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	-	1015715,83
8	Період окупності		-	один рік

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

7.1. Охорона праці при виробництві масла

7.1.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки в маслоцеху

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).

Маслоутворювачі і маслообробники (закритого конструктивного виконання) можна віднести до машин малого рівня небезпеки. Вони не працюють при великих надлишкових тисках, чи високих температурах. Робочі органи закриті зовні огорожуючими конструктивними елементами. Температура охолоджуючої рідини є недостатньо низькою, щоб становити небезпеку для здоров'я обслуговуючого персоналу.

Джерелом живлення приводу маслоутворювача і маслообробника є мережа промислового струму наругою 380 В, тому при його експлуатації слід звернути увагу на основні правила техніки безпеки при роботі з електрообладнанням.

Робочі елементи машини (ножі-мішалки) конструкційно розміщуються в закритому просторі тому явної небезпеки не становлять. Проте маслоутворювачі і маслообробники можуть працювати при порівняно великих обертах робочих органів, що може спричиняти вібрацію і шум. Дані апарати приводяться в рух електричними двигунами, і повинні відповідати ПУЕ, бути надійно заземленими, так як під час роботи на них можуть накопичуватися значні заряди статичної електрики. Передачі приводу повинні бути закриті захисними кожухами. Повинні використовуватись також запобіжні пристрої для безпеки при ремонті чи оглядах.

Для зниження ступеня ураження електричним струмом передбачено окремий вимикач. На протязі всього терміну експлуатації маслоутворювача необхідно слідкувати за станом ізоляції на струмоведучих елементах мережі та використовуюваного заземлення. Останнє діє можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізольованих частин маслоутворювача. Вибір заземлення вибирається згідно з ГОСТ 12.1.030-81.

Основним джерелом шуму в маслоутворювачі є електродвигун приводу ножів-мішалок і самі ножі-мішалки. Оскільки рівень шуму двигуна маслоутворювача перебуває в межах нормативів, то вважаємо, що ніяких додаткових засобів по зниженню рівня шуму електричного двигуна приводу

здійснювати недоцільно. Для зменшення рівня шуму передач приводу робочих органів пропонується закрити їх захисними кришками.

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 трансмісії, змащувати їх можна лише при безпечному підході до підшипників, або при допомозі спеціальних трубок і маслянок, виведених у безпечну і зручну зону.

7.1.2. Санітарно-гігієнічні вимоги в маслоцеху

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, роликкових 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.

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.

7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Забезпечення цивільного захисту робітників та службовців ПП

«Альма Віта» та населення

Основоположним документом щодо захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій є Кодекс цивільного захисту України. Відповідно до цього Кодексу громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, значних пожеж, стихійного лиха. Держава як гарант цього права створює систему цивільної оборони, мета якої захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного та воєнного характеру.

Заходи цивільного захисту поширюються на всю територію України, всі верстви населення, а розподіл за обсягом і відповідальністю їх виконання здійснюється за територіально-виробничим принципом. Завданнями цивільного захисту України є:

- запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження і запровадження заходів щодо зменшення збитків та втрат у разі аварій, катастроф, вибухів, великих пожеж та стихійного лиха;
- оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і воєнний часи та постійне інформування його про наявну обстановку;
- захист населення від наслідків аварій, катастроф, великих пожеж, стихійного лиха та застосування засобів ураження;
- організація життєзабезпечення населення під час аварій, катастроф, стихійного лиха та у воєнний час;
- організація і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у районах лиха і осередках ураження;
- створення систем аналізу і прогнозування управління, оповіщення і зв'язку, спостереження і контролю за радіоактивним, хімічним і бактеріологічним

зараженням, підтримання їх готовності для сталого функціонування у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часів;

— підготовка і перепідготовка керівного складу цивільної оборони, її органів управління та сил, навчання населення вмiти застосовувати засоби індивідуального захисту і діяти в надзвичайних ситуаціях.

7.2.2 Класифікація НХР

Небезпечні хімічні речовини (НХР) – це токсичні хімічні сполуки, що утворюються у великих кількостях в процесі промислового виробництва, і спроможні у випадку руйнувань (аварій) на хімічно небезпечних об'єктах надходити до атмосфери, викликаючи масові ураження цивільного населення і особового складу Збройних Сил та інших силових міністерств і відомств.

За будовою і фізико-хімічними властивостями група НХР неоднорідна. Біологічні ефекти отруєння багатозначні. Таким чином, класифікувати їх можна на основі первинного синдрому, який виникає при гострій інтоксикації. А тому речовини, які можуть викликати масові отруєння при руйнуванні хімічних об'єктів, розподіляють (за синдромологічною класифікацією) на такі групи:

1. Речовини з домінуючою задушливою дією:
 - а) з вираженою припікаючою дією;
 - б) з слабкою припікаючою дією.
2. Речовини з домінуючою загальноотруйною дією (динітрофенол, етиленхлоридгідрин, етиленфторидгідрин).
3. Речовини, які володіють задушливою та загальноотруйною дією:
 - а) із вираженою припікаючою дією (акрилонітрил, азотна кислота);
 - б) із слабкою припікаючою дією (сірчистий ангідрид, сірководень, оксиди азоту, фтористий водень).
4. Речовини, що порушують генерацію, проведення та передачу нервового імпульсу (сірковуглець, фосфорорганічні сполуки ФОС).

5. Речовини, які володіють задушливою та нейротропною дією (аміак).

6. Цитотоксичні (метаболичні) отрути (оксид етилену, метилбромід, діхлорметилбромід, метилхлоргідрин, етан, діметилсульфат, діоксин, галогенізовані вуглеводні).

7.2.3 Засоби оповіщення при виникненні надзвичайної ситуації (НС)

Для забезпечення управління цивільним захистом створюється загальнодержавна, територіальні і об'єктові системи зв'язку і оповіщення.

В системах оповіщення цивільного захисту на ПП «Альма Віта» використовуються електросирени типу "С40" та спеціальна апаратура П160.

Електросирена "С40" забезпечує озвучення території в радіусі 300-700 м. Радіус озвучення залежить від рівня вуличних шумів, характеру і висоти забудови, висоти встановлення електросирени над поверхнею землі.

Апаратура П160 в комплекті з іншою апаратурою призначена для створення автоматизованих систем централізованого оповіщення цивільного захисту обласної ланки. Вона забезпечує передачу і прийом п'яти сигналів оповіщення, речової інформації і одного перевірконого сигналу, а також управління місцевими системами оповіщення (міст, районів). При передачі речової інформації два із п'яти сигналів використовуються одночасно для переключення мовного тракту. Час проходження сигналу з отриманням підтвердження про його прийом в одній ланці не перевищує 3 с. Працює по діючим телефонним провідним і радіорелейним каналам зв'язку, а також по виділеним фізичним ланцюгам. Передача сигналів і речової інформації здійснюється шляхом відбору каналу зв'язку у споживача на час передачі без попередження абонента об відборі.

Для оповіщення центральних і територіальних органів виконавчої влади і місцевого самоврядування, органів управління з питань НС та цивільного захисту населення, сил цивільного захисту та населення встановлюються спеціальні сигнали оповіщення ЦЗ на мирний і воєнний часи.

“УВАГА ВСІМ!” – це головний сигнал цивільного захисту. Подається включенням сирен, а також інших встановлених сигнальних засобів, для привернення уваги населення в екстремальних випадках, а потім передається мовне повідомлення.

На кожний випадок надзвичайних ситуацій управлінням (відділом) з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту готуються варіанти повідомлень, які потім, з урахуванням конкретних подій, корегуються. Інформація передається протягом 5 хвилин після подачі звукових сигналів (сирени, гудки і т.д.).

7.2.4 Розробка заходів по забезпеченню надійності

ПП «Альма Віта» в період хімічного ураження

Заходи які організуються для захисту персоналу ПП «Альма Віта» від хімічного ураження наступні:

1. Організація інженерного захисту. Інженерний захист населення, території, промислових і житлових об'єктів і споруд від надзвичайних ситуацій техногенного й природного характеру – це комплекс інженерних споруд, інженерно-технічних, організаційно-господарських і раціонально – правових заходів, які забезпечують попередження й реагування на надзвичайні ситуації й ліквідацію їхніх наслідків.

Заходи інженерно-технічного захисту передбачають:

– планування й організацію укриття населення згідно з його приналежністю до груп (робоча зміна, населення, що проживає в небезпечній зоні) у захисні споруди ЦЗ, що відповідають вимогам ДБН В 2.2.5–97 «Будівлі і споруди. Захисні споруди цивільної оборони»;

створення фонду захисних споруд ЦЗ згідно з вимогами ДБН В.1.2-4-2006 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту»;

– якщо підприємство не має власних захисних споруд, то Головне управління з питань НС міста, де розташований завод, обов'язково повинне винести рішення про місце укриття найбільшої робочої зміни заводу.

Для екстреного укриття працівників заводу у випадку НС з виливом (викидом) аміаку можуть бути використані підвальні приміщення. Також повинна бути передбачена евакуація у безпечні зони.

2. Організація хімічного захисту. Для виявлення і уточнення хімічної обстановки організується розвідка, спостереження і постійний контроль.

Хімічний контроль організовується начальником штабу ЦЗ заводу і здійснюється особовим складом ланки радіаційно-хімічного спостереження. Контроль ведеться з моменту оголошення режиму підвищеної готовності розвідником-хіміком, а також силами виробничої лабораторії, спеціально підготовленими особами для проведення цих робіт. Для проведення радіаційно-хімічного контролю й розвідки ланка радіаційно-хімічного спостереження забезпечені приладами згідно встановлених норм, перевірка справності приладів, облік результатів дозиметричного й хімічного контролю ведеться згідно «Положення про дозиметричний і хімічний контроль у ЦЗ» і відображається у формалізованих документах.

3. Організація і здійснення спеціальної обробки. Спеціальна обробка включає проведення дегазації й дезактивації території, будинків, техніки, устаткування, сировини й продукції при зараженні отруйними, небезпечними хімічними речовинами. Спеціальна обробка може бути частковою або повною. Виконання вимог цього виду захисту досягається своєчасним пристосуванням об'єктів комунально-побутового обслуговування й транспортних підприємств для проведення спеціальної обробки. На заводі для виконання цієї роботи можуть бути залучені працівники цехів і допоміжних підрозділів, що мають відповідну матеріальну базу.

Для захисту персоналу заводу від ураження застосовуються засоби індивідуального захисту органів дихання, тіла людини.

З огляду на короткий час утворення й проходження хмари зараженого повітря при викиді НХР й утворення зони хімічного забруднення (ЗХЗ), невідкладними й першочерговими заходами є:

1) оповіщення персоналу й населення про аварію згідно «Схеми оповіщення»;

2) локалізація джерела забруднення силами чергової зміни компресорної заводу. При неможливості ліквідувати наслідки аварії силами заводу слід викликати оперативно-рятувальну службу міста;

3) встановлення водяних завіс увімкненням гідрозавіси, комунально-поливальної машини, гідрантів, водорозподільних кранів. При неможливості ліквідувати хмару зараженого повітря силами заводу слід викликати спецзгін Державної служби України з надзвичайних ситуацій;

4) застосування засобів індивідуального захисту при аварії з викидом (виливом) НХР (протигазів ИП-4, ізолюючих коробок КД, захисних костюмів Л-1, кислотних ватно-марлевих пов'язок), герметизація приміщень й евакуація працівників і населення із зараженої зони.

4. Забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Забезпечення ЗІЗ досягається: завчасним нагромадженням і підтримкою в готовності ЗІЗ, приладів хімічної, радіаційної розвідки й дозиметричного контролю. У першу чергу, забезпечується позаштатне невоєнізоване аварійно-рятувальне формування ЦЗ заводу, що призначене для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт у забрудненій НХР зоні, потім забезпечуються робітники та службовці заводу. Забезпеченню ЗІЗ також підлягає населення, що проживає поблизу заводу в зоні можливого хімічного зараження.

Видача ЗІЗ й приладів РХР проводиться на пункті видачі майна ЦЗ, (склад МТЗ заводу) силами ланки видачі майна ЦЗ.

5. Організація медичного захисту. На заводі є медичний пункт, в якому працює лікар місцевої поліклініки. Медичний пункт заводу укомплектований

необхідними медичним устаткуванням, препаратами й засобами для надання долікарської допомоги у випадку виникнення НС на виробництві з ураженням працівників на різних етапах ліквідації наслідків аварії, пов'язаної зі НХР.

6. Організація і проведення евакуаційних заходів. Евакуація – комплекс заходів щодо організованого виведення (вивезення) населення й персоналу заводу з районів (місць), зон можливого впливу наслідків надзвичайних ситуацій і розміщення його в безпечних районах (місцях) у випадку виникнення безпосередньої загрози життю й заподіяння шкоди здоров'ю людей. Евакуація працівників підприємства планується при надзвичайних ситуаціях на об'єктовому рівні та при надзвичайних ситуаціях державного й міського рівнів.

7.2.5 Висновки

У цьому розділі з «Безпеки в НС» було розглянуто забезпечення цивільного захисту робітників та службовців ПП «Альма Віта» та населення, класифікацію промислових НХР по фізіологічній дії, організацію оповіщення на підприємстві працівників та населення. Запропоновано заходи щодо захисту робітників, службовців та населення у разі аварії викидом (виливом) аміаку.

8. Екологія

8.1. Розроблення заходів з охорони навколишнього середовища

При інтенсивному розвитку всіх галузей народного господарства питання охорони навколишнього природного середовища мають винятково важливе значення.

Поширення епохи НТР викликало корінні зміни в техніці і технології виробництва. Впровадження в промисловість нових, більш ефективних технологічних процесів, різке підвищення продуктивності і розширення масштабів виробництва вимагали відповідно збільшення матеріальних та енергетичних ресурсів, що, в свою чергу, привело до багатократного зросту різноманітних виробничих відходів.

У вітчизняному законодавстві дані питання є досить широко розробленими. Ще на стадії проектних робіт згідно Законів України “Про охорону природньо-навколишнього середовища” і “Про екологічну експертизу кожен проект необхідно проаналізувати з точки зору здійснення негативного впливу на довкілля і по можливості мінімізації цього впливу.

Викиди в навколишнє середовища внаслідок функціонування молочного виробництва можна класифікувати як організовані та неорганізовані.

Неорганізовані – це викиди випарів і пилюки, які утворюються в результаті нещільностей в апаратах, трубопроводах, комунікаціях, через нещільно закриті чи відкриті вікна та двері, при погано організованому транспортуванні, прийманні та складуванні сировини і продуктів. Неорганізовані викиди мають місце при переповненні місткостей та при розлитті технологічних рідин з послідуочим змиванням їх в каналізаційні стоки. Особливо небезпечними для водойм та повітряного середовища є аварійні (залпові) скиди рідких та газоподібних речовин, які стаються при неполадках та виробничих аваріях.

З метою здійснення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря та проведення розрахунків забруднення атмосфери в приземному шарі на ПП «Альма Віта» проведено інвентаризацію викидів шкідливих речовин в атмосферу. Інвентаризація проведена 20.10.2016 р. приватним науково-виробничим підприємством „Екологія”. Валові викиди шкідливих речовин визначені розрахунково-балансовим методом за витратою сировини та матеріалів в технологічних процесах. Інвентаризація була проведена при нормальному експлуатаційному режимі роботи технологічного обладнання і засвідчила наступне.

Окремого підрозділу з охорони навколишнього природного середовища та лабораторії по контролю за забрудненням на підприємстві немає. Контроль за виконанням заходів з охорони навколишнього природного середовища виконує головний механік та інженер з охорони праці.

Інструментальний контроль за викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря виконує лабораторія спеціалізованої організації.

Нормативна санітарно - захисна зона для території ПП «Альма Віта» згідно „Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів” Київ, 2006р. витримана.

Змін в обладнанні, технології, використанні палива, сировини та матеріалів для поточного ремонту на період 2013 - 2018 роки не передбачається. Речовин, для яких при сумісній присутності в атмосферному повітрі встановлено ефект сумачії біологічної дії - немає.

Утворення забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферу, відбувається при спалюванні природного газу, при згорянні якого в атмосферу виділяються окисли азоту та оксид вуглецю.

Економне витрачення природних і сировинних ресурсів – важлива умова раціонального природокористування, а також попередження забруднення навколишнього середовища. Це має досягатися скороченням втрат природних

матеріалів на всіх етапах їх руху, а також використанням відходів виробництва.

Головним напрямком раціонального використання ресурсів і охорони оточення є перехід підприємства на маловідходні технології, які відзначаються своєю екологічністю.

Функціонування маловідходного виробництва забезпечується розробкою і впровадженням технологічних процесів та використанням обладнання, що дозволяють комплексно переробляти сировину з використанням усіх компонентів, істотно зменшити забруднення навколишнього середовища відходами виробництва, використовувати відходи без порушення екологічної рівноваги.

Для зменшення викидів в атмосферу розроблені наступні заходи:

- розроблення режимних карт горіння для котельні;
- встановлення газоочисних та пиловловлюючих установок.

Вони дозволяють без значних видатків зменшити забруднення навколишнього середовища та зекономити витрати енергетичних і природних ресурсів.

8.2. Забруднення довкілля та відходи, що виникають на ПП «Альма Віта»

До виробництв, що викликають серйозний вплив на забруднення природного середовища, відносяться молокопереробні підприємства. Концентрація органічних забруднень у стоках по хімічному (ХСК) і біологічному (БСК) споживанню кисню сягає 2 – 20 г/л, зважених частинок 5 – 8 г/л, що в 50 – 80 разів більше ніж у господарсько-побутових вод населених пунктів. Висока концентрація органічних забруднень в стоках підвищує навантаження на загальноміські очисні споруди, що призводить до порушення їх роботи.

Виробничі стічні води молокозаводу характеризуються великим вмістом завислих речовин, у яких до 90% органічних, високою концентрацією розчинених речовин, серед яких хлорид натрію, сполуки азоту, жири. Температура

води сягає 30°C. Крім того води мають високу степінь бактерицидної забрудненості. Тому перед скиданням стічних вод їх обов'язково очищають. Оскільки стічні води скидаються в міську каналізаційну систему, то вимоги до концентрації забруднювачів не такі суворі, як при скиданні у водойми. Однак вміст жиру у всіх випадках лімітується досить низьким рівнем, 50 мг/л, що обумовлено необхідністю захисту каналізації від жирових відкладень.

Для підтримання холоду у морозильних камерах на підприємстві є аміачна компресорна, від технологічного обладнання якої в атмосферу виділяється аміак.

При згорянні палива в котельні, яка забезпечує цех теплом і паром, в атмосферу виділяється сажа, діоксид азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю II, оксид ванадію.

Крім того на підприємстві експлуатується різноманітний легковий і вантажний транспорт (автомобілі, тягачі, автотранспортувачі, автокрани і ін.). Вихлопні гази від роботи двигунів містять біля 200 компонентів, більшість яких токсичні для організму людини.

Крім забруднень стічних вод викликаних особливостями технологічного процесу, відбувається також забруднення їх миючими розчинами лугів, які використовуються при митті технологічного обладнання. До них відносяться розчини кальцинованої соди, каустичної соди.

Аналізуючи матеріали по викидам шкідливих речовин, можна зробити висновок, що забруднення атмосфери підприємством проходить в основному в трьох напрямках:

- організовані викиди від технологічного обладнання;
- викиди вентиляційного повітря системи витяжної вентиляції;
- неорганізовані викиди від відкритих площадок і споруд (відкриті ємності, відкриті споруди очистки стічних вод, зони проведення завантажувально-розвантажувальних робіт, відстійники і т.п.).

8.3. Заходи по зменшенню негативного впливу на довкілля

Заходи по захисту навколишнього природного середовища для проектуючих, а також для діючих підприємств містять комплекс засобів, які визначаються системою державних законодавчих актів, в відповідності з якими комплекс захисних засобів по попередженню забруднень атмосфери викидами підприємств включає архітектурно-планувальні, конструктивно-технологічні засоби розсіювання викидів через високі димові труби, очистку вентиляційного повітря, димових і технологічних газів перед викидом в атмосферу, контроль забруднення атмосфери викидами.

Важливе значення для забезпечення потрібних санітарно – гігієнічних нормативів повітряного середовища має правильне планування промислової площадки. Для зменшення шкідливого впливу на довкілля захисна зона підприємства засаджена зеленими насадженнями. Крім поглинання шкідливих парів та газів зелені насадження знижують рівень шуму, а також збагачують повітря киснем. Зелені насадження складають 55% від загальної площі санітарно-захисної зони.

Одним з важливих конструктивно – технологічних засобів зменшення забруднення довкілля для даного підприємства є рекуперація тепла в результаті використання вторинних енергетичних ресурсів, значна частина яких витрачається, збільшуючи теплове забруднення навколишнього середовища.

Санітарно-технічні міроприємства включають очистку вентиляційного повітря від шкідливих речовин, утилізацію і знешкодження відходів.

Основним методом захисту повітряного басейну від шкідливих викидів є попереднє очищення вентиляційного повітря і технологічних газів, яке проводиться і газокислотних установках. Проводять суху механічну очистку, мокру очистку, електричну очистку, фільтрацію. Використовують такі апарати, як

циклони, пилеосаджувальні камери, жалюзні апарати, відцентрові пиловідділювачі.

Для ефективної роботи очисних споруд і повітреочисного обладнання необхідно постійно контролювати якість їх роботи і оперативно усувати недоліки, розробляти і вдосконалювати конструкції діючих установок.

Перелік посилань

1. Закалов О.В., Закалов І.О. Технологічне обладнання харчових виробництв. – Тернопіль: ТДТУ, 2000.-406с.
2. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого – Вінниця: Нова книга, 2001р. –576с.
3. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. / Под ред. А.Я.Соколова —М.: Машиностроение, 1969. –637с.
4. Общетехнический справочник. /Под ред. Е.А. Скороходова. –М.: Машиностроение, 1990. -496с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1. –М.: Машиностроение, 1982. -736с.
6. Справочник инженера-строителя. В 2-х т. Т.2. / Под ред. И.А. Онуфриева и А.С. Данилевского. – М, 1959. –736с.
7. Справочное руководство по черчению/ В.Н.Богданов, И.Ф.Малежик, А.П.Верхола и др. -М.: Машиностроение, 1989. -864с.
8. П.Ф Дунаев, О.Ф. Леликов. Конструирование деталей и узлов машин. М.: Высшая школа, 1998. – 447 с.
9. А.С. Зубченко. Марочник сталей и сплавов. М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
10. Д.М. Гальперин. Оборудование молочных предприятий: монтаж, наладка, ремонт: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 352 с.
11. Н.В. Зайцев Ремонт и монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 352 с.
12. Ростроса М.К., Мордвинцева П.В. Курсовое и дипломное проектирование предприятий молочной промышленности.— М.: Агропромиздат, 1989.— 256с.
13. Технология пищевых производств /Под ред. Л.П.Ковальской.— М.: Агропромиздат, 1988.— 286с.

14. Митин В.В. Курсовое и дипломное проектирование оборудования предприятий мясной и молочной промышленности.— М.:Колосс, 1992.— 272с.
15. Методы расчётов процессов и аппаратов пищевых производств.— М.: Пищевая промышленность, 1966.— 292с.
16. Сурков В.Д., Липатов Н.Н. Золотин Ю.П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности.— М.:Легкая и пищевая промышленность, 1983.— 432с.
17. М.Н. Иванов. Детали машин.— М.: Высшая школа, 1991.— 384с.
18. Г.С. Писаренко и др. Справочник по сопромату.— К.: Наукова думка, 1988.— 734с.
19. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. Справочник.— Л.: “Машиностроение”, 1970.— 752с.
20. Ермаков Е.И., Шеин В.С. Технология ремонта химического оборудования.— Л.: “Химия”, 1977.— 278с.
21. Ф. Стренк Перемешивание и аппараты с мешалками. Л.: Химия, 1975. – 384 с.
22. Г.Ф. Аболмасов, Т.А. Боушев, Ф.М. Тарасов, Р.Н. Шестов. Примеры и задачи по курсу технологического оборудования предприятий молочной промышленности. М.:Машиностроение, 1966. – 284 с.
23. С.С. Гуляев-Зайцев. Физико-химические основы производства масла из высокожирных сливок. М.: Пищевая промышленность, 1974. – 136 с.
24. Назаров Н.И., Нечаев Н.И., Щербаков В.Г. и др. Технология и оборудование пищевых производств.— М.: Пищевая промышленность, 1977.— 352 с.
25. Закалов О.В., Закалов І.О. Проектування підприємств харчової промисловості. – Тернопіль, 2007. – 260 с.