

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

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

Кафедра обладнання харчових технологій  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження впливу конструктивних параметрів витіснювального барабану на процес перетворення високожирних вершків в маслоутворювачі Т1-ОМ-2Т

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МОм-61  
спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва спеціальності)

Савчук О. О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Зварич Н.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворошук В.Я  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2022

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра обладнання харчових технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри обладнання харчових технологій  
\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Вітенько Т.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« \_\_\_\_\_ » 2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня \_\_\_\_\_ *магістр*  
(Назва освітнього ступеня)

за спеціальністю \_\_\_\_\_ *133 Галузеве машинобудування*  
(шифр і назва спеціальності)

студенту \_\_\_\_\_ *Савчуку Олександр Олександровичу*  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ *Дослідження впливу конструктивних параметрів витісню вального барабану на процес перетворення високожирних вершків в маслоутворювачі Т1-ОМ-2Т*

Керівник роботи \_\_\_\_\_ *Зварич Наталя Миколаївна*  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від \_\_\_\_\_ *01.11.2022 року* № *4/7-871*

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_ *10 грудня 2022р.*

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_ *Паспорт маслоутворювача Т1-ОМ-2Т*

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_ *Вступ. 1. Характеристика сучасних технологій та обладнання для виробництва вершкового масла. 2. Методи та методика досліджень. 3. Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції маслоутворювача Т1-ОМ-2Т. 4. Дослідження процесу перетворення високожирних вершків на масло в барабанних маслоутворювачах. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) \_\_\_\_\_ *Технологічна схема виробництва масла способом перетворення високожирних вершків. Маслоутворювач Т1-ОМ-2Т. Вигляд загальний. Ф.А1. Витіснювальний барабан маслоутворювача Т1-ОМ-2Т. Складальне креслення. Ф.А1. Плакати (слайди): Аналіз процесу виготовлення масла в маслоутворювачі Т1-ОМ-2Т. Результати аналізу впливу конструктивних параметрів маслоутворювача Т1-ОМ-2Т на процес виготовлення масла. Аналіз теплообміну в барабані маслоутворювача. Результати аналізу теплообміну в барабані маслоутворювача. Дослідження і модернізація конструкції барабана маслоутворювача.*

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                                            | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                   |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Кравець О.І., доц. каф ОХ,                |                |                  |
| Нормоконтроль                                     | Ворошук В.А, доц. каф.ОХ                  |                |                  |
|                                                   |                                           |                |                  |

7. Дата видачі 01.11.2022  
завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)                                                                         | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------|
|       | <i>Вступ.</i>                                                                                                    | 15.11.2022                               |          |
| 1.    | <i>Аналіз сучасних технологій та обладнання для виробництва вершкового масла.</i>                                |                                          |          |
| 2.    | <i>Методи та методика досліджень.</i>                                                                            | 20.11.2022                               |          |
| 3.    | <i>Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції маслоутворювача ТІ-ОМ-2Т.</i>                         | 25.11.2022                               |          |
| 4     | <i>Дослідження процесу перетворення високожирних вершків на масло в барабанних маслоутворювачах</i>              | 30.11.2022                               |          |
| 5     | <i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.</i>                                                        | 05.12.2022                               |          |
|       | <i>Висновки. Перелік посилань</i>                                                                                | 05.12.2022                               |          |
|       | Графічна частина                                                                                                 |                                          |          |
| 1.    | <i>Технологічна схема виробництва масла способом перетворення високожирних вершків..</i>                         | 15.11.2022                               |          |
| 2.    | <i>Маслоутворювач ТІ-ОМ-2Т. Вигляд загальний.</i>                                                                | 20.11.2022                               |          |
| 3.    | <i>Витіснювальний барабан маслоутворювача ТІ-ОМ-2Т.Складальне креслення.</i>                                     | 25.11.2022                               |          |
| 4     | <i>Плакати (слайди) 5Ф.А1:</i>                                                                                   | 30.11.2022                               |          |
|       | <i>Аналіз процесу виготовлення масла в маслоутворювачі ТІ-ОМ-2Т.</i>                                             |                                          |          |
|       | <i>Результати аналізу впливу конструктивних параметрів маслоутворювача ТІ-ОМ-2Т на процес виготовлення масла</i> |                                          |          |
|       | <i>Аналіз теплообміну в барабані маслоутворювача.</i>                                                            |                                          |          |
|       | <i>Результати аналізу теплообміну в барабані маслоутворювача.</i>                                                |                                          |          |
|       | <i>Дослідження і модернізація конструкції барабана маслоутворювача</i>                                           |                                          |          |
|       |                                                                                                                  |                                          |          |
|       |                                                                                                                  |                                          |          |
|       |                                                                                                                  |                                          |          |

Студент

(підпис)

Савчук О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Зварич Н.М.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Савчук О.О. Дослідження впливу конструктивних параметрів витіснювального барабану на процес перетворення високожирних вершків в маслоутворювачі Т1-ОМ-2Т. 133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2022

В кваліфікаційній роботі проведено дослідження впливу конструктивних параметрів витіснювального барабану маслоутворювача Т1-ОМ-2Т на процес перетворення високожирних вершків та запропоновано заходи з модернізації.

Ключові слова: процес перетворення вершків, перемішування, маслоутворювач.

Savchuk O. O. Research of the impact of construction parameters of the displacing drum on the process of transformation of high-fat cream in the butterworker T1-OM-2T. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University. - Ternopil, 2022.

The impact of construction parameters of the butter worker T1-OM-2T displacing drum for the process of transformation of high-fat cream was researched in the thesis. Modernization measures for the butter worker T1-OM-2T are suggested.

Keywords: process of transformation of high-fat cream, mixing, butter worker

## ЗМІСТ

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| АНОТАЦІЯ .....                                                                                | 4  |
| ЗМІСТ .....                                                                                   | 5  |
| ВСТУП .....                                                                                   | 7  |
| 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ<br>ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА ..... | 9  |
| 1.1. Особливості технології виробництва вершкового масла.....                                 | 9  |
| 1.2. Технологічне обладнання для виробництва масла вершкового.....                            | 12 |
| 1.3. Аналіз будови та принципу роботи маслоутворювача Т1-ОМ-2Т .....                          | 16 |
| 1.4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи .....                                            | 18 |
| 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ .....                                                        | 19 |
| 2.1. Обґрунтування вибору методів і засобів досліджень.....                                   | 19 |
| 2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання .....                           | 20 |
| 3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО<br>КОНСТРУКЦІЇ МАСЛОУТВОРЮВАЧА Т1-ОМ-2Т.....   | 21 |
| 3.1. Технологічний розрахунок маслоутворювача Т1-ОМ-2Т .....                                  | 21 |
| 3.1.1. Визначення необхідної потужності для приводу витиснювальних<br>барabanів .....         | 21 |
| 3.1.2. Визначення потреби в холодоносії для охолодження продукту .....                        | 26 |
| 3.2. Структурна схема маслоутворювача Т1-ОМ-2Т .....                                          | 27 |
| 3.3. Кінематичний розрахунок маслоутворювача Т1-ОМ-2Т.....                                    | 28 |
| 3.4. Конструювання і розрахунок окремих елементів маслоутворювача Т1-<br>ОМ-2Т.....           | 31 |
| 3.4.1. Розрахунок клинопасової передачі маслоутворювача Т1-ОМ-2Т ....                         | 31 |
| 3.4.2. Конструктивний розрахунок ланцюгової передачі .....                                    | 34 |
| 3.4.3. Розрахунок показників надійності пасової передачі.....                                 | 36 |
| 3.4.4. Перевірний розрахунок вала витиснюючого барабану.....                                  | 38 |

|                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5. Особливості монтажу, експлуатації та технічного обслуговування<br>маслоутворювача Т1-ОМ-2Т .....                                                                                                                                | 41 |
| 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕТВОРЕННЯ ВИСОКОЖИРНИХ<br>ВЕРШКІВ НА МАСЛО У БАРАБАННИХ МАСЛОУТВОРЮВАЧАХ .....                                                                                                                             | 46 |
| 4.1. Механізм маслоутворення з високожирних вершків .....                                                                                                                                                                            | 46 |
| 4.2. Теоретичне дослідження перетворення вершків на барабанних<br>маслоутворювачах.....                                                                                                                                              | 52 |
| 4.3. Особливості роботи трьохциліндрових маслоутворювачів в літній і<br>зимовий період .....                                                                                                                                         | 59 |
| 4.4. Аналіз теплообміну в барабані маслоутворювача.....                                                                                                                                                                              | 61 |
| 4.5 Рекомендації з модернізації конструкції барабана маслоутворювача ..                                                                                                                                                              | 67 |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ                                                                                                                                                                                 | 71 |
| 5.1. Охорона праці.....                                                                                                                                                                                                              | 71 |
| 5.1.1. Вимоги пожежної безпеки до утримання будівель, споруд,<br>приміщень молокопереробних підприємств .....                                                                                                                        | 71 |
| 5.1.2. Заходи безпеки при експлуатації маслоутворювача Т1-ОМ-2Т .....                                                                                                                                                                | 72 |
| 5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях .....                                                                                                                                                                                          | 75 |
| 5.2.1. Підвищення стійкості роботи підприємств харчової та переробної<br>промисловості під час НС техногенного та природного характеру .....                                                                                         | 75 |
| 5.2.2. . Здійснення заходів щодо знезаражування обладнання, транспортних<br>засобів, харчової сировини та напівфабрикатів, промислових будівель у разі<br>виникнення радіаційного, хімічного, бактеріологічного їх забруднення. .... | 78 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                                                                                                        | 83 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                                                                                                                                                                               | 84 |
| Додатки                                                                                                                                                                                                                              |    |
| Специфікації                                                                                                                                                                                                                         |    |

## ВСТУП

Молоко й молочна продукція (масло, сир, кисломолочні продукти та молочні консерви) відзначаються високою засвоюваністю, харчовою цінністю та калорійністю, і належать до найбільш повноцінних продуктів харчування. Сучасна промислова переробка молока — це складний комплекс взаємопов'язаних специфічних технологічних процесів: хімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних, біохімічних, біотехнологічних, теплофізичних та інших. Раціональне і ефективне використання технологічного обладнання потребує глибоких знань його особливостей щоб при сучасних інтенсивних методах переробки максимально зберегти харчову та біологічну цінність молочних продуктів.

Загострення конкуренції на ринку харчової продукції вимагає постійної раціоналізації і удосконалення технологічного обладнання відповідно до сучасних економічних вимог. Тому аналіз і дослідження впливу конструктивних параметрів елементів технологічного обладнання є актуальним завданням.

Мета роботи: проведення теоретичного дослідження процесу перетворення високожирних вершків та розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності його роботи.

Об'єкт дослідження: процес перетворення високожирних вершків.

Предмет дослідження: вплив конструктивних параметрів витіснювального барабана маслоутворювача на процес перетворення високожирних вершків.

Методи дослідження: аналіз, синтез, математичного моделювання, аналогія, ідеалізація, порівняння.

Наукова новизна: встановлено вплив конструктивних параметрів витіснювального барабану на процес теплообміну та параметри роботи маслоутворювача Т1-ОМ-Т2.

Практична цінність: отримані результати дозволять можуть бути використані при аналізі роботи і конструкції аналогічного обладнання. Запропонована заміна матеріалу скребків зменшить витрати часу на проведення ремонтних робіт.

Апробація результатів. Основні положення магістерської роботи доповідались на V Міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", (Тернопіль 28-29 квітня 2022 р.); XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів « Актуальні задачі сучасних технологій», ( Тернопіль 7-8 грудня 2022).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Роботу викладено на 85 сторінках друкованого тексту, вона містить 32 рисунків, 8 сторінок додатків.



## 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА

### 1.1. Особливості технології виробництва вершкового масла

В Україні використовується два основних способи виробництва вершкового масла: шляхом збивання вершків і шляхом перетворення високожирних вершків.

Перший спосіб, а саме збивання вершків передбачає одержання масляного зерна із вершків середньої жирності і подальшу його механічну обробку. Для цього використовуються масловиготовлювачах періодичної (вальцьові та безвальцьові) і безперервної дії [2].

Другий спосіб – перетворення високожирних вершків ґрунтується на термомеханічному впливі на високожирні вершки у спеціальних апаратах безперервної дії і термостатуванні в спокої або без термостатування. Охолодження та механічна обробка високожирних вершків можуть проводитися як паралельно, так і послідовно. При цьому можуть використовуватись різні технологічні схеми. Перша передбачає застосування механічного впливу на жирні вершки як у процесі їх охолодження, так і під час витримування в потоці після охолодження. Для цього застосовують маслоутворювачі, які складаються із різної кількості циліндрів, де відбувається перетворення високожирних вершків на масло. Така схема найпоширеніша.

Інша схема передбачає послідовне виконання операцій охолодження та механічної обробки. Її перевагою порівняно з попередньою є те, що при швидкому охолодженні без механічного впливу кристалізація молочного жиру відбувається усередині жирових кульок, тому збільшення кристалів обмежене розміром останніх, а це спричинює утворення кристалічної структури масла.



Рисунок. 1.1 – Схема виробництва масла способом перетворення вершків на масло

Третя схема передбачає три ступені процесу перетворення високожирних вершків на масло: швидке охолодження при інтенсивному перемішуванні, витримування високожирних вершків без перемішування в потоці і наступна механічна обробка з метою руйнування утвореної в процесі

охолодження та витримування кристалічної структури. Для виробництва масла за такою схемою використовують спеціальне обладнання: циліндричний охолоджувач інтенсивної дії для охолодження високожирних вершків, кристалізатор і обробники масла різної консистенції.

Технологічний процес виготовлення масла методом перетворення вершків на масло складається з технологічних операцій, наведених на рис. 1.1. Схему технологічної лінії виробництва масла способом перетворення високожирних вершків з використанням маслоутворювача циліндричного типу наведено на рис. 1.2. Схеми технологічних процесів можуть змінюватися залежно від виду масла, яке виготовляється, тоді треба включати або виключати окремі операції.

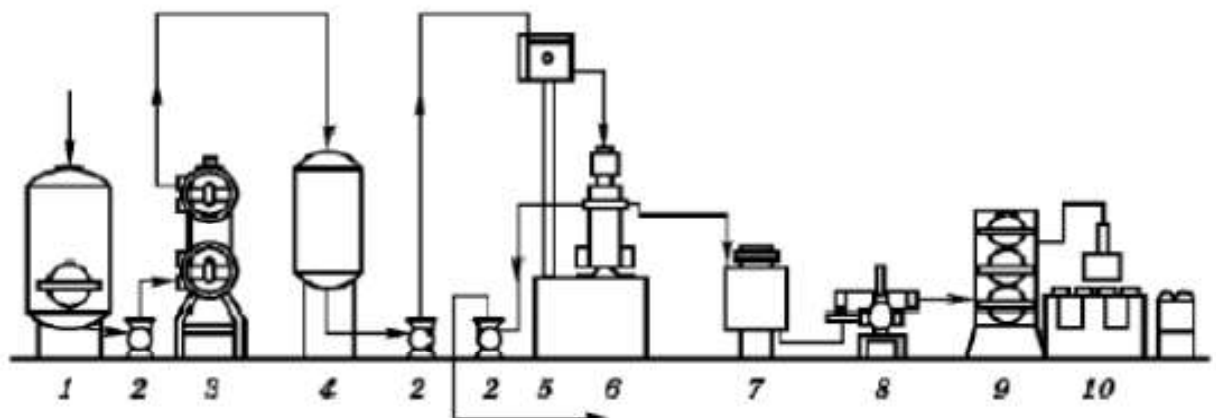


Рисунок 1.2. — Машинно-апаратурна схема виробництва масла способом перетворення високожирних вершків з використанням маслоутворювача циліндричного типу: 1 — місткість для вершків; 2, 8 — насоси; 3 — трубчаста пастеризаційна установка; 4 — дезодоратор; 5 — напірний бачок; 6 — сепаратор для високожирних вершків; 7 — ванна для нормалізації; 9 — циліндричний маслоутворювач; 10 — ваги і конвеєр

## 1.2. Технологічне обладнання для виробництва масла вершкового

Сучасні машини для виробництва вершкового масла є періодичними і безперервними. В маслоутворювачах періодичної проходить комплекс операцій по утворенню масляного зерна і пласту, обробці пласту: промивці, посолці масла.

Масловиготовлювачі періодичної дії представляють собою місткість циліндричної, конічної або 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 масловиготовлювачах це здійснюється шляхом протягування пласту через вальці, в безвальцевих масловиготовлювачах – масло піднімається на деяку висоту і при обертанні бочки періодично падає.

Масловиготовлювач (рис. 1.1.) Л5-ОМП місткістю 1000 л, ММ-1000, ММ-2000, ММ-3000 відносяться до циліндричних безвальцевих маслоутворювачів. 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 зрошення бочки водою.

Широко використовується в Україні маслоутворювачі типу РЗ-ОБЭ місткістю 2000 л. Конструктивно маслоутворювач включає всі типові елементи: місткість, привід, пристрій для формування. Місткість має вигляд двох зрізаних конуси, з'єднаних основою. Внутрішня поверхня шорстка – оброблена піскоструминним методом для уникнення прилипання масла. Лопаті, розміщені в місткості, забезпечують інтенсивне перемішування вершків у період збивання.

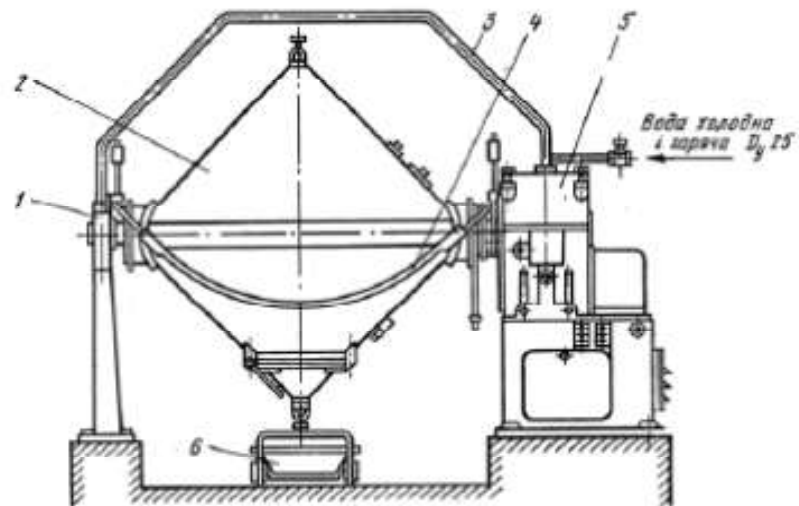


Рисунок 1.3. Безвальцевий масловиготовлювач з конічною місткістю:  
 а — загальний вид; 1 — стойка задня; 2 — місткість; 3 — пристрій для зрошення; 4 — огороження; 5 — станина з коробкою швидкостей; 6 — візок для прийому масла.

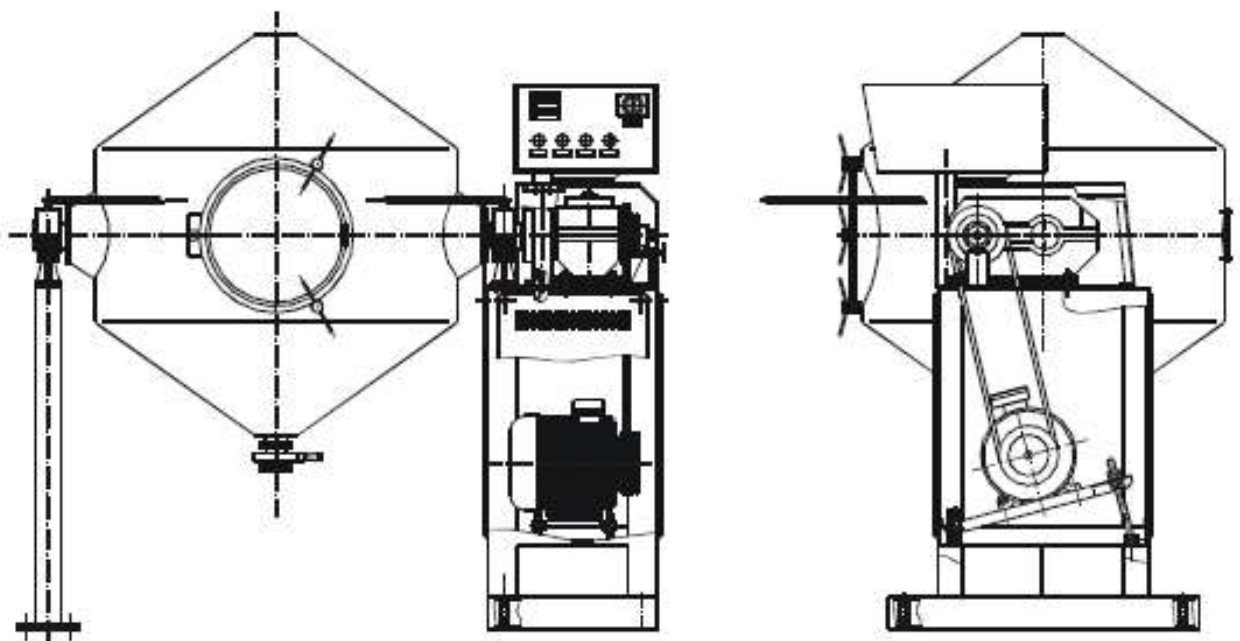


Рисунок 1.4.— Маслоутворювач типу РЗ-ОБЗ.

При збиванні масла місткість масловиготовлювача заповнюють вершками на 40...50%. Технологічний режим збивання масла (число обертів, температура) вибирають залежно від особливостей конструкції, виду масла і пори року

Масловиготовлювачі неперервної дії (рис. 1.5.) складаються із послідовно розміщених елементів: збивача масляного зерна і обробника (текстуратора) з окремими приводами і системою регулювання

Збивач має вигляд циліндра, в якому по осі розміщена мішалка. Для підтримання температурного режиму в охолоджувальну сорочку збивача подається льодяна вода (рис. 1.5.). Утворення масляного зерна може завершуватись в одному циліндрі або процес може бути розділений на дві стадії. В таких конструкціях передбачений розділюючий циліндр. В першому циліндрі утворюються крупинки масла (жирові кульки починають агрегуватись). В другому завершується утворення масляного зерна і часткове відділення маслянки.

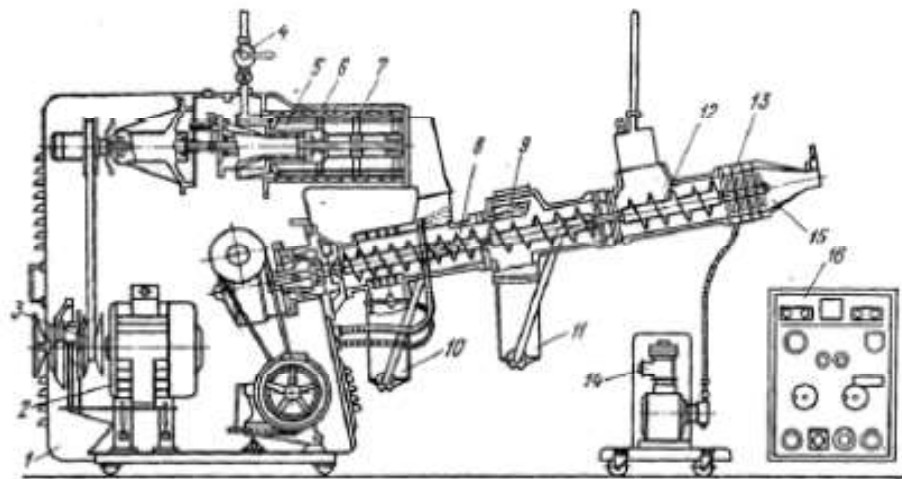


Рисунок. 1.5. – Масловиготовлювач неперервної дії:

1-станина; 2-електродвигун; 3-варіатор швидкостей; 4-кран; 5-збивач; 6-охолоджуюча сорочка; 7-мішалка; 8-текстуратор; 9-камера промивання масляного зерна; 10-вістійник пахти; 11-вістійник промивочної води; 12-камера обробки масла під вакуумом; 13-перфоровані матриці з лопатями; 14-насос-дозатор; 15-конічна насадка; 16-пульт керування.

Робочим органом текстуратора є два шнеки, які обертаються назустріч один одному в камері еліптичної форми. В текстураторі проходить обробка масляного зерна, відділення надлишку вологи або вроблення недостатньої кількості вологи, а також комплексна обробка пласту масла, яка полягає в промиванні, солінні та вакуумуванні масла, внесення за необхідності додаткових компонентів. Електродвигун збивача живиться від теристорного перетворювача ЭКТ40/380, який забезпечує регулювання числа обертів збивача. Число обертів збивача і шнека регулюється вручну за допомогою клинопасової передачі.

Маслоутворювач РЗ-ОМД (рис. 1.5.) продуктивністю 1000 кг/год по солодковершковому маслі складається із охолоджувача і обробника, який розміщений над охолоджувачем. Привід валу охолоджувача і обробника здійснюється через клинопасову передачу. Число обертів валів охолоджувача і обробника можна змінювати ступенево за допомогою змінних шківів.

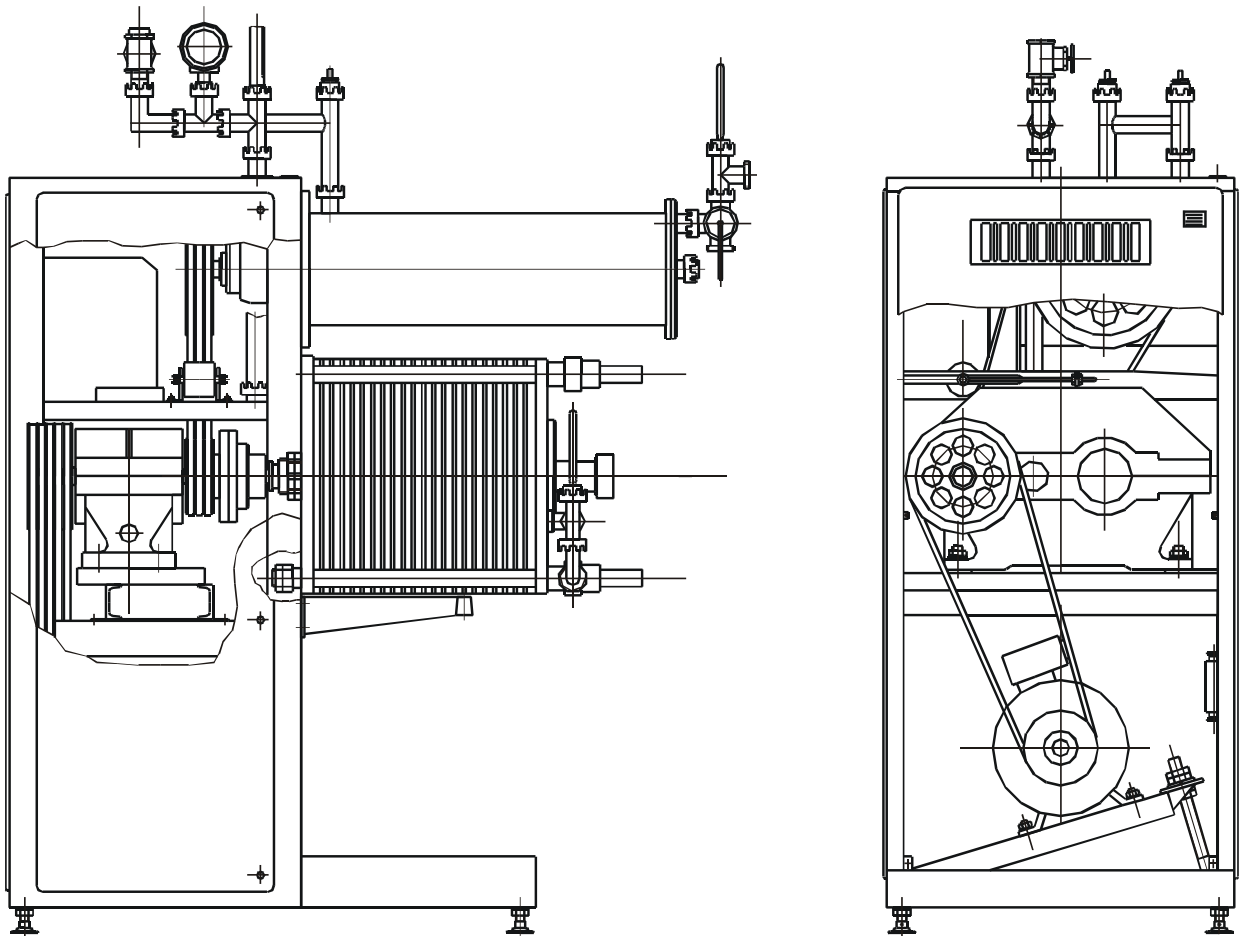


Рисунок 1.6.— Маслоутворювач РЗ-ОМД.



### 1.3 Аналіз будови та принципу роботи маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

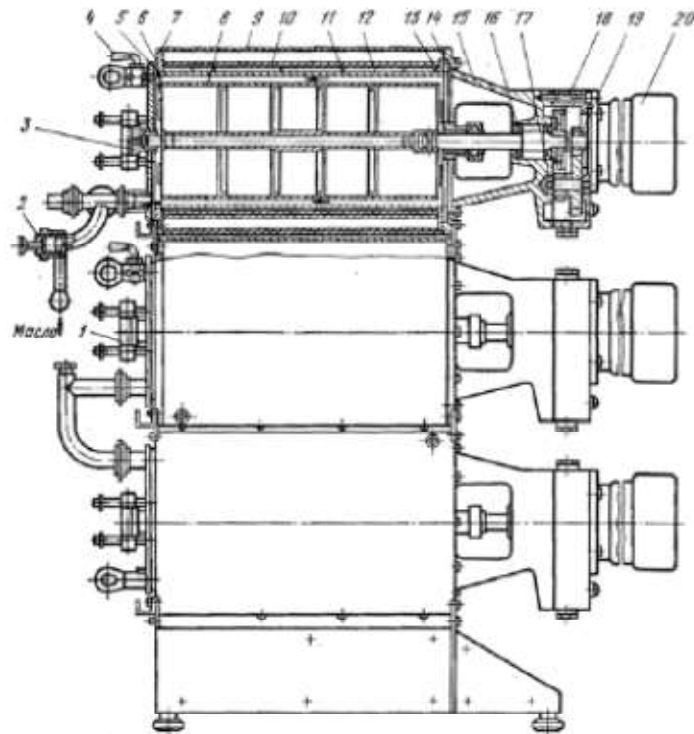


Рисунок. 1.7.— Маслоутворювач Т1-ОМ-2Т: 1-кронштейн; 2-кран випускний; 3-втулка напрямляюча; 4-кран повітряний; 5-кришка; 6-кільце ущільнювальне; 7-фланець циліндра передній; 8-витіснювальний барабан; 9-обшивка циліндра; 10-обечайка циліндра зовнішня; 11-спіраль; 12-обечайка циліндра внутрішня; 13-фланець циліндра задній; 14-кільце ущільнювальне; 15-редуктор; 16,17-підшипники; 18,19-шестерні; 20-електродвигун; 21-ножі; 22-станина.

Маслоутворювач Т1-ОМ-2Т представляє собою трициліндровий скребковий теплообмінник з витіснювальним барабаном, який служить для охолодження, перемішування і механічної обробки високожирних вершків. Він встановлюється в лінії продуктивністю по маслу 700...800 кг/год.

Маслоутворювач складається із трьох циліндрів, які встановлені на зварній станині і скріплені з'єднувальними планками. Кожний циліндр має



свою теплообмінну сорочку. Високожирні вершки подаються через патрубок до нижнього циліндра.

Подача теплоносія в сорочки здійснюється системою трубопроводів з арматурою. Зверху циліндр покритий шаром теплоізоляції. Спереду закритий шарнірною кришкою, у втулці якої розміщений підшипник ковзання, в якому обертається вісь витиснювального барабану. Різьбова втулка дозволяє відрегулювати необхідний зазор барабану в циліндрі і після регулювання закріплюється контргайкою .

В середині циліндра маслоутворювача розміщений витиснювальний барабан, що представляє собою зварну конструкцію із нержавіючої сталі, із шарнірними ножами. При обертанні барабану ножі під дією відцентрової сили і тиску вершків притискаються до внутрішньої поверхні циліндра та зрізають шар охолоджених вершків. Привід витиснювального барабану складається із двоступеневого редуктора і фланцевого електродвигуна.

#### Технічна характеристика

|                                                  |      |
|--------------------------------------------------|------|
| Продуктивність по маслу, кг / год                | 850  |
| Розміри циліндрів, мм                            |      |
| діаметр                                          | 315  |
| довжина                                          | 700  |
| Загальна поверхня охолодження, м <sup>2</sup>    | 2,1  |
| Число оборотів барабану-витіснювача<br>в хвилину | 150  |
| Споживана потужність, кВт                        | 2,5  |
| Потужність електродвигуна, кВт                   | 4,16 |
| Габарити, мм                                     |      |
| довжина                                          | 1500 |
| ширина                                           | 1100 |
| висота                                           | 1900 |
| Маса, кг                                         | 950  |

#### 1.4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Сучасні економічні та екологічні вимоги до харчових виробництв вимагають їх постійної раціоналізації та удосконалення. Це стосується як технічного удосконалення самого технологічного обладнання, так і дослідження режимів його роботи, та раціональної її організації. Лише поєднання цих складових дозволить модернізувати процес виробництва продукції відповідно до сучасних економічних вимог.

Мета роботи: проведення теоретичного дослідження процесу перетворення високожирних вершків та розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності його роботи.

Завдання роботи:

аналіз сучасного стану технології та обладнання для виробництва вершкового масла

аналіз будови та принцип роботи маслоутворювача Т1-ОМ-2Т;

теоретичне дослідження процесу механізму виробництва масла на барабанних маслоутворювачах,

аналіз особливостей роботи трьохциліндрових маслоутворювачів в літній і зимовий період,

аналіз теплообміну в барабані маслоутворювача,

аналіз отриманих результатів

проведення технологічних і конструкційних розрахунків маслоутворювача Т1-ОМ-2Т,

аналіз особливостей монтажу, експлуатації та технічного обслуговування маслоутворювача Т1-ОМ-2Т,

проведення теоретичного дослідження процесу перетворення високожирних вершків на масло у барабанних масло утворювачах і розроблення рекомендацій з модернізації.

## 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Обґрунтування вибору методів і засобів досліджень

Для проведення досліджень в кваліфікаційній роботі використано методи аналізу, синтезу, математичного моделювання, аналогії, ідеалізації, порівняння.

Метод аналізу використовувався при розгляді особливостей технології виробництва, будови та принципу роботи технологічного обладнання використовуваного при отриманні масла методом перетворенні високо жирних вершків, при вивченні механізму масло утворення, теоретичному дослідженні виробництва масла на трьохциліндровому масло утворювачі, дослідженні теплообміну в витісню вальному барабані та інших пунктах роботи. Він передбачав детальний розгляд окремих елементів дослідження.

Метод синтезу в основному використовувався при узагальненні та поєднанні отриманих результатів, формулюванні висновків, рекомендацій з модернізації.

При розгляді процесу перетворення високо жирних вершків в маслоутворювачі неможливо одночасно оцінити і врахувати всі фактори, які впливають на процес. Тому використовуємо метод ідеалізації для спрощення проведення досліджень, коли впливом деяких параметрів нехтуємо через їх незначний вплив, а деякі параметри вважаємо «ідеальними», тобто такими, що відповідають загально відомим принципам, формулюванням, залежностям.

Метод аналогії використовувався для перенесення і використання аналогічних результатів, формулювання рекомендацій по роботі.

Метод порівняння використовувався для встановлення мінімальних, максимальних, оптимальних даних, адекватності результатів дослідження.

## 2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання

В роботі широко використані сучасні методи математичного моделювання і обробки результатів. Методи математичного моделювання суттєво спрощують проведення досліджень, оскільки дозволяють вивчити значно більше параметрів і варіацій їх параметрів, а також зручно і наглядно представити отримані результати.

Всі розрахунки і представлення результатів виконані з використанням сучасних комп'ютерних методик. Розрахунки і обробка результатів виконані переважно за допомогою програмних продуктів «MS Excel», «Mathcad», які дозволяють ефективно обробляти дослідні данні і проводити інженерні розрахунки, віалізувати результати.

Креслення і рисунки виконані за допомогою AutoCAD, зображення оброблені в AdobeReader.

3D-модель мішалки витіснювального барабану виконано за допомогою програми «SolidWorks».

Така обробка і представлення результатів дозволяють ефективно проводити дослідження, підвищують їх точність, допомагають уникати похибок, гарно віалізувати результати.

### 3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ МАСЛОУТВОРЮВАЧА Т1-ОМ-2Т

#### 3.1. Технологічний розрахунок маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

##### 3.1.1. Визначення необхідної потужності для приводу витиснювальних барабанів

Вихідні дані:

- необхідна продуктивність маслоутворювача  $m_{\text{зод}} = 850$
- густина продукту:  $\rho_n = 980 \text{ кг} / \text{м}^3 [3];$
- динамічна в'язкість вершків:  $\mu_n = 1,73 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{с} [3];$
- об'ємний ККД циліндрів:  $\eta_{об} = 0,8 [3];$
- довжина циліндра:  $L_{\text{ц}} = 0,55 \text{ м} [5];$
- частота обертання циліндрів:  $n = \frac{150}{60}; n = 2,5 \text{ об} / \text{с} [5];$
- температура продукту на вході:  $t_0 = 6,5(^{\circ}\text{C}) [3];$
- температура продукту після першої секції:  $t_1 = 35(^{\circ}\text{C}) [3];$
- температура продукту після другої секції:  $t_2 = 18(^{\circ}\text{C}) [3];$
- температура продукту після третьої секції:  $t_3 = 14(^{\circ}\text{C}) [3];$
- коефіцієнт теплопередачі першої секції:  $K_1 = 500 (\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) [5];$
- коефіцієнт теплопередачі другої секції:  $k_2 = 350 (\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) [5];$
- коефіцієнт теплопередачі третьої секції:  $k_3 = 110 (\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) [5];$

Застосуємо протитечійну схему охолодження високо жирних вершків.

Температура розсолу на вході і виході секції:

$$t_{p1n} = -7(^{\circ}\text{C}), [3]; \quad t_{p1\kappa} = -1(^{\circ}\text{C}), [3];$$

$$t_{p2n} = -7(^{\circ}\text{C}), [8]; \quad t_{p2\kappa} = -1(^{\circ}\text{C}), [8];$$

$$t_{p3n} = -7(^{\circ}\text{C}), [8]; \quad t_{p3\kappa} = -1(^{\circ}\text{C}), [8];$$

Теплоємність продукту: [8];

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

де  $C_n$  - теплоємність пахти,  $Дж/(кг \cdot ^\circ C)$ ;

$$C_n = 3920 + 1,5 \cdot t, [6];$$

$C_{жс}$  - теплоємність молочного жиру,  $Дж/(кг \cdot ^\circ C)$ ;

$\psi$  - вміст молочного жиру в продукті (для масла любительського  $\psi = 0,8$ )[8];

Розрахуємо величину теплоємності продукту по температурах секції: [8]

$$C_{no} = 3920 + 1,5 \cdot t_0 = 3920 + 1,5 \cdot 65 = 4,018 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_{жсo} = 1870 + 33 \cdot t_0 = 1870 + 33 \cdot 65 = 4,015 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_o = C_{жсo} \cdot \psi + C_{no} \cdot (1 - \psi) = 4018 \cdot 0,8 + 4015 \cdot 0,8 = 4,016 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_{n1} = 3920 + 1,5 \cdot t_1 = 3920 + 1,5 \cdot 35 = 3,973 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_{жс1} = 1870 + 33 \cdot t_1 = 1870 + 33 \cdot 35 = 3,025 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_1 = C_{жс1} \cdot \psi + C_{n1} \cdot (1 - \psi) = 3973 \cdot 0,8 + 3025 \cdot 0,8 = 3,215 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_{n2} = 3920 + 1,5 \cdot t_2 = 3920 + 1,5 \cdot 18 = 3,947 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_{жс2} = 1870 + 33 \cdot t_2 = 1870 + 33 \cdot 18 = 2,464 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_2 = C_{жс2} \cdot \psi + C_{n2} \cdot (1 - \psi) = 2464 \cdot 0,8 + 3947 \cdot 0,8 = 2,761 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_{n3} = 3920 + 1,5 \cdot t_3 = 3920 + 1,5 \cdot 14 = 3,941 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_{жс3} = 1870 + 33 \cdot t_3 = 1870 + 33 \cdot 14 = 2,332 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

$$C_3 = C_{жс3} \cdot \psi + C_{n3} \cdot (1 - \psi) = 3941 \cdot 0,8 + 2332 \cdot 0,8 = 2,654 \cdot 10^3 (Дж/(кг \cdot ^\circ C));$$

Розраховуємо режим роботи І секції:

- діаметр барабанної мішалки І секції:

$$d_{\delta 1} = 0,295(\text{м});$$

- діаметр внутрішнього (охолоджуючого) циліндра І секції:

$$d_{ox1} = 0,315(\text{м});$$

- площа вільного січення, по якому йде продукт [5];

$$f_{\Pi 1} = \frac{\pi(d_{ox1}^2 - d_{\delta 1}^2)}{4 \cdot \eta_{об}};$$

$$f_{\Pi 1} = \frac{3,14 \cdot (0,315^2 - 0,295^2)}{4 \cdot 0,8} = 0,01198(\text{м}^2);$$

Площа теплообмінної поверхні:

$$F_{TO} = \pi \cdot d_{ox1} \cdot L_y = 3,14 \cdot 0,315 \cdot 0,55 = 0,544(\text{м}^2)$$

Тоді швидкість руху продукту в І секції, [5];

$$\omega_{\Pi 1} = \frac{m_{зод}}{3600 \cdot f_{\Pi 1} \cdot \rho_{\Pi}} = \frac{850}{3600 \cdot 0,01198 \cdot 980} = 0,014(\text{м} / \text{с});$$

$$\tau_1 = \frac{L_y}{\omega_{\Pi 1}} = \frac{6,55}{0,014} = 38,735(\text{с})$$

Споживчу потужність барабанної мішалки визначимо за формулою:

$$N_P = K_N \cdot d_{екв}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\Pi},$$

де  $K_N$  - коефіцієнт потужності

$$d_{екв} = \sqrt{\frac{4f_{\Pi 1}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,01198}{3,14}} = 0,123;$$

$$\text{Re} = \frac{n \cdot d_{екв}}{60\mu_{\Pi}} = \frac{2,5 \cdot 0,123}{60 \cdot 1,73 \cdot 10^{-5}} = 297,425;$$

Для  $\text{Re}_z = 297,425$  -  $K_N = 0,31; [3];$

$$N_{P1} = K_N \cdot d_{екв}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\Pi} = 0,31 \cdot 0,123^5 \cdot 2,5^3 \cdot 980 = 0,136(\text{кВт})$$

Розрахуємо режим роботи II секції.

- діаметр барабанної мішалки II секції:

$$d_{\delta 2} = 0,275(\text{м});$$

- діаметр внутрішнього (охолоджуючого) циліндра II секції:

$$d_{ox2} = 0,315(\text{м});$$

- площа вільного січення, по якому йде продукт [3];

$$f_{\Pi 2} = \frac{\pi(d_{ox2}^2 - d_{\delta 2}^2)}{4 \cdot \eta_{об}} = \frac{3,14 \cdot (0,315^2 - 0,275^2)}{4 \cdot 0,8} = 0,02317(\text{м}^2).$$

Тоді швидкість руху продукту в другій секції, [3];

$$\omega_{\Pi 2} = \frac{m_{зод}}{3600 \cdot f_{\Pi 2} \cdot \rho_{\Pi}} = \frac{850}{3600 \cdot 0,02317 \cdot 980} = 7,34 \cdot 10^{-3}(\text{м/с});$$

Час перебування продукту в другій секції [3];

$$\tau_2 = \frac{L_u}{\omega_{\Pi 2}} = \frac{0,55}{7,34 \cdot 10^{-3}} = 74,929(\text{с})$$

Визначаємо споживчу потужність: [5];

барабанної мішалки другої секції:

$$d_{екв} = \sqrt{\frac{4f_{\Pi 2}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02317}{3,14}} = 0,172;$$

$$Re_Z = 413,27 \quad - \quad K_N = 0,42; [3];$$

$$N_{P2} = K_N \cdot d_{екв}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\Pi} = 0,42 \cdot 0,172^5 \cdot 2,5^3 \cdot 980 = 0,961(\text{кВт}).$$

Розрахуємо режим роботи III секції.

- діаметр барабанної мішалки III секції:

$$d_{\delta 3} = 0,255(\text{м});$$

- діаметр внутрішнього (охолоджуючого) циліндра III секції:

$$d_{ox3} = 0,315(\text{м});$$

- площа вільного січення, по якому йде продукт [8];

$$f_{\Pi 3} = \frac{\pi(d_{ox3}^2 - d_{\delta 3}^2)}{4 \cdot \eta_{об}} = \frac{3,14 \cdot (0,315^2 - 0,255^2)}{4 \cdot 0,8} = 0,03358(\text{м}^2).$$



Тоді швидкість руху продукту в другій секції, [3];

$$\omega_{ПЗ} = \frac{m_{зод}}{3600 \cdot f_{ПЗ} \cdot \rho_{П}} = \frac{850}{3600 \cdot 0,03358 \cdot 980} = 5,065 \cdot 10^{-3} (м/с);$$

Час перебування продукту в третій секції [5];

$$\tau_3 = \frac{L_{\eta}}{\omega_{ПЗ}} = \frac{0,55}{5,065 \cdot 10^{-3}} = 108,584 (с)$$

Визначаємо споживчу потужність барабанної мішалки третьої секції [5]:

$$d_{екв} = \sqrt{\frac{4f_{ПЗ}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,03358}{3,14}} = 0,207;$$

$$Re_Z = \frac{n \cdot d_{екв}}{60\mu_{П}} = \frac{2,5 \cdot 0,207}{60 \cdot 1,73 \cdot 10^{-5}} = 497,979;$$

Для  $Re_Z = 497,979$  -  $K_N = 0,58$ ; [8];

$$N_{P3} = K_N \cdot d_{екв}^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{П} = 0,58 \cdot 0,207^5 \cdot 2,5^3 \cdot 980 = 3,356 (кВт).$$

Загальна витрата потужності

$$N = N_{P1} + N_{P2} + N_{P3} = 0,136 + 0,961 + 3,356 = 4,454 (кВт).$$

### 3.1.2. Визначення потреби в холодоносії для охолодження продукту

З першої секції слід відвести теплоти за годину: [8];

$$Q_1 = m_{\text{зод}} \cdot c_0 \cdot t_0 - m_{\text{зод}} \cdot c_1 \cdot t_1 = 600 \cdot 4016 \cdot 65 - 600 \cdot 3215 \cdot 35 = 8,91 \cdot 10^7 \text{ (Дж)}.$$

З другої секції слід відвести теплоти за годину: [8];

$$Q_2 = m_{\text{зод}} \cdot c_1 \cdot t_1 - m_{\text{зод}} \cdot c_2 \cdot t_2 = 600 \cdot 3215 \cdot 35 - 600 \cdot 2761 \cdot 18 = 3,769 \cdot 10^7 \text{ (Дж)}.$$

З врахуванням температури фазового перетворення масла при кристалізації [8];

$$\Delta h = 25100 \cdot m_{\text{зод}} = 25100 \cdot 600 = 1,506 \cdot 10^7;$$

$$Q_2 = Q_2 + \Delta h = 3,769 \cdot 10^7 + 1,506 \cdot 10^7 = 5,275 \cdot 10^7 \text{ Дж.}$$

З третьої секції слід відвести:

$$Q_2 = m_{\text{зод}} \cdot c_2 \cdot t_2 - m_{\text{зод}} \cdot c_3 \cdot t_3 = 600 \cdot 2761 \cdot 18 - 600 \cdot 2654 \cdot 14 = 7,523 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

Загальна кількість теплоти, яку слід відвести:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 8,91 \cdot 10^7 + 5,275 \cdot 10^7 + 7,523 \cdot 10^6 = 1,494 \cdot 10^8 \text{ Дж.}$$

З врахуванням теплових втрат по холодоносію на рівні 15 % кількості необхідного росолу по секціях при його теплоємності  $C_p = 4190 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ . [8];

$$W_1 = \frac{1,15 Q_1}{C_p (t_{p1k} - t_{p1n})} = \frac{1,15 \cdot 8,91 \cdot 10^7}{4190(-1 - (-7))} = 4,076 \cdot 10^3 \text{ кг};$$

$$W_2 = \frac{1,15 Q_2}{C_p (t_{p2k} - t_{p2n})} = \frac{1,15 \cdot 5,275 \cdot 10^7}{4190(-1 - (-7))} = 2,413 \cdot 10^3 \text{ кг};$$

$$W_3 = \frac{1,15 Q_3}{C_p (t_{p3k} - t_{p3n})} = \frac{1,15 \cdot 7,523 \cdot 10^6}{4190(-1 - (-7))} = 338,232 \text{ кг.}$$

Загальна потреба в холодоносії

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 4,076 \cdot 10^3 + 2,413 \cdot 10^3 + 338,232 = 6827,232 \text{ кг.}$$

### 3.2. Структурна схема маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

Трициліндровий маслоутворювач Т1-ОМ-2Т представляє собою трициліндровий скребковий теплообмінник з витиснювальним барабаном.

На схемі три секції маслоутворювача приводяться у дію одним електродвигуном через пасову та ряд ланцюгових передач. Обертання барабанів відбувається у одну сторону.

При створенні та аналізі конструкції машини важливим є представлення її структури у вигляді структурної схеми. Нанесення умовних позначень і ліній на структурній схемі починають від електродвигуна і закінчують робочими органами чи виконавчими механізмами.

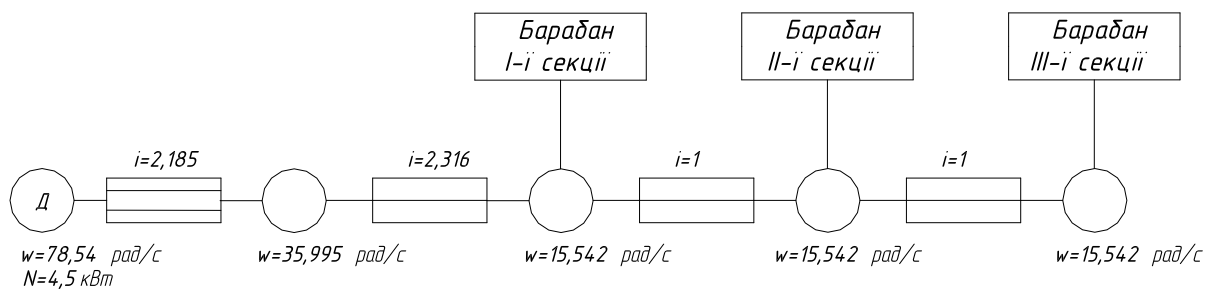


Рисунок 3.1. – Структурна схема маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

### 3.3. Кінематичний розрахунок маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

На кінематичній схемі показують плоске або перспективне зображення взаємозв'язку всіх механізмів і ланок, що дає представлення про порядок приєднання механізмів, розподіл потоків енергії і кінематичних зв'язків елементів машини, які зображаються у вигляді умовних графічних позначень або спрощених зовнішніх окреслень елементів машини.

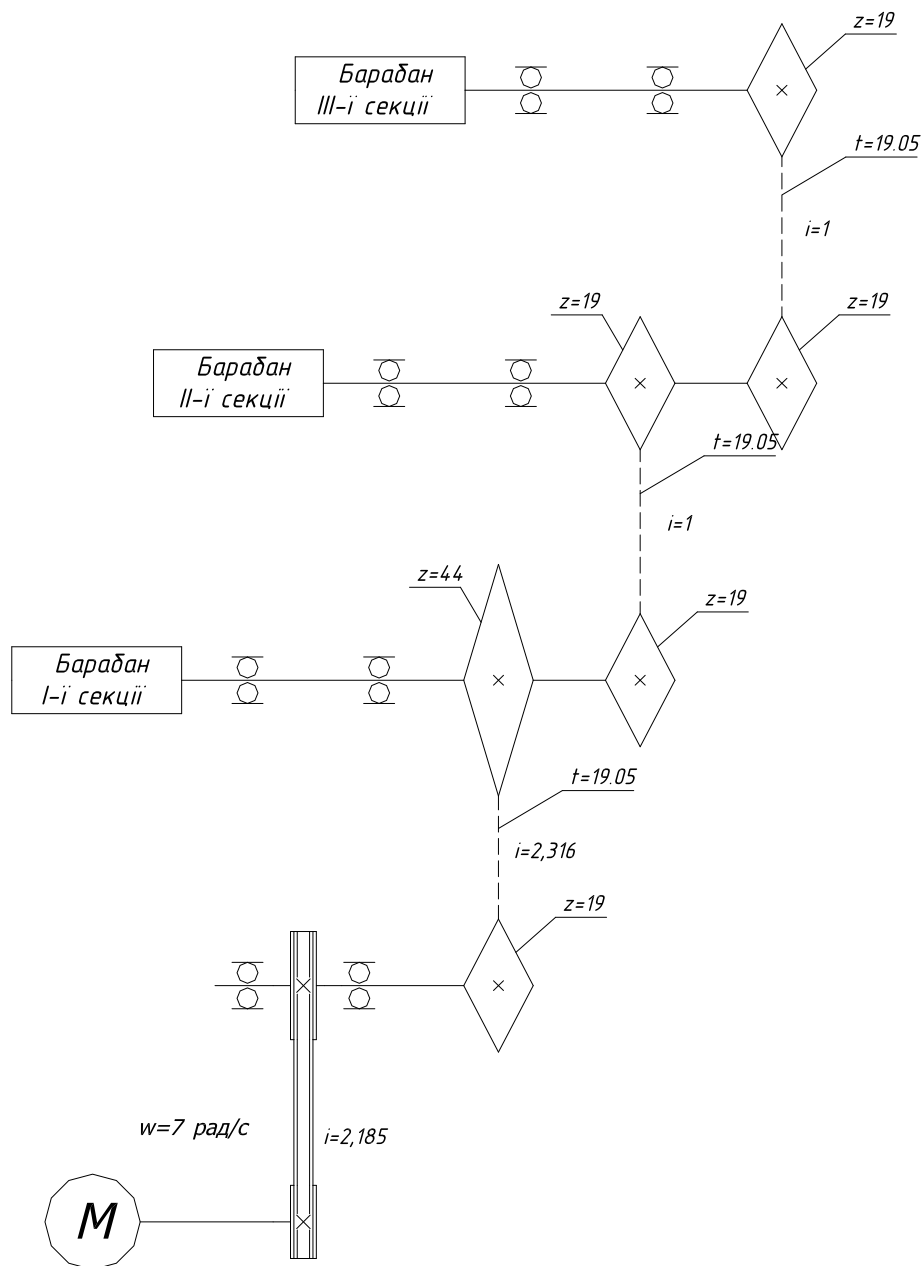


Рисунок 3.2. – Кінематична схема маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

Привід трициліндрового маслоутворювача Т1-ОМ-2Т будемо здійснювати від асинхронного електродвигуна марки 4А100М2Р2 з наступними характеристиками, [10];

- робоча потужність  $N_{\partial\partial} = 4,6(\text{кВт})$ ,
- частота обертання вала  $n_{\partial\partial} = 750(\text{об / хв})$ ,
- коефіцієнт корисної дії  $\eta_{\partial\partial} = 0,85$ ,
- крутний момент на виході  $T_{\partial\partial} = 490(\text{Н} \cdot \text{м})$ ,
- маса  $m_{\partial\partial} = 35(\text{кг})$ ;

Для передачі крутного моменту на циліндри використаємо пасову і ланцюгову передачі. Розрахуємо необхідне передаточне число.

Частота обертання мішалок маслоутворювача :  $n = 150 \text{ об/хв}$ , [10];

Необхідне передаточне число, [10];

$$n_{\text{необх}} = \frac{n_{\partial\partial}}{n} = \frac{750}{150} = 5;$$

Вибираємо діаметри шківів пасової передачі, [10];

$$D_{n2} = 0,240(\text{м});$$

$$D_{n1} = 0,110(\text{м});$$

Передаточне число пасової передачі, [10];

$$n_n = \frac{D_{n2}}{D_{n1}} = \frac{0,240}{0,110} = 2,182;$$

Необхідне передаточне число ланцюгової передачі, [10];

$$u_{\text{л}} = \frac{u_{\text{необх}}}{u_n} = \frac{5}{2,182}; \quad u_{\text{л}} = 2,292;$$

Приймаємо попередньо діаметр більшого шківа [10];

$$D_{n12} = 0,240(\text{м});$$

Необхідний ділильний діаметр ведучого колеса [10];

$$D_{n11} = \frac{D_{n12}}{u_{\lambda}} = \frac{0,240}{2,292} = 0,105(\text{м}).$$

Попередньо кутові швидкості обертання валів [10];

- вал електродвигуна:

$$\omega_{\partial\partial} = n_{\partial\partial} \cdot 360 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \frac{1}{60} = 750 \cdot 360 \cdot \frac{3,14}{180} \cdot \frac{1}{60} = 78,54(\text{рад} / \text{с}).$$

- веденого вала пасової передачі:

$$\omega_{n\partial} = \frac{n_{\partial\partial}}{u_n} \cdot 360 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \frac{1}{60} = \frac{750}{2,182} \cdot 360 \cdot \frac{3,14}{180} \cdot \frac{1}{60} = 35,987(\text{рад} / \text{с});$$

- веденого вала ланцюгової передачі:

$$\omega_{л\partial} = \frac{u_{\partial\partial}}{u_{\lambda} \cdot u_n} \cdot 360 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \frac{1}{60} = \frac{750}{5} \cdot 360 \cdot \frac{3,14}{180} = 15,708(\text{рад} / \text{с});$$

По секціях споживані потужності відповідно рівні:

$$N_{p1} = 0,136(\text{кВт});$$

$$N_{p2} = 0,961(\text{кВт});$$

$$N_{p3} = 3,356(\text{кВт});$$

Сумарна потужність:

$$N_1 = N_{p1} + N_{p2} + N_{p3} = 0,136 + 0,961 + 3,356 = 4,453(\text{кВт}).$$

### 3.4. Конструювання і розрахунок окремих елементів маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

#### 3.4.1. Розрахунок клинопасової передачі маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

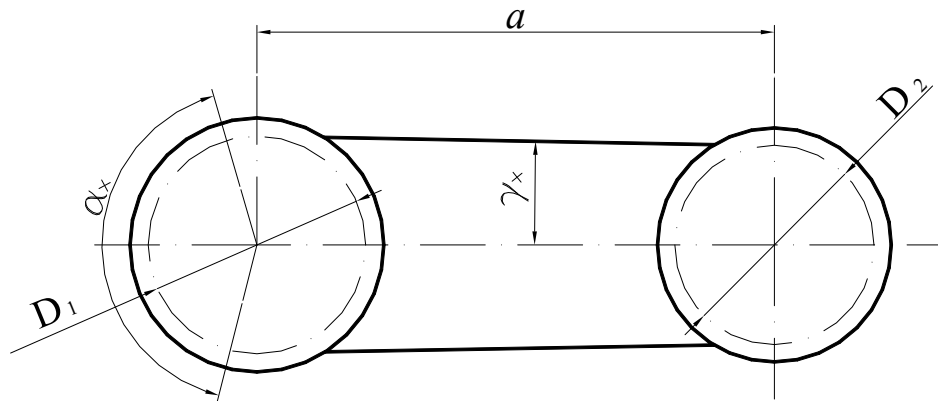


Рисунок 3.3. – Розрахункова схема клинопасової передачі приводу  
маслоутворювача ТОМ-Л

Частота обертання ведучого шківа  $n_{\text{дв}} = n_1 = 750$  об/хв.

Крутний момент на ведучому валу:

$$T_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_1} = \frac{4600}{78,5} = 58,5 \text{ Нм};$$

Діаметр ведучого шківа визначається за формулою:

$$d_1 \approx (3 \div 4) \cdot \sqrt[3]{T_{\text{дв}}} \approx 3 \cdot \sqrt[3]{58,5 \cdot 10^3} = 110 \text{ мм};$$

Діаметр веденого шківа, мм:

$$d_2 = d_1 \cdot U_n = 110 \cdot 2,185 = 240 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр веденого шківа  $d_2 = 240$  мм.

Фактичне передаточне число передачі:

$$U = \frac{240}{110} = 2,185$$

Вибираємо пас тип Б [4, рис.74]

Міжосьову відстань визначається в інтервалі:

$$a_{\min} = 0.55(d_1 + d_2) + T_0 = 0.55(110 + 240) + 10,5 = 203, \text{ мм}$$

$$a_{\max} = 2(d_1 + d_2) = 2(110 + 240) = 700, \text{ мм}$$

де  $T_0$  - висота січення паса, [4, табл.7.7,]  $T_0 = 10.5$

Визначаємо довжину паса, мм:

$$L_p = 2a + 0.5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \cdot 500 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (110 + 240) + \frac{(240 - 110)^2}{4 \cdot 500} = 1557$$

Приймаємо довжину паса  $L = 1600 \text{ мм}$

Уточнюємо міжосьову відстань, мм:

$$a = 0.25 \cdot \left( (L_p - \omega) + \sqrt{(L_p - \omega)^2 - 2y} \right) = 0.25 \cdot ((1600 - 549.5) + \sqrt{(1600 - 549.5)^2 - 2 \cdot 16900}) = 548$$

де  $L_p$  - розрахункова довжина паса;

$$\omega = 0.5\pi(d_1 + d_2) = 0,5\pi(110 + 240) = 549.5$$

$$y = (d_2 - d_1)^2 = (240 - 110)^2 = 16900$$

Кут обхвату меншого шківів:

$$\alpha_1^0 = 180 - 57 \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 57 \frac{240 - 110}{548} = 166^0$$

Розрахункова швидкість паса, м/с:

$$v = 0.5 \cdot d_1 \cdot \omega_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.110 \cdot 750}{60} = 4.3 \text{ м/с}$$

Допустима потужність на 1 мм ширини паса:

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_x \cdot C_p \cdot C_z$$

де  $P_0$  - потужність, яка допускається для передачі одним пасом, кВт [4, табл.7,8]  $P_0 = 1,2$

$C_\alpha$  - коефіцієнт кута обхвату:

$$C_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180 - \alpha_1) = 1 - 0,003 \cdot (180 - 166) = 0,958$$

$C_x$  - коефіцієнт, що враховує вплив швидкості паса:

$$C_x = 1,04 - 0,0004 \cdot v^2 = 1.032$$

$C_p$  - коефіцієнт режиму роботи:  $C_p = 1$



$C_z = 0.8$  - коефіцієнт враховуючий розміщення передачі

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_x \cdot C_p \cdot C_z = 1,2 \cdot 0,958 \cdot 1,032 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,95 \text{ кВт}$$

Кількість пасів, які працюють паралельно:

$$z = \frac{P \cdot C_p}{[P]} = \frac{4,6 \cdot 1}{0,95} = 4,84$$

Приймаємо 5 пасів.

Натяг вітки паса визначаємо за формулою:

$$F_0 = \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_x}{z \cdot v \cdot C_\alpha} + \Theta \cdot v^2$$

де  $\Theta = 0,18$  - коефіцієнт, який враховує відцентрову силу,  $(\text{Н} \cdot \text{с}^2) \cdot \text{м}^{-2}$

$$F_0 = \frac{850 \cdot 4,6 \cdot 1 \cdot 1,032}{5 \cdot 4,3 \cdot 0,958} + 0,18 \cdot 0,928^2 = 196 \text{ Н.}$$

Навантаження на вали пасової передачі, Н

$$F_\epsilon = 2F_0 z \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 196 \cdot 5 \cdot \sin \frac{166}{2} = 474 \text{ Н.}$$

### 3.4.2. Конструктивний розрахунок ланцюгової передачі

Потужність на валу ведучої зірочки  $P_1 = \frac{P_o}{i_n} = \frac{4,6}{2,185} = 2,1$  (кВт);

Потужність на валу веденої зірочки  $P_2 = \frac{P_o}{i_n \cdot i_{\lambda}} = \frac{4,6}{2,185 \cdot 2,316} = 0,9$  (кВт);

Кутова швидкість ведучої зірочки  $\omega_1 = 35,9$  (с<sup>-1</sup>)

Передаточне число  $i_{\lambda} = 2,316$

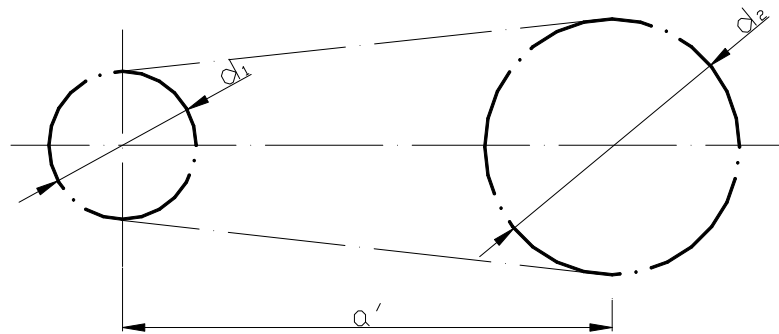


Рисунок 3.4. — Схема ланцюгової передачі

На валу ведучої зірочки обертовий момент:

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} = \frac{2,1 \cdot 1000}{35,9} \quad T_1 = 58,5 \text{ (Нм)}$$

Якщо припустити, що крок ланцюга не буде більш, ніж 19,05 мм, то для  $\omega_1 = 36$  (рад/с) можна вибрати число зубців ведучої зірочки  $z_1 = 19$ . Тоді число зубців веденої зірочки  $z'_2 = u \cdot z_1 = 2,316 \cdot 19 = 44,004$

Вибираємо  $z_2 = 44$

Орієнтовне значення кроку ланцюга

$$P' = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1}{z_1}} \quad P' = 18,91 \text{ (мм)}$$

До розрахунку вибираємо роликівий ланцюг ПР-19.05-3180[7] з кроком  $P = 19,05$  мм; площею опорної поверхні шарнірна  $A_{оп} = 106$  мм<sup>2</sup>; з руйнівним навантаженням  $F_{PH} = 31,8$  кН. Маса 1м ланцюга  $q = 1,9$  кг/м.

Швидкість ланцюга

$$v = \frac{P \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \cdot z_1}{2 \cdot \pi} \quad v = 2,11 \text{ (м/с)}$$

Орієнтовно визначаємо міжосьову віддасть передачі

$$a' = 40 \cdot P \quad a' = 762 \text{ (мм)}$$

Число ланок ланцюга:

$$W' = 2 \cdot \frac{a'}{P} + 0,5 \cdot (z_1 + z_2) + \frac{P}{a'} \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2} \quad W' = 104,091$$

Вибираємо  $W = 104$

Розрахункова міжосьова відстань:

$$a_0 = \frac{P}{4} \left[ W - 0,5 \cdot (z_1 - z_2) + \sqrt{[W - 0,5 \cdot (z_1 + z_2)]^2 - 8 \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2}} \right] \quad a_0 = 761,3 \text{ (мм)}$$

Міжосьова відстань із забезпеченням провисання веденої вітки

$$a = a_0 - 0,003 \cdot a_0 \quad a = 758,847 \text{ (мм)}$$

Ділильні діаметри зірочок

$$d_1 = \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_1}\right)} \quad d_1 = 182,247 \text{ (мм)}$$

$$d_2 = \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_2}\right)} \quad d_2 = 109,705 \text{ (мм)}$$

Номінальне корисне навантаження ланцюга:

$$F_t = 2 \frac{T_1 \cdot 1000}{d_1} \quad F_t = 1.207 \times 10^3 \text{ (Н)}$$

Максимальне навантаження ланцюга при пуску передачі:

$$F_{t \max} = K_n \cdot f_t \quad F_{t \max} = 2.656 \times 10^3 \text{ (Н)}$$

Максимальна сила, яка діє на вали передачі:

$$R_{\max} = 1.15 \cdot F_{t \max} \quad R_{\max} = 3.054 \times 10^3 \text{ (Н)}$$

### 3.4.3. Розрахунок показників надійності пасової передачі

Розрахуємо імовірність безвідмовної роботи швидкохідної клинопасової передачі та коефіцієнт необхідного зниження навантаження з такими параметрами:

- діаметр ведучого шківів  $D_1 = 110$  мм,
- діаметр веденого шківів  $D_2 = 240$  мм,
- передаточне число пасової передачі  $i = 2,185$ ,
- частота обертання веденого шківів  $n = 750$  об/хв,
- потужність, що передається  $N = 4,16$  кВт,
- кількість циклів навантаження  $N = 10^8$ ,

Швидкість паса  $v$  визначимо за формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 750}{60 \cdot 1000} = 4,3 \frac{m}{c};$$

Кут обхвату:

$$\alpha = 180^\circ - 57^\circ \cdot \left( \frac{D_1 - D_2}{a} \right) = 180^\circ - 57^\circ \cdot \left( \frac{240 - 110}{548} \right) = 166^\circ$$

Потужність, яку передає один пас знайдемо за формулою:

$$N_0 = \frac{N}{k_1 \cdot k_2 \cdot z}$$

де  $N$  – потужність, що передається передачею, кВт;

$k_1$  – коефіцієнт, що залежить від кута обхвату;

$k_2$  – коефіцієнт, що залежить від характеру навантаження і режиму роботи.

$z$  – кількість пасів.

По табл. 30 ([1] ст.491) знаходимо  $k_1 = 0,98$ .

По табл. 31 ([1] ст.491) знаходимо  $k_2 = 0,92$ .

Тоді

$$N_0 = \frac{N}{k_1 \cdot k_2 \cdot z} = \frac{4,6}{0,98 \cdot 0,92 \cdot 5} = 1,02 \text{ кВт.}$$

По табл. 32 ([1] ст.492) вибираємо переріз В.

Довжина паса та решта параметрів паса беремо з розділу 3.1.

Кількість перебігів паса:

$$u = \frac{v}{L} = \frac{4,3}{1,6} = 2,68.$$

Згідно рекомендацій приймаємо  $\sigma_0 = 1,2 \text{ Н / мм}^2$ .  $\varphi_0 = 1,5$ ,  $s \approx 1,3$

$$[\sigma_t]_0 = \frac{2 \cdot \varphi_0 \sigma_0}{s} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1,2}{1,3} = 2,77 \text{ МПа.}$$

Допустиме питоме кругове зусилля

$$[\sigma_t] = [\sigma_t]_0 \cdot C_\alpha \cdot C_v \cdot C_p = 2,77 \cdot 0,97 \cdot 0,76 \cdot 0,9 = 1,84.$$

Кругове зусилля

$$P = \frac{N}{v} = \frac{4600}{4,3} = 1069 \text{ Н.}$$

Площу перерізу паса знайдемо за табл.6.10 ([3] ст.126)  $F = 230 \text{ мм}^2$ .

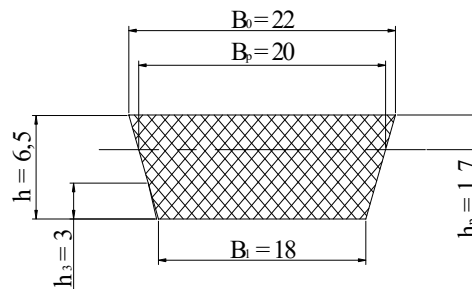


Рисунок 3.5. – Поперечний переріз паса клинового

Середнє квадратичне відхилення несучої здатності визначимо приймаючи за рекомендаціями  $C = 30$ ,  $m = 11$ .

$$S_R = \frac{C}{\bar{N}^{1/m}} \left[ 1 - \frac{1}{(1 + vN)^{\frac{1}{m}}} \right] = \frac{30}{(10^8)^{1/11}} \left[ 1 - \frac{1}{(1 + 23,9 \cdot 10^8)^{1/11}} \right] = 4,8.$$

Граничне по несучій здатності напруження:

$$\sigma_R = \frac{C}{N^{1/m}} = \frac{30}{(10^8)^{\frac{1}{11}}} = 5,6 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт варіації:

$$\nu_R = \frac{S_R}{\sigma_R} = \frac{4,8}{5,6} = 0,857.$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$\bar{n} = \frac{\sigma_R}{\sigma_F} = \frac{5,6}{2,77} = 2,02.$$

Квантиль нормального розподілу для багатопасової передачі

$$u_p = -\frac{\bar{n} - 1 - \mu(\bar{n}\nu_R + \nu_F)}{\varepsilon\sqrt{\bar{n}^2\nu_R + \nu_F}} = -\frac{2,02 - 1 - 0,545(2,02 \cdot 0,857 + 0,03)}{0,85\sqrt{2,02^2 \cdot 0,857^2 + 0,03^2}} = -2,3.$$

Імовірність безвідмовної роботи Р за таблицею 7 становить  $P = 0,9893$

#### 3.4.4. Перевірний розрахунок вала витиснюючого барабану

Необхідно забезпечити виконання умови:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S]$$

де  $[S]$  – допустимий коефіцієнт запасу міцності рівний 1,5...2,5.

$S_\sigma$  – коефіцієнт запасу міцності по нормальних напруженнях;

$S_\tau$  – коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях.

Побудова епюр згинних моментів не є необхідною, оскільки згинний момент можна знайти знаючи силу від дії пасової передачі та довжину вала до небезпечного перерізу.

Коефіцієнт запасу міцності по нормальних напруженнях знайдемо за формулою:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma} \cdot \beta} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}$$

де  $\sigma_{-1}$  — границя витривалості при симетричному циклі згину,  $H/мм^2$ ;

$K_{\sigma}$  — ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

$\varepsilon_{\sigma}$  — масштабний фактор;

$\sigma_m, \sigma_a$  — середнє і амплітудне напруження циклу  $H/мм^2$ ;

$\psi_{\sigma}$  — коефіцієнт, що виражає співвідношення границь витривалості при симетричному і віднульовому циклах;

$\beta$  — коефіцієнт що враховує вплив чистоти поверхні (приймають 0,9...0,97 ([6] ст.157). Приймаємо  $\beta=0,95$ .

В даному випадку  $\sigma_m = 0$ , (симетричний цикл);  $\varepsilon_{\sigma} = 0,82$  ([6] ст.158, табл.8.1);  $K_{\sigma} = 1,85$  ([6] ст.162 табл.8.3) якщо концентратор напружень — виточка.

Згинний момент, що діє на вал:

$$M = F_g \cdot l = 474 \cdot 82 = 38,4 \cdot 10^3 \text{ Н*м.}$$

Амплітудне значення напруження знайдемо з умови міцності вала на згин:

$$\sigma_a = \frac{M}{0,1 \cdot d^3} = \frac{38,4 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 35^3} = 3,1 H / мм^2.$$

Для сталі  $\sigma_{-1} = (0,4...0,5) \cdot \sigma_{тим} = (0,4...0,5) \cdot 500 = 200..225 H / мм^2$ .

Приймаємо  $\sigma_{-1} = 220 H / мм^2$ .

Тоді

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma} \cdot \beta} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} = \frac{220}{\frac{1,85}{0,82 \cdot 0,95} \cdot 3,1 + 0} = 2,98$$

Коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях знайдемо за формулою:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau} \cdot \beta} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}$$

де  $\tau_{-1}$  — границя витривалості при симетричному циклі кручення,  $H/мм^2$ ;

$K_{\tau}$  — ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

$\varepsilon_{\tau}$  — масштабний фактор;

$\tau_m, \tau_a$  — середнє і амплітудне напруження циклу  $H/мм^2$ ;

$\psi_{\tau}$  — коефіцієнт, що виражає співвідношення границь витривалості при симетричному і віднульовому циклах.

Оскільки вал не піддається реверсуванню, то цикл навантаження віднульовий і  $\tau_m = \tau_a$ .

$\varepsilon_{\sigma} = \varepsilon_{\tau} = 0,82$  ([6] ст.158, табл.8.1);  $\psi_{\tau} = 0,1$  ([6] ст.158);  $K_{\tau} = 1,51$  ([6] ст.162 табл.8.3), якщо концентратор напружень — виточка;

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 220 = 128 H / мм^2.$$

Амплітудне значення напруження знайдемо з умови міцності вала на кручення:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{0,5 \cdot T}{0,2 \cdot d^3} = \frac{0,5 \cdot 58,5 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 50^3} = 1,17 H / мм^2.$$

Тоді:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau} \cdot \beta} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} = \frac{128}{\frac{1,51}{0,82 \cdot 0,95} \cdot 1,17 + 0,1 \cdot 2,44} = 50,01$$

Визначимо коефіцієнт запасу міцності:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{2,98 \cdot 50,01}{\sqrt{2,98^2 + 50,01^2}} = 2,98 \geq [S] = 1,5 \dots 2,5.$$

Отже забезпечується надійна робота вала.



### 3.5. Особливості монтажу, експлуатації та технічного обслуговування маслоутворювача T1-OM-2T

#### Монтаж маслоутворювача.

Маслоутворювач і стіл фасування встановлюється на рівній підлозі без кріплення. Регулювання їх за рівнем і схилом проводиться шляхом вгвинчування або вигвинчування опор, які після регулювання фіксуються контргайками.

Насос встановлюється в безпосередній близькості від ємностей з високожирними вершками.

Для полегшення транспортування ящиків з маслом в холодильну камеру рекомендується впритул до склизу столу фасування (з боку, протилежного робочому місцю оператора) змонтувати склиз, рольганг, транспортер або інші механізми транспортування (в комплект поставки не входять).

Після розміщення установки згідно складального креслення, слід провести під'єднання обладнання трубопроводами високожирних вершків і холодоносія згідно технологічній схемі.

Після монтажу необхідно провести перевірку водою каналів холодоносія і продуктової системи на герметичність. Щоб уникнути потрапляння крапель холодоносія і конденсату на трубопроводах вологи, цей трубопровід не рекомендується монтувати над маслоутворювачем.

Електричний монтаж установки повинен бути проведений відповідно до діючих правил включення електросилових установок. Особливу увагу слід звернути на підключення електродвигунів. Напрямок їх обертання повинен відповідати напрямку стрілок на приводах.

Підключення електродвигуна мотор-редуктора до електромережі дозволяється проводити електротехнічного персоналу, що має розряд не нижче третьої кваліфікаційної групи. Опір ланцюга не повинен перевищувати 0,1 Ом. Дуже важливим моментом є правильне з'єднання кінців обмоток. В паспорті на електродвигун і на таблиці його вказані

рекомендовані схеми підключення залежно від використовуваного електрозабезпечення на підприємстві. Порухення правил підключення електродвигуна і його експлуатації є причиною виникнення великих струмів в силовому ланцюзі або ланцюзі управління і виходу його з ладу.

#### Підготовка до роботи.

Перед початком роботи слід :

Ознайомитися з експлуатаційними документами на серійне обладнання та перевірити справність кожної одиниці обладнання.

Перевірити вірність приєднання продуктових трубопроводів подачі охолоджуючої рідини,

Перевірити, чи правильно підключено електричних з'єднань.

Перевірити вірність обертання електродвигуна маслоутворювача: вал обертається за годинниковою стрілкою з боку редуктора.

Масило насосів, редукторів, підшипникових вузлів виробляти згідно інструкції заводу-виготовлювача.

Перевірити напрямок обертання робочих органів насоса.

Перед запуском установки виконати мийку обладнання.

Після складання маслоутворювача необхідно провести ручну прокрутку приводу і переконатися, що обертання відбувається легко, без заїдань і сторонніх шумів.

Холодоносій слід подавати в маслоутворювач тільки після заповнення його водою або продуктом; вентиль на нагнітаючій стороні трубопроводу повинен бути відкритий так, щоб тиск холодоносія на нагнітаючій стороні, навіть при повністю відкритому виконавчому механізмі не перевищував  $1,5 \text{ кг/см}^2$ . Вентиль на виході холодоносія повинен бути завжди відкритий, а маховик з нього знятий. Цим вентилем слід користуватися тільки при ремонтних роботах.

Щоб уникнути псування продукту через попадання в нього холодоносія необхідно після монтажу, а в подальшому регулярно перед початком роботи перевіряти герметичність.

Після перевірки на герметичність необхідно приєднати трубопровід холодоносія. Перед пуском установки необхідно:

- відкрити кран зливних патрубків для доступу продукту в один з ящиків;
- переконатися, що вентиль обвідної лінії холодоносія закритий;
- перевірити заходи безпеки.

Технічне обслуговування і ремонт.

Довговічна і безвідмовна робота маслоутворювача залежить від правильного догляду за ним.

Технічне обслуговування маслоутворювача включає в себе такі види робіт:

- межремонтное обслуговування;
- профілактичні огляди;
- поточний ремонт;
- середній ремонт;
- капітальний ремонт.

Межремонтное обслуговування маслоутворювача є щоденною роботою. Виконується під час роботи і під час перерв в роботі.

Перелік робіт:

- відсутність сторонніх шумів в маслоутворювачі - на слух;
- герметичність ущільнень валів приводів - візуально;
- наявність мастила в редукторі і відповідність її умовам роботи - візуально;
- герметичність охолоджувача - візуально;
- герметичність трубопровідних з'єднань - візуально;
- перевірка захисного заземлення - візуально;
- стан кріпильних деталей – візуально.

Результати заносяться в «Журнал прийому - здачі зміни».

Огляд маслоутворювача проводиться 1 раз на місяць. Виконується, не порушуючи процес виробництва, в технологічні перерви між змінами і в неробочий час. Бажано графік оглядів поєднувати з графіком мийки обладнання. При цьому виконуються такі види робіт:

- зняття молокопроводів на установці;

- розбирання охолоджувача;
- огляд деталей вузла охолоджувача:
  - а) витік ущільнення вала,
  - б) протікання манжет редуктора,
  - в) знос поліамідних ножів на мешалках,
  - г) знос поліамідних втулок на розсолів пластинах,
  - д) знос фторопластової втулки в нажійній плиті,
  - е) знос вала охолоджувача;
- складання охолоджувачів;
- розбирання обробника;
- огляд деталей вузла обробника:
  - а) витік ущільнення вала,
  - б) знос мішалок,
  - в) знос кілець,
  - г) кільцевими ущільнювачами манжета,
  - д) муфта приводу вала,
  - е) кріпильні вироби,
- складання обробника;
- установка молокопроводів.

Визначається стан обладнання. Усуваються дрібні недоліки. Результати огляду заносяться в «Журнал прийому - здачі зміни».

Поточний ремонт маслоутворювача проводиться 1 раз в 3 місяці. виконується на місці. При цьому виконуються такі види робіт:

- зняття молокопроводів на установці;
- розбирання охолоджувача;
- огляд деталей вузла охолоджувача:
  - а) витік манжет редуктора,
  - б) знос розсолів пластин,
  - в) знос вала охолоджувача;
- огляд (при необхідності - заміна) деталей вузлів охолоджувачів:
  - а) витік ущільнення вала,
  - б) кільця ущільнювачів на продуктових пластинах,

- в) знос поліамідних ножів на мішалках,
  - складання охолоджувачів;
  - розбирання обробника та огляд його;
  - огляд деталей вузла обробника:
- а) знос мішалок,
- б) знос кілець,
- в) муфта приводу вала,
- г) кріпильні вироби,
  - огляд (при необхідності - заміна) деталей обробника:
- а) ущільнення вала обробника;
- в) кільцевими ущільнювачами манжета
  - перевірка стану підшипників обробника,
  - складання обробника;
  - установка молокопроводів.

Визначається стан обладнання. Усуваються дрібні недоліки. Виявлені при поточному ремонті маслоутворювача дефекти враховують при підготовці до середнього ремонту і заносяться в дефектну відомість.

#### 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕТВОРЕННЯ ВИСОКОЖИРНИХ ВЕРШКІВ НА МАСЛО У БАРАБАННИХ МАСЛОУТВОРЮВАЧАХ

##### 4.1. Механізм маслоутворення з високожирних вершків

Процес перетворення високожирних вершків в масло здійснюють в спеціальних апаратах - маслоутворювачах за допомогою інтенсивного охолодження і механічної обробки маси, ці процеси протікають одночасно. Високожирні вершки гвинтовим насосом подають в маслоутворювач, подача повинна бути рівномірною.

Зазвичай розрізняють три стадії перетворення високожирних вершків.

Перша стадія - інтенсивне охолодження високожирних вершків до температури початку кристалізації основної маси гліцеридів молочного жиру (23-25°C). При цьому продукт залишається емульсією жиру в плазмі і тривалий час не твердне. Швидкість охолодження на цій стадії найбільш висока. Також на цій стадії відбувається розрив ліцетіна-білкової оболонки жирового кульки. Стадія закінчується після досягнення високожирних вершками середньої температури, що дорівнює температурі початку дестабілізації жирової емульсії.

Друга стадія - дестабілізація жирової емульсії і кристалізація гліцеридів при одночасному подальшому охолодженні і інтенсивному перемішуванні продукту. У цей момент спостерігається зниження в'язкості і стрибкоподібне збільшення кількості вільного рідкого жиру. Звернення фаз починається при досягненні високожирні вершками температури 16-18°C, при вмісті в них твердого жиру 1,5-2%. Перетворення фаз має швидкий перебіг. У разі припинення процесу на цій стадії масло має грубу крихку консистенцію. Швидкість охолодження на цій стадії набагато менше, ніж на першій стадії.

Третя стадія - зона кристалізації продукту, формується структура масла. Різко збільшується в'язкість, що вказує на початок масової

кристалізації гліцеридів, тобто утворюється просторова структура кристалізаційно-коагуляційного типу. На цій стадії закінчується дестабілізація. Інтенсивне перемішування запобігає утворенню великих кристалів, рівномірно розподіляє тверду і рідку фази жиру. У незруйнованому стані в емульсії зберігається лише незначна частина жиру (2-6%), у вигляді найбільш дрібних жирових кульок.

Показниками ефективності процесу маслоутворення можна прийняти: швидкість і температурний діапазон охолодження на першій стадії; ступінь дестабілізації жирової емульсії на другій стадії; інтенсивність обробки, яка визначається інтенсивністю механічного впливу і тривалістю обробки кристалізується маси продукту на третій стадії.

Перетворення високожирних вершків в масло в маслоутворювачі є складним фізико-хімічним процесом, не до кінця вивченим.

Механізм маслоутворення можна представити таким чином.

У високожирних вершках досягнута максимальна концентрація і зближення жирових кульок, які дуже щільно упаковані - між великими і середніми розташовуються більш дрібні. Між жировими кульками утворюється дуже тонкий адсорбційно-гідратний прошарок. Незважаючи на максимальне зближення поверхонь жирових кульок, мимовільного руйнування їх ліпопротеїнових оболонок не відбувається, поки вони перебувають при температурі вище точок затвердіння молочного жиру і поки зберігаються міцні структурні зв'язки між гліцеридним ядром і оболонкою. Високожирні вершки зберігають властивості висококонцентрованих емульсій прямого типу, володіючи коагуляційною структурою.

Процеси перетворення фаз і утворення первинної структури масла проходять в маслоутворювачі при охолодженні і перемішуванні вершків в тонкому шарі. Інтенсивність цих процесів зростає з підвищенням швидкості охолодження і інтенсивності перемішування високожирних вершків.

У маслоутворювачі охолодження і перемішування вершків проходить одночасно з перетворенням фаз. При контакті тонкого шару вершків з дуже

холодною стінкою маслоутворювача (-2 ...- 7°C) вони швидко охолоджуються і утворюють на ній затверділий шар, що викликає утворення великого числа центрів кристалізації всередині жирових кульок і виникають передумови для утворення змішаних кристалів.

Зняті ножами охолоджені затверділі шари дестабілізованих високожирних вершків, в яких в значній мірі пройшли перетворення фаз і агрегація, перемішуються і нагріваються. При цьому велика частина легкоплавкого затверділого жиру розплавляється. Рідкий жир, виділений з дестабілізованих жирових кульок і при частковому розплавленні затверділого жиру, знову утворює емульсію.

В процесі термомеханічної обробки високожирних вершків утворюється два типи емульсій: пряма - молочний жир в плазмі вершків - і зворотня - плазма вершків в молочному жирі. Спочатку переважає перший тип емульсій, у міру охолодження, механічної обробки і проходження звернення фаз вони врівноважуються, в кінці маслоутворення друга практично залишається єдиною і перетворюється в складну систему, в якій дисперсійним середовищем є рідкий жир, а фазами - кристалічний і затверділий жир, крапельки плазми і повітряні бульбашки.

Багаторазове перемішування різко охолоджених пристінних вершків з теплими призводить до зниження температури всієї маси в робочому об'ємі нижнього циліндра маслоутворювача до 18-22°C, що сприяє масовому утворенню центрів кристалізації переважно з високоплавких гліцеридів.

Оскільки затвердіння відбувається в умовах перемішування, то в затверділі групи включаються, крім високоплавких, середньоплавкі і частково легкоплавкі гліцериди. Пристінні шари вершків з великим числом центрів кристалізації, перемішуючись з рештою маси, грають роль затравки і тим самим прискорюють процеси затвердіння. Настає критичний момент лавинної дестабілізації оболонок жирових кульок, і відбувається перетворення фаз, що найбільш інтенсивно проходить при температурі від 18 до 22 ° C.



В отриманні масла якісної консистенції вирішальну роль грає не загальний механічний вплив на високожирні вершки в маслоутворювачі, а тривалість їх перемішування в зоні кристалізації. Саме в зоні кристалізації регулюється структура і консистенція масла. Масло якісної пластичної, досить термостійкої консистенції має коагуляційно-кристалічну структуру з перевагою коагуляційної.

Чим швидше вершки досягають зони кристалізації, чим нижче температура і чим довше вони обробляються в цій зоні, тим більше утворюється центрів кристалізації, тим більше твердне гліцеридів жиру, тим дрібніше будуть кристалічні утворення, тим сприятливіші умови для утворення в регульованих умовах структури коагуляційного типу і пластичної консистенції масла.

При перетворенні фаз рідкий жир утворює дисперсійне середовище. Адсорбційно-гідратні прошарки під дією поверхневих сил натягу утворюють дрібні крапельки плазми, які розподіляються в рідкому жирі поряд з кристалами і кристалітами жиру. У крапельки плазми можуть включатися окремі жирові кульки з незруйнованими оболонками.

Таким чином, процеси дестабілізації жирової дисперсії і емульгування рідкого жиру, кристалізація гліцеридів в жирових кульках і із розплаву молочного жиру в об'ємі перемішуваної маси проходять одночасно. Спочатку при підвищених температурах в вершках кристалізація відбувається переважно в пристінному шарі і в основному в жирових кульках, а при зниженні температури вершків до точки затвердіння високоплавких груп гліцеридів ( $18-20^{\circ}\text{C}$ ) і середньоплавких ( $12-15^{\circ}\text{C}$ ) кристалізація збільшується в об'ємі після перетворення фаз переважно проходить з розплаву жиру.

У другому циліндрі при температурі  $11-13^{\circ}\text{C}$  найбільш інтенсивно проходять процеси затвердіння жиру з виділенням значної кількості тепла, кристалізація гліцеридів жиру - процес екзотермічний. Тому необхідно

особливо інтенсивно охолоджувати другий циліндр, а також контролювати температуру і кількість подаваного розсолу.

У третьому циліндрі, де затвердіння, поліморфні і інші фазові зміни гліцеридів молочного жиру проходять особливо активно, в'язкість вершків різко підвищується. На перемішування таких вершків витрачається велика механічна енергія. При цьому виділяється значна кількість теплоти, і якщо не забезпечити її своєчасного відведення, то температура продукту підвищиться на 3-4 ° С. У той же час висока в'язкість перешкоджає інтенсивному проходженню фазових змін гліцеридів жиру і структуроутворенню масла. Щоб зменшити в'язкість системи, в третій циліндр подають утеплений розсіл з другого циліндра або крижану воду.

Параметри термомеханічної обробки маси, що кристалізується, визначають повноту перетворення, фазовий стан і характер утворення первинної структури масла після виходу з маслоутворювача. Характер первинного структуроутворення в маслоутворювачі регулюється температурними режимами, інтенсивністю і тривалістю термомеханічної обробки високожирних вершків в маслоутворювачі з урахуванням хімічного складу жиру.

Від завершеності процесів затвердіння і інших фазових змін гліцеридів, від структуроутворення залежить формування вторинної структури масла після виходу його з маслоутворювача.

Масло на виході з маслоутворювача має консистенцію густої текучої маси коагуляційної структури. У ньому міститься близько 12% твердого і кристалічного жиру у вигляді зародків середньо- і високоплавких гліцеридів, дрібнокристалічної маси (кристали і кристаліти). Витікаючи в ящик, воно швидко твердне завдяки процесам групового затвердіння гліцеридів на базі наявних зародкових кристалів, що бурхливо відбуваються. При цьому виділяється велика кількість тепла, і температура масла підвищується на 0,5-2,0 ° С. Підвищення температури більш ніж на 2 ° С вказує на помилково

вибраний режимів маслоутворення, на недостатнє затвердіння гліцеридів жиру в маслоутворювачі.

З підвищенням температури і тривалості обробки вершків в зоні кристалізації зменшується утворення центрів кристалізації гліцеридів жиру, і формування структури масла проходить після його виходу з апарату в умовах спокою і повільного охолодження моноліту масла з утворенням великих багат шарових кристалів і кристалітів, що зростаються один з одним. Виникають умови для виникнення кристалізаційної структури, яка буде переважати над коагуляційною. Це обумовлює формування тієї чи іншої вираженості вад консистенції: крихкості, зайвої твердості масла при знижених температурах ( $5-7^{\circ}\text{C}$ ) і нетермостійкості при температурах вище  $17^{\circ}\text{C}$ , коли масло втрачає форму і розпливається; при цьому може виділитися яскраво-жовтого кольору рідкий жир.

#### 4.2. Теоретичне дослідження перетворення вершків на барабанних маслоутворювачах

При виробництві вершкового масла з високо жирних вершків важливе значення для отримання якісного продукту має конструкція та термомеханічна обробка в кінцевій машині лінії масло утворювачі.

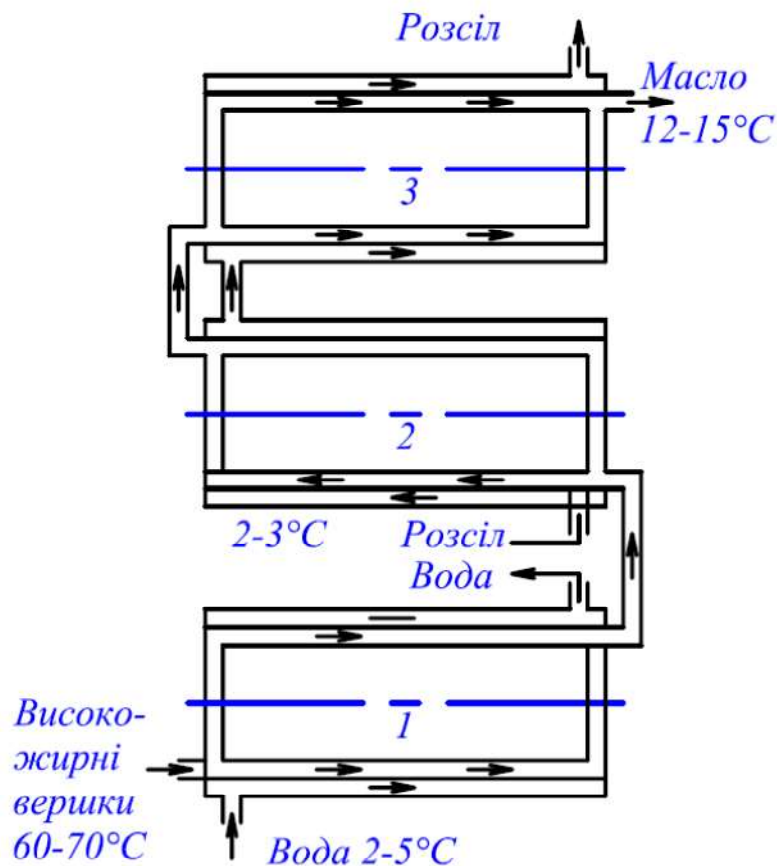


Рисунок 4.1 – Схема горизонтального трьохсекційного маслоутворювача

На рис. 4.1 показана схема горизонтального трьохциліндрового (трьохсекційного) маслоутворювача, а на рис. 4.2 поперечний переріз однієї секції.

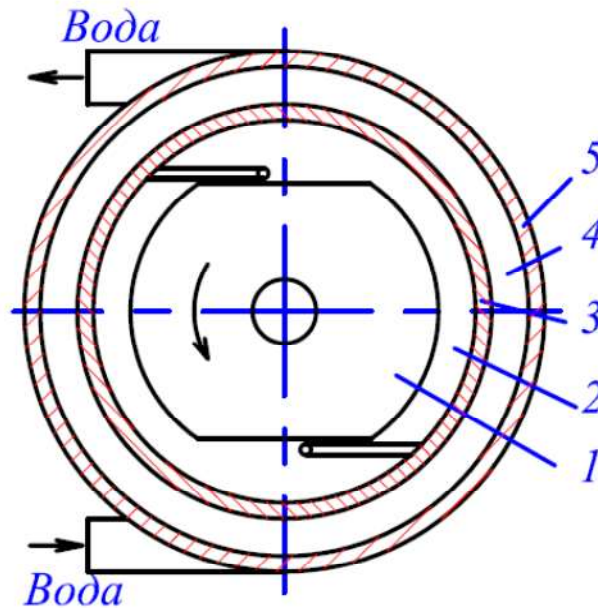


Рисунок 4.2. – Поперечний переріз секції маслоутворювача: 1 – мішалка барабанного типу з закріпленими на ній двома плоскими ножами; 2 – кільцевий простір, через який рухаються високо жирні вершки; 3 – охолоджуючий внутрішній циліндр; 4 – кільцевий простір для холодоносія; 5 – зовнішній циліндр.

До основних факторів, що впливають на процес виробництва масла методом перетворення відносять фізико-хімічні властивості молока відповідно до пори року, якості вершків, способи і температурний режим при їх отриманні, конструктивні параметри обладнання.

Об'єм вершків, що знаходяться в збивальному циліндрі масловиготовлювача безперервної дії:

$$V_p = 2\pi \cdot R \cdot L \cdot \delta, \text{ м}^3$$

де  $R$  - радіус циліндра, м;

$L$  - довжина циліндра, м

$\delta$  - зазор між лопаттю била та циліндром

$$\delta = R - r$$

$r$  - радіус била, м.

Продуктивність масловиготовлювача по збивальному циліндру:

$$G = \frac{V_p \cdot \rho \cdot 3600}{\tau_1}, \text{ кг/год.}$$

Величину  $\tau_1$  визначають дослідним шляхом, вона становить 2-5 сек

Мінімальне число обертів вала, при якому ще відбувається збивання вершків в масловиготовлювачі:

$$n_{min} = \frac{2.26}{d_{\bar{o}}}, \text{ об/с,} \quad (4.1)$$

де  $d_{\bar{o}}$  - діаметр била, м.

Продуктивність масловиготовлювача безперервної дії (за розмірами приймального бачка та діафрагми):

$$G = 2826d^2 \cdot \rho \cdot \varphi \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta p_{max}}{\rho}}, \text{ кг/год,}$$

де 2825 – перевідний коефіцієнт, що дорівнює  $\frac{\pi}{4} \cdot 3600$

$d$  - діаметр отвору в диску регулятора подачі вершків в збивальний циліндр, м;

$\varphi$  - поправочний коефіцієнт швидкості потоку ( $\varphi = 0,8 \div 0,9$ );

$\Delta p_{max}$  - перепад тиску вершків (Н/м<sup>2</sup>), що відповідає різниці висот

$$\Delta H_{max} = H_{max} - H_1$$

$H_{max}$  - відстань від найбільшого рівня вершків в бачку до лінії відліку,

м;

$H_1$  - відстань від нижнього краю насадки бачка до лінії відліку, м;

$\rho$  - густина вершків, кг/м<sup>3</sup>.

Оскільки секції з'єднані послідовно, то

$$m = m_1 = m_2 = m_3$$

де  $m$  - кількість продукту, що пройшла через кільцевий простір 2 всіх секцій маслоутворювача, кг;

$m_1, m_2, m_3$  - кількість продукту, що пройшла через першу, другу та третю секції маслоутворювача а, кг.

Продуктивність секцій орієнтовно можна визначити з рівняння витрати

$$G = 3600 \cdot f_n \cdot \omega_n \cdot \rho, \text{ кг/год}, \quad (4.2)$$

де  $f_n$  - площа поперечного перерізу потоку продукту у відповідній секції,  $\text{м}^2$ ;

$\omega_n$  - швидкість руху продукту в цій секції,  $\text{м/с}$ ;

$\rho$  - середня густина продукту в секції,  $\text{кг/м}^3$ .

Площу поперечного перерізу потоку можна наближено прийняти рівною площі поперечного перерізу кільцевого простору з врахуванням додаткових порожнин (полостей) (для кріплення ножів).

Тоді

$$f_n \approx f = \frac{0.785 \cdot (D^2 - d^2)}{\eta_{об}}, \text{ м}^2, \quad (4.3)$$

де  $f$  - площа кільцевого перерізу між циліндрами 3 і 1 з врахуванням додаткових полостей,  $\text{м}^2$ ;

$D$  - внутрішній барабан охолоджуючого циліндра (зазвичай  $D = 0,315\text{м}$ );

$d$  - зовнішній діаметр барабанної мішалки,  $\text{м}$ ;

$\eta_{об}$  - об'ємний к.к.д., що враховує збільшення кільцевого перерізу (додаткові полости) і одночасне зменшення у результаті встановлення ножів ( $\eta_{об} \approx 0,8 \div 0,81$ ).

Діаметр  $d$  мішалок 0,295, 0,275 та 0,255м.

Площу поперечного перерізу потоку можна визначити:

$$f_n \approx f = \frac{m \cdot \eta_{об}}{L \cdot \rho}, \text{ м}^2,$$

де  $m$  - маса продукту, що одночасно обробляється в секції;

$L$  - довжина барабанної мішалки,  $\text{м}$ ;

$\eta_{об}$  - об'ємний к.к.д., що враховує кількість продукту, що заповнює простір між циліндром 3 і барабанною мішалкою ( $\eta_{об} \approx 0,9$ ).

В табл. 4.1 наведено дослідні дані про кількість продукту, що одночасно обробляється в секції залежно від діаметра барабанної мішалки

Таблиця 4.1. – Кількість оброблюваного продукту в секції трьохциліндрового маслоутворювача залежно від конструктивних параметрів

| Діаметр, мм               |         | Кількість продукту |     |
|---------------------------|---------|--------------------|-----|
| охолоджувального циліндра | мішалки | кг                 | %   |
| 315                       | 295     | 11,75              | 100 |
| 315                       | 275     | 19,2               | 163 |
| 315                       | 255     | 21,8               | 186 |

Якщо всі секції маслоутворювача вміщують однакову кількість продукту, то продуктивність всього маслоутворювача:

$$G = 3600 \cdot f_n \cdot \omega_{cp.n} \cdot \rho_{cp}, \text{ кг/год},$$

де  $f_n$  - площа поперечного перерізу потоку продукту у відповідній секції,  $\text{м}^2$ ;

$\omega_{cp.n}$  - середня швидкість руху продукту в секції,  $\text{м/с}$ ;

$\rho_{cp}$  - середня густина продукту в маслоутворювачі,  $\text{кг/м}^3$ .

Результати розрахунку мінімального числа обертів вала, при якому ще відбувається збивання вершків в масловиготовлювачі від діаметра мішалки за формулою (4.1) представлені на рис.4.3. З рисунку видно, що зі зменшенням діаметру мішалки мінімально необхідне число обертів вала збільшується.

Залежність кількості продукту, що одночасно обробляється в секції залежно від діаметра барабанної мішалки представлена на рис 4.4.

Одним з основних параметрів маслоутворювача є його продуктивність. Вона також змінюється залежно від конструктивних параметрів. Залежність зміни поперечного перерізу потоку оброблюваного продукту і відповідно продуктивності представлені на рис. 4.5, 4.6



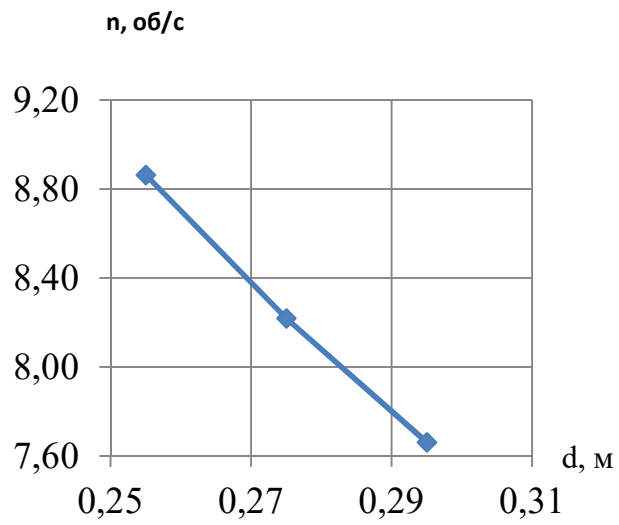


Рисунок 4.3. – Залежність зміни мінімального числа обертів вала від діаметра барабанної мішалки

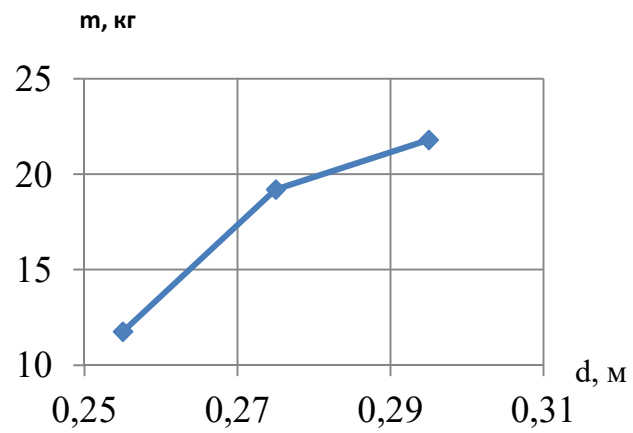


Рисунок 4.4. – Залежність кількості оброблюваного продукту від діаметру мішалки.

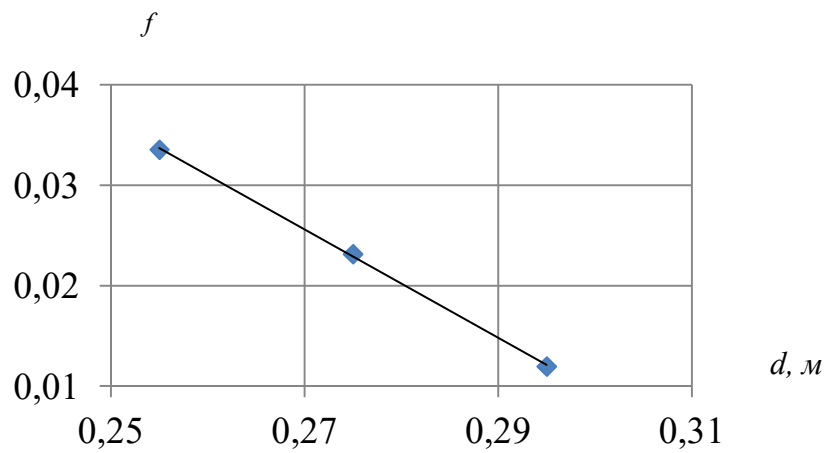


Рисунок 4.5. – Залежність площі поперечного перерізу циліндра від діаметру мішалки

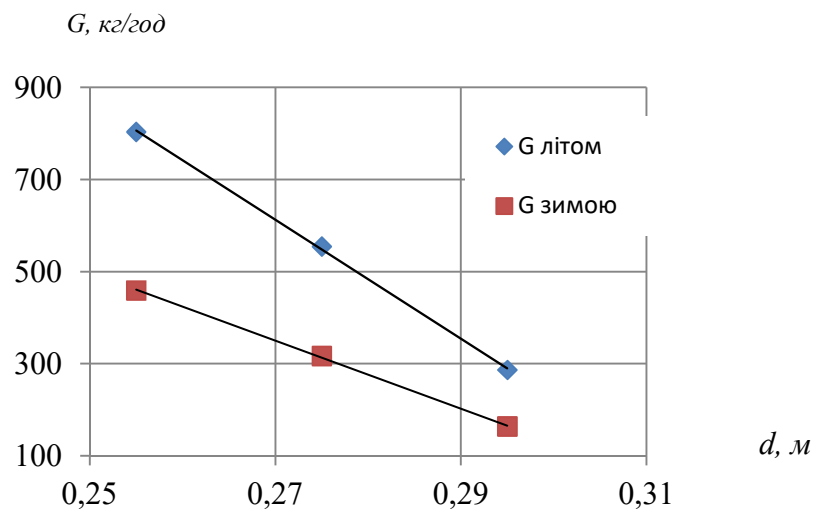


Рисунок 4.6. – Залежність продуктивності маслоутворювача від діаметру мішалки

#### 4.3. Особливості роботи трьохциліндрових маслоутворювачів в літній і зимовий період

Для отримання якісного масла важливе значення мають правильний вибір тривалості обробки продукту. В табл. 4.2. наведені дані орієнтованої тривалості обробки залежно від сезону.

Таблиця 4.2. – Тривалість обробки продукту в трьохциліндровому маслоутворювачі, с

| Літом    |                        | Зимою    |                        |
|----------|------------------------|----------|------------------------|
| загальна | середня в одній секції | загальна | середня в одній секції |
| 350-300  | 117-100                | 450-400  | 200-175                |

На рис 4.7. та. 4.8 показані температурні графіки роботи трьохциліндрових маслоутворювачів в літній і зимовий період.

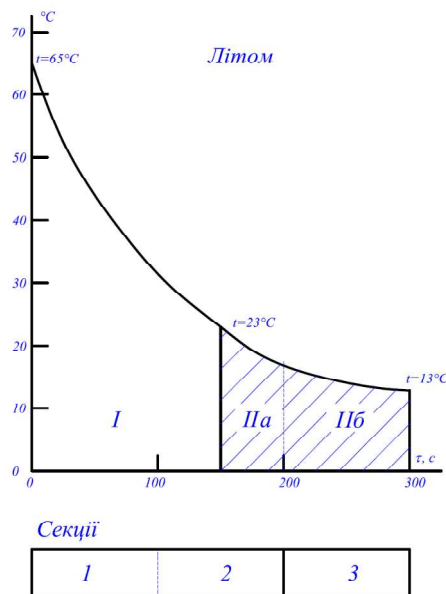


Рисунок 4.7. - Температурний графік роботи трьохциліндрового маслоутворювача в літній період

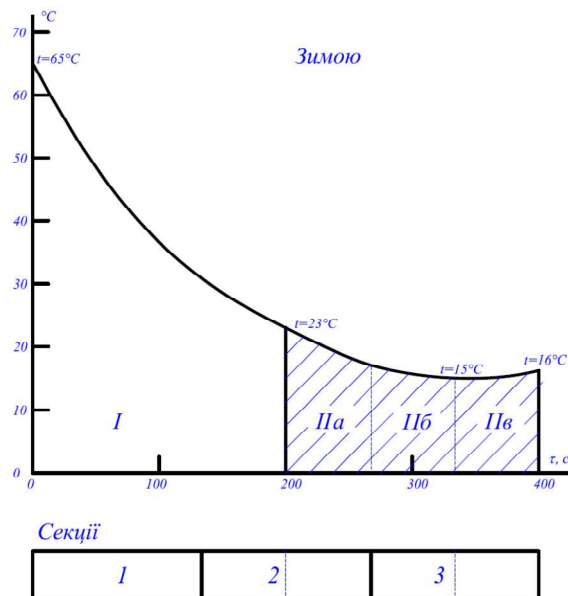


Рисунок 4.8. - Температурний графік роботи трьохциліндрового маслоутворювача в зимовий період

Стадії перетворення високожирних вершків у маслоутворювачі Т1-ОМ-2Т з врахуванням літніх і зимових особливостей його роботи:

I – перша стадія – відбувається процес швидкого охолодження високожирних вершків з температури  $65^{\circ}\text{C}$  до температури  $23^{\circ}\text{C}$ .

II – друга стадія – перетворення високожирних вершків у вершкове масло (маслоутворення):

IIa – в основному відбувається процес масової кристалізації високоплавких груп гліцеридів (літом процес їх кристалізації відбувається швидше), тривалість обробки літом - 70с; зимою 60-100с;

IIб – додаткова термомеханічна обробка отриманого вершкового масла, тривалість обробки літом -80-100с; зимою 120-140с;.

IIв – подальша обробка в масла в маслоутворювачі.

#### 4.4. Аналіз теплообміну в барабані маслоутворювача

Конструкція барабана маслоутворювача являє собою теплообмінник-охолоджувач зі скребковою мішалкою.

Скребкові мішалки при перемішуванні жирових і жировмісних, високов'язких рідин забезпечують високу інтенсивність теплообміну в умовах часткової кристалізації і прилипання, створюють умови для інтенсифікації процесів гомогенізації дисперсної системи. Цьому сприяє відсутність зазору між стінкою циліндра і скребком (або скребками) мішалки. При обертанні скребка відбувається видалення охолоджуваних шарів пограничного шару з поверхні теплообміну циліндра і надходження нової маси рідини до стінки циліндра. Такий теплоперенос описується рівнянням нестационарної теплопровідності [ ]:

$$\frac{\delta t}{\delta \tau} = a \cdot \frac{\delta^2 t}{\delta y^2}$$

з граничними умовами:

$$t = t_{cm} \text{ при } y = 0 \text{ та } \tau > 0,$$

$$t = t_0 \text{ при } y > 0 \text{ та } \tau = 0,$$

де  $y$  - відстань від стінки;

$t$  - температура процесу;

$t_0, t_{cm}$  - температури рідини в ядрі потоку і у стінки, відповідно;

$\tau$  - час;

$a$  - коефіцієнт теплопровідності.

Рішення рівняння (1) з граничними умовами може бути представлено у вигляді:

$$\alpha = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{\lambda \cdot \rho \cdot c}{\tau_{cp}}},$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>· К);

$\tau_{cp}$  - середній час контакту елемента продукту з поверхнею теплообміну, с;

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності, Вт / (м·К);

$c$  - питома теплоємність, Дж / (кг·К);

$\rho$  - густина, кг/м<sup>3</sup>.

Величина  $\tau_{cp}$  являє собою проміжок часу між двома послідовними проходженнями скребків через дану точку поверхні:

$$\tau_{cp} = \frac{1}{z \cdot n},$$

де  $n$  - частота обертання скребків, с<sup>-1</sup>;

$z$  - кількість скребків, шт.

Тоді:

$$\alpha = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c \cdot n \cdot z}.$$

Тепловий потік  $Q$ , який передається через стінку апарату зі скребковий мішалкою,

$$Q = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c \cdot n \cdot z} \cdot F \cdot (t_0 - t_{cm}),$$

де  $F$  - поверхня теплообміну.

Таким чином, аналіз процесу теплообміну в апаратах з скребковими мешалками показав, що коефіцієнт тепловіддачі залежить від наступних параметрів:

$$\alpha = f(\lambda, \rho, c, n, z)$$

В результаті рішення рівняння стаціонарної теплопровідності Фур'є для опису конвективного переносу тепла в процесах нагрівання (охолодження) високов'язких рідин для скребкових теплообмінників отримані рівняння подібності для розрахунку тепловіддачі від очищається скребками поверхні [

$$Nu = 1,13 \cdot RE^{0,5} \cdot Pr^{0,5}$$

і розрахунку коефіцієнту тепловіддачі від очищуваної скребками поверхні виду:

$$\alpha = A(\lambda, \rho \cdot c \cdot n \cdot z)^{0,5}$$

де  $Nu, Re, Pr$  - відповідно критерії Нусельта, Рейнольдса, Прандтля;

$A$  - коефіцієнт пропорційності.

Реальні значення коефіцієнта тепловіддачі в скребкових агрегатах відрізняються від теоретичних значень. У кожному конкретному випадку потрібне введення поправочних коефіцієнтів. При зростанні в'язкістних властивостей робочої речовини і зменшення продуктивності досліджуваного агрегату відзначається тенденція зниження поправочний коефіцієнт.

В результаті експериментальних досліджень [ 10 ] було отримано поправочний коефіцієнт при переохолодженні емульсій (40 - 82% жирності) для сталого стану процесу тепловіддачі в теплообмінниках різної продуктивності.

Аналіз процесу теплообміну в циліндричних скребкових теплообмінниках показав [3], що для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі при охолодженні молочно-жирових і жироводних емульсій (60 - 82% жирності) для визначення коефіцієнту тепловіддачі може бути використана залежність:

$$\alpha = 0,34(\lambda, \rho \cdot c \cdot n \cdot z)^{0,5}.$$

А для нашого маслоутворювача у якого кількість скребків 2 вона прийме вигляд

$$\alpha = 0,48(\lambda, \rho \cdot c \cdot n)^{0,5}. \quad (4.4)$$

Важливим фактором процесу перетворення високожирних вершків в масло є дотримання правильних температурних режимів його реалізації

Нижче наведені результати аналізу залежностей густини, коефіцієнту теплопровідності та питомої теплоємності від температури та жирності вершків та результати розрахунку коефіцієнту тепловіддачі для маслоутворювача Т1-ОМ – 2Т за формулою 4.4.

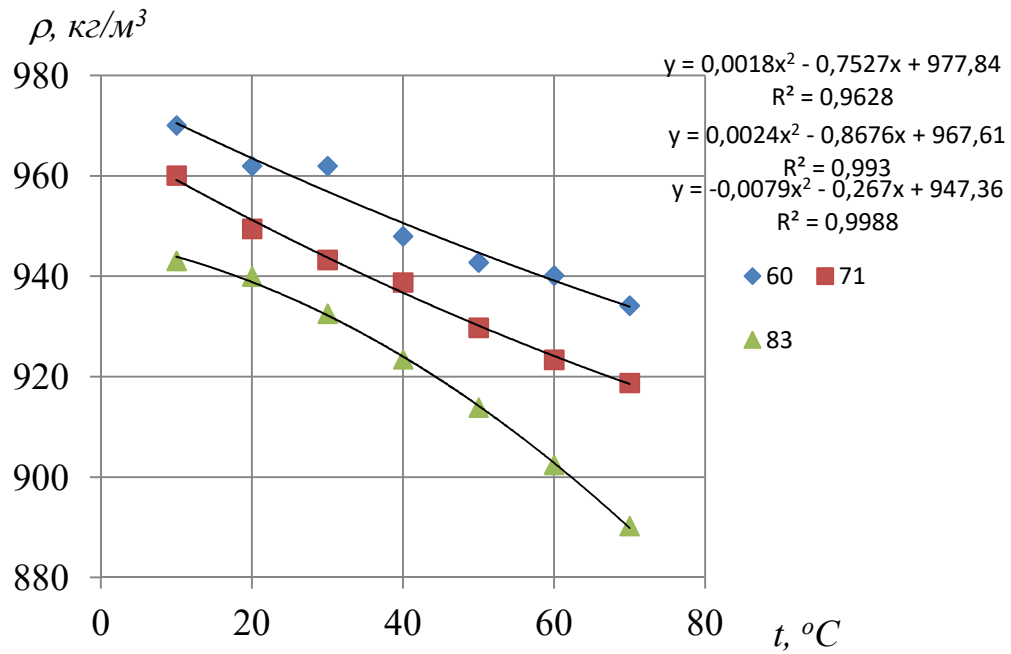


Рисунок 4.9. - Графіки залежності густини високожирних вершків від температури та жирності

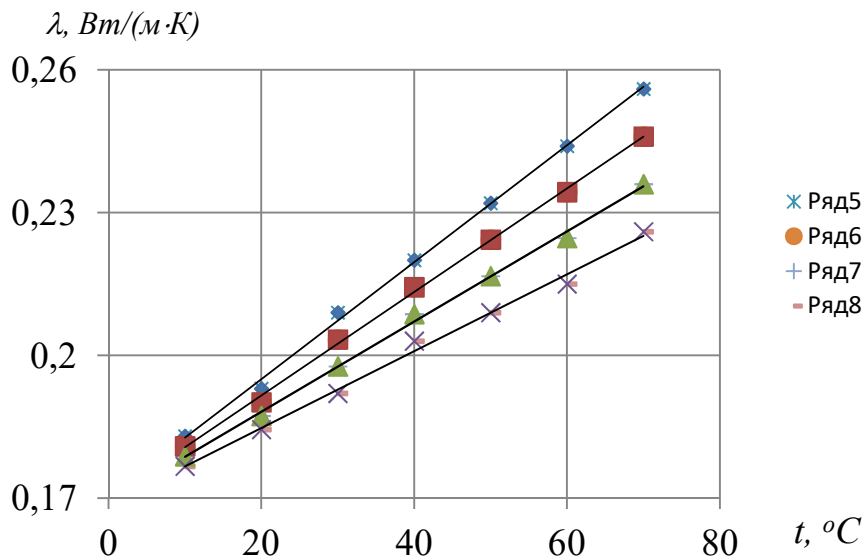


Рисунок 4.10.- Графіки залежності коефіцієнту теплопровідності високожирних вершків від температури та жирності



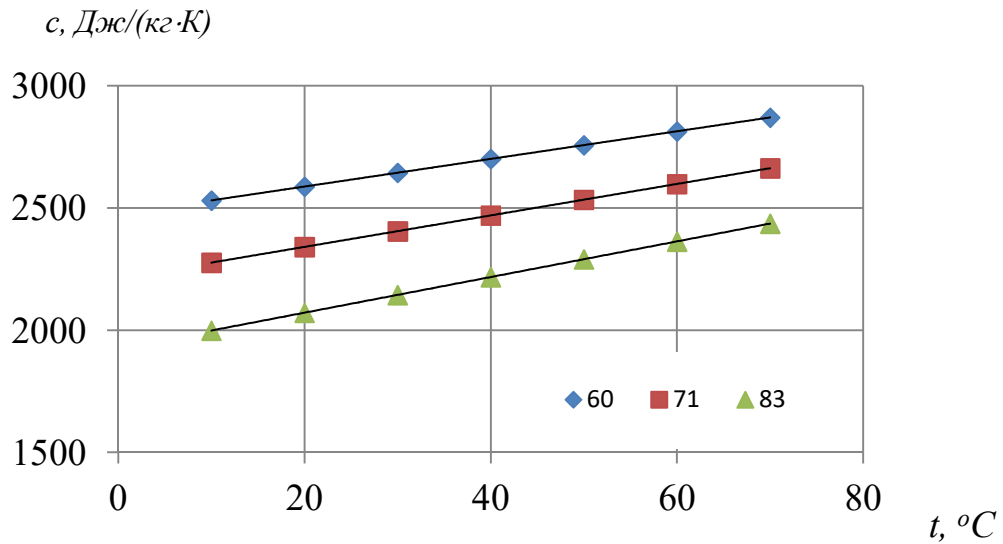


Рисунок 4.11. - Графіки залежності питомої теплоємності високожирних вершків від температури та жирності

Графік побудовано за формулою [15]:

$$c = 3906 + 1,382 \cdot (T - 273) - (23,86 - 0,0712 \cdot (E - 273)) \cdot Ж$$

Результати розрахунку коефіцієнту тепловіддачі для маслоутворювача Т1-ОМ-2Т за формулою:

$$\alpha = 0,48(\lambda \cdot \rho \cdot c \cdot n)^{0,5}.$$

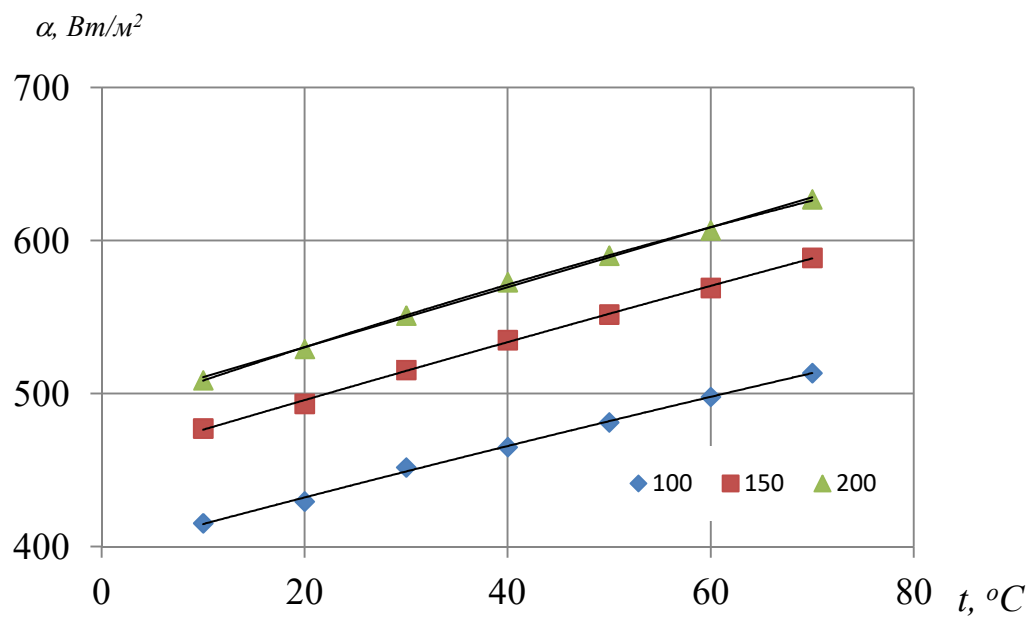


Рисунок 4.12. - Графіки залежності коефіцієнту тепловіддачі для маслоутворювача Т1-ОМ-2Т від температури та жирності вершків

Отримані результати візуалізують параметри процесу перетворення вершків на масло. Також отриману залежність можна використати для розрахунків теплообміну у маслоутворювачі.

#### 4.5 Рекомендації з модернізації конструкції барабана маслоутворювача

Модернізація подібного маслоутворювача необхідна в зв'язку з рядом причин: інтенсивний знос деталей і вузлів внутрішнього барабана, постійне зменшення ефективності експлуатації апарату, а також для підвищення продуктивності маслоутворювача і інтенсифікації тепломасообміну. Модернізація маслоутворювача Т1-ОМ-2Т передбачає заміну матеріалу, з якого виготовляються наконечники скребків у витіснювальному барабані. [12].

Високоєфективне проведення в потоці технологічних операцій виробництва масла залежить від запропонованих конструктивних рішень пристроїв для зрізання охолоджених вершків з внутрішньої поверхні циліндрів маслоутворювача, тобто скребків витіснювальний барабана внутрішнього циліндра. Матеріал скребків стандартного виготовлення Поліамід - 68.



Рисунок 4.15. – Фото внутрішнього циліндра барабана маслоутворювача

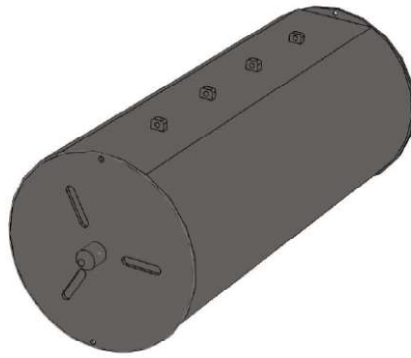


Рисунок 4.16. – 3D- модель внутрішнього циліндра барабана  
маслоутворювача



Рисунок 4.17. – Скребки барабана маслоутворювача

До матеріалу, з якого виготовлені скребки ставляться такі вимоги: корозійна стійкість, міцність і зносостійкість, хімічна інертність до оброблюваних продуктів. Згідно з цими вимогами запропонований матеріал для виготовлення скребків - корозійностійка сталь 40X13.

Сталь 40X13 - легована, що володіє високою корозійною стійкістю, проти електричної, атмосферної, лужної, кислотної, сольовий корозії, корозії

під напругою. Скребки зі сталі 40X13 піддають загартуванню в маслі при температурі 1000 - 1070 ° С і відпуску при 200 - 300 ° С.

В результаті досліджень [13], які проводилися у виробничих умовах, було встановлено, що дією тиску продукту, температури і тривалості роботи наконечники скребків інтенсивно зношуються, і поломка наконечників скребків з Поліаміду - 68 відбувається приблизно один раз в 14 змін, незалежно від режиму роботи маслоутворювача. я [13].

Таблиця 4.3 – Порівняльна характеристика механічних властивостей сталі 40X13 и «Полиамида - 68»

| № | Показники                 | «ПОЛІАМИД 68» | Сталь 40X13 |
|---|---------------------------|---------------|-------------|
| 1 | Твердість, МПа            | 100-150       | 600 - 620   |
| 2 | Теплостійкість, °С        | 55 - 60       | 60 - 80     |
| 3 | Ударна вязкість, кПа·м    | 200 - 400     | 600 - 100   |
| 4 | Граница текучесті, МПа    | 100 - 150     | 700 - 900   |
| 5 | Граница витривалості, МПа | 30 - 50       | 600 – 1000  |
| 6 | Граница міцності, МПа     | 250 - 360     | 1000 - 1800 |
| 7 | Час роботи скребків, год. | 38000 - 50000 | 300000      |

Внутрішній циліндр маслоутворювача стандартного виготовлення виготовлений з матеріалу - сталь 12X18Н10Т. Матеріал отримують загартуванням при температурі 1020 ... 1100 ° С і охолодженням в мінеральному маслі.

Також в результаті заміни матеріалу скребків покращилося охолодження продукту.

У таблицях 4.4. і 4.5. представлені порівняння коефіцієнтів тертя при застосуванні традиційних та запропонованих технічних рішень:

- скребки з матеріалу «Поліамід-68» - циліндр з нержавіючої сталі 12X18Н10Т;

- скребки з корозійностійкої сталі 40X13 загартованої в мінеральному  
маслі - циліндр з нержавіючої сталі 12X18Н10Т і хромованою ( $X_{\text{тв}} = 24 \text{ мк}$ ).

Таблиця 4.4 - Орієнтовні коефіцієнти тертим ковзання

| Матеріал                | Без змащення | Зі змащенням |
|-------------------------|--------------|--------------|
| Поліамід-68 - 12X18Н10Т | 0,3          | 0,15-0,2     |
| Сталь 40X13 - 12X18Н10Т | 0,15         | 0,05-0,1     |

Таблиця 4.5. - Орієнтовні коефіцієнти тертя спокою

| Матеріал                | Без змащення | Зі змащенням |
|-------------------------|--------------|--------------|
| Поліамід-68 - 12X18Н10Т | 0,2          | 0,18-0,3     |
| Сталь 40X13 - 12X18Н10Т | 0,15         | 0,1-0,12     |

В результаті можна зробити висновки, що при застосуванні в роботі зміненої пари (скребки - циліндр) сталь 40X13 - циліндр 12X18Н10Т - підвищиться інтенсивність теплообміну за рахунок охолодження продукту в тонкому шарі, знизяться виробничі та енерговитрати, а також зросте надійність роботи робочої пари.

Тривалість роботи скребоків зі сталі 40X13 в порівнянні з скребками з «Поліаміду - 68» збільшується в 6 разів.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1. Охорона праці

#### 5.1.1. Вимоги пожежної безпеки до утримання будівель, споруд, приміщень молокопереробних підприємств

На молокопереробних підприємствах слід суворо дотримуватися загальних та галузевих норм та правил техніки безпеки. Працівникам належить чітко дотримуватись вимог пожежної безпеки, регламентованих “Інструкцією про заходи з пожежної безпеки для приміщень розташованих на території молокозаводу”, яка розроблена і затверджена на підприємстві. Усі працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити протипожежний інструктаж та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Безпека цехів забезпечується заходами по запобіганню пожеж і вибухів: системою пожежного захисту, системами вибухопопередження і вибухозахисту, у відповідності з вимогами нормативних актів з пожежної безпеки.

Зовнішні огорожувальні конструкції цеху, сходових маршів, повинні бути забезпечені легкоскридними конструкціями, площа яких визначається розрахунком, а також системою локалізації вибуху.

Усі приміщення повинні своєчасно очищатися від горючого сміття, відходів виробництва і постійно утримуватись в чистоті. Прибирання проходів в цеху, в тому числі на даху будівлі, слід проводити з суворим дотриманням графіку. Роботи з очищення технологічного обладнання повинні проводитись у відповідності з технологічним регламентом та записуватись в журналі відповідальної особи.

Будівля молокозаводу повинна бути обладнана блискавкозахисними пристроями, відповідно до вимог правил пожежної безпеки і діючих методик.

Меблі та обладнання мають розміщуватися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційними прохід до дверей виходу з приміщення. Евакуаційні шляхи та виходи необхідно постійно утримувати вільними, нічим не захащувати.

Використання нестандартних опалювальних приладів у приміщенні молокозаводу забороняється.

Електромережі, електроприлади і апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані з урахуванням вказівок та рекомендацій підприємств-виготовлювачів. У разі пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електровиробів слід негайно вимкнути їх та взяти необхідних заходів щодо приведення у пожежобезпечний стан.

#### 5.1.2. Заходи безпеки при експлуатації маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

При монтажу та експлуатації маслоутворювача Т1-ОМ-2Т машини необхідно дотримуватися загальних правил техніки безпеки устаткування для харчових підприємств.

До обслуговування машини допускаються особи, які не молодші 18 років, які вивчили будову і принцип роботи сепаратора, та пройшли інструктаж і освоїли безпечні прийоми роботи. Персонал, що обслуговує сепаратор, повинен володіти безпечними методами роботи і дотримуватися запобіжних заходів. Робітники, які обслуговують маслоутворювача ТОМ-Л, повинні дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку. Згідно галузевих норм робітникам видається спецодяг. Заміна робітника може бути зроблена лише майстром і тільки на робітника, який пройшов інструктаж і практичне навчання з техніки безпеки.



Робоче місце повинне бути освітлене (не менш 60 Люкс) і постійно утримуватися в чистоті і порядку.

При проведенні монтажних, ремонтних та налагоджувальних робіт використовувати інструмент і пристрої слід тільки по призначенню.

Маслоутворювач слід підключати до мережі змінного трьохфазного струму з заземленою нейтраллю.

Провід заземлення необхідно надійно закріпити на корпусі.

Під час пусконаладжувальних робіт:

- на обладнанні не повинні знаходитися сторонні предмети;
- огороження повинні бути надійно закріплені.

При обслуговуванні масло утворювача Т1-ОМ-2Т є такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори: небезпечні – деталі привода, падіння деталей при їх заміні, підвищена напруга електричного струму, статична електрика; шкідливі – підвищений шум.

Характерні травми можуть виникати через обслуговування складових обладнання на ходу в результаті захвату рук, одягу деталями, що обертаються, падіння деталей через невикористання засобів механізації при їх заміні. При нещасному випадку робочий повинен вміти надати першу допомогу.

Перед початком роботи необхідно:.

- ознайомитися з результатами роботи попередньої зміни, вияснити всі технічні неполадки в роботі обладнання, їх причини і способи усунення;
- уважно оглянути робоче місце і перевірити чи нема на робочому місці сторонніх предметів; чи вільні проходи, перевірити справність освітлення, підключення заземлення; зовнішнім оглядом перевірити справність електроапаратури і проводів, змонтованих на обладнанні; наявність, справність інструментів;
- перевірити наявність і справність огорожень приводів, запобіжних решіток;

- у випадку знаходження несправностей треба повідомити майстра і діяти по його вказівці.

При пуску маслоутворювача Т1-ОМ-2Т треба впевнитися, що на ньому нема сторонніх предметів, інструментів і приспособлень.

Електропроводка не повинна мати порушень ізоляції, а місця підключення повинні бути ретельно ізольовані.

Все електроустаткування в цеху повинно бути заземлене. При відсутності заземлення забороняється включати електроустаткування. Усі роботи з огляду, ремонту й очищенню електроустаткування повинні проводитись тільки при цілком знятій напрузі.

Важливе місце в безпечній роботі приділяється пристроям для пуску і зупинки машин. Вони повинні бути надійними, легкодоступними для користування з робочого місця, добре помітними і не вимагати великих зусиль. Найбільше зручне кнопкове керування.

При отриманні травми на виробництві слід негайно звернутися в медпункт і повідомити керівництво про нещасний випадок та причині якими він був викликаний.

Помітивши порушення правил безпеки іншими робітниками або небезпечність для оточуючих, слід не лишатись байдужими, а попередити робітників і керівництво про необхідність виконання правил техніки безпеки.

Дотримання правил та виконання заходів з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації маслоутворювача ТОМ-Л забезпечить безпечні умови роботи, зменшить травматизм, і як наслідок забезпечить підвищення продуктивності праці та її якості.

## 5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.2.1. Підвищення стійкості роботи підприємств харчової та переробної промисловості під час НС техногенного та природного характеру

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012р. громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха. Держава як гарант цього права створює систему цивільного захисту, яка повинна захистити населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру. Цивільний захист України є державною системою органів управління силами і засобами, що створюються для організації забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій (НС).

Оцінка рівня стійкості харчового підприємства проводиться робочими групами до яких залучають головних спеціалістів (головного інженера, головного технолога) під загальним керівництвом начальника ЦЗ об'єкта та штабу ЦЗ. В результаті оцінки стійкості підприємства у можливих надзвичайних ситуаціях розробляються необхідні науково обґрунтовані інженерно-технічні заходи. При оцінці стійкості об'єкта користуються відповідною нормативно-технічною документацією.

На підприємстві досліджують стан технологічного процесу та технологічного обладнання, будівель та споруд, управління виробництвом, підготовленості персоналу, забезпечення засобами захисту, матеріально-технічного постачання і транспорту, комунально-енергетичних мереж.

Основними завданнями оцінки стійкості харчового підприємства є визначення:

- стійкості будинків, споруд, технологічного та іншого устаткування, наземних і підземних комунікацій при дії на них

факторів надзвичайних ситуацій, у т. ч. води, тиску повітряних потоків;

- стану пожежної безпеки будинків та споруд;
- умов постачання енергії, води, сировини, матеріалів та інструментів;
- можливості роботи об'єкту умовах радіоактивного, хімічного забруднення;
- величини можливих збитків, завданих при виникненні надзвичайних ситуацій, та величини відшкодувань, якщо причиною НС стало підприємство;
- можливості та доцільності відновлення об'єкту залежно від ступеня його руйнування.

Після проведення оцінки стійкості розробляються заходи, які необхідно провести на об'єкті з метою підвищення стійкості його роботи в умовах надзвичайних ситуацій. Заходи повинні бути максимально ефективними при мінімальних затратах, тому в першу чергу увагу звертають на найбільш уразливі місця об'єкта.

Заходи по підготовці об'єкту до роботи у надзвичайних умовах

1. Розробка спрощених технологічних процесів.
2. Підвищення фізичної стійкості інженерно-технічного комплексу.
3. Зниження небезпеки виникнення вторинних факторів ураження.
4. Скорочення запасів СДОР на ОНГ.
5. Упровадження процесів та матеріалів, що знижують небезпеку виробництва.
6. Підготовка до безаварійної зупинки виробництва.
7. Захист ємностей і комунікацій з небезпечними речовинами.
8. Використання автоматичних і дистанційних обладнань, що вимикаються самостійно.
9. Проведення комплексу протипожежних заходів.

Заходи по підготовці паливно-енергетичного господарства підприємств до роботи у надзвичайних умовах:

1. Нагромадження та підтримування у готовності до використання автоматичних джерел енергопостачання.
2. Підготовка енергокомплексу та прокладка його під землею.
3. Підготовка до прийому електроенергії від пересувних джерел.
4. Підготовка споживачів пального до роботи на різноманітних видах,
5. Створення установлених запасів ПММ, води.
6. Підготовка виробництва до використання місцевих ресурсів.
7. Створення системи зворотного водопостачання.
8. Підготовка об'єктового транспорту до роботи у надзвичайних умовах,
9. Нагромадження запасів матеріальних ресурсів, їх раціональна витрата і зберігання,
10. Підготовка до заміни імпортової та дефіцитної сировини, матеріалів, виробів.

Заходи щодо підвищення стійкості підприємства об'єднують у єдиний план удосконалення виробничого процесу, реконструкції та капітального ремонту.

5.2.2. . Здійснення заходів щодо знезаражування обладнання, транспортних засобів, харчової сировини та напівфабрикатів, промислових будівель у разі виникнення радіаційного, хімічного, бактеріологічного їх забруднення.

Забруднення радіоактивними та зараження отруйними і біологічно небезпечними речовинами під час відповідних надзвичайних ситуацій вимагає проведення комплексу робіт щодо очищення споруд, техніки, товарів, у т.ч. харчових продуктів, обробки засобів індивідуального захисту, що використовувалися під час ліквідації наслідків аварії. Знезараження проводиться в такій послідовності:

- знезараження території об'єкту;
- знезараження будинків та приміщень;
- знезараження тари, технологічного устаткування, посуду;
- знезараження продовольчих товарів, води та непродовольчих товарів.

Для знезараження використовуються технічні засоби для миття та видалення бруду з поверхні предметів, а також для видалення верхнього забрудненого шару, а саме:

- поливо-мийні машини, обприскувачі, пожежні машини;
- бульдозери, грейдери, спеціальні дорожні машини;
- гідропульти;
- ручні обприскувачі;
- пілососи, щітки, скребки та ін.

Залежно від виду небезпечних речовин, які потрібно видалити та нейтралізувати, знезараження поділяється на дезактивацію, дезінфекцію та дегазацію.

Дезактивація - видалення радіоактивних речовин. Дезактивацію проводять, знімаючи верхній забруднений шар поверхні, змітаючи забруднення (при цьому доцільно використовувати пілососи), змиваючи

радіоактивні речовини. Для підвищення ефективності змивання використовують кислоти, луги, фосфат натрію, трилон Б, щавлеву та лимонну кислоти, солі цих кислот, аміачну воду (20-24%), водні розчини мила (50 г мила на 10 л води), водні розчини (0,3%) синтетичних миючих засобів (пральні порошки).

Територію з твердим покриттям дезактивують, змитаючи попередньо зволожений радіоактивний пил, після цього миють, як правило, застосовуючи спеціальну техніку.

Радіоактивний пил та забруднена вода повинні підлягати переробці на спеціальних комбінатах та подальшому захороненню.

Територію без твердого покриття дезактивують шляхом видалення верхнього шару ґрунту товщиною 5-10 см. а взимку верхнього шару снігу 5-20 см. Зрізаний ґрунт чи сніг відвозять в спеціально відведені місця для захоронення.

Дезактивацію зовнішніх стін будинків та дахів проводять змиваючи радіоактивний пил водою або спеціальними розчинами.

Для дезактивації внутрішніх приміщень застосовують пілососи, проводять вологе прибирання тощо.

Дегазація — видалення та нейтралізація отруйних та сильнодіючих отруйних речовин. Територію з твердим покриттям дегазують сухим хлорним вапном, згодом поливаючи його водою, ґрунтові площадки після застосування хлорного вапна (0,2-0,3 кг/м<sup>2</sup>) переконують на глибину 3-5 см або засинають шаром ґрунту 8-10 см. Зимою знімають верхній шар снігу товщиною 5-20 см.

Зовнішню поверхню будинків і споруд дегазують водою або дегазуючим розчином, внутрішні приміщення - шляхом розбризкування дегазуючих розчинів з наступним миттям водою і провітрюванням.

Знезараження транспортних засобів І техніки проводиться на станціях знезараження транспорту, які, переважно, організуються на базі підприємств автосервісу.

З предметів отруйні речовини видаляють тампонами, змоченими в дегазуючих розчинах. Деколи для дегазації використовують відкритий вогонь.

Для дегазації дрібних металевих предметів застосовують кип'ятіння протягом 30-40 хвилин.

Дегазація може проводитись хімічним або механічним способом. Хімічний спосіб передбачає застосування дегазуючих розчинів, механічний - зрізання і видалення верхнього зараженого шару. До дегазуючих речовин відносяться хімічні сполуки, які вступають в реакцію з отруйними речовинами і перетворюють їх в нетоксичні сполуки. Для дегазації застосовують речовини окислювально-хлоруючої дії (гіпохлориди, хлораміни) і лужні (їдкі луги, соду, аміак, солі амонію тощо), а також такі спеціальні розчини як: дегазуючий розчин № 1, що містить 5% розчину гексахлормеламіну або 10% розчину діхлораміну в діхлоретані, він призначений для дегазації бойових отруйних речовин (БОР) типу іприт і V-газів; дегазуючий розчин № 2 — водний розчин 2% їдкого натру, 5% моноетаноламіну та 20% аміаку і призначений для дегазації БОР тину зоман.

Дезінфекція — знищення хвороботворних мікробів та нейтралізація токсинів.

Дезінфекцію проводять хімічним, фізичним, механічним або комбінованим способом.

Хімічний спосіб передбачає застосування спеціальних дезінфікуючих речовин, що знищують хвороботворні мікроорганізми і руйнують біотоксини.

Для дезінфекції, а також часто і для дегазації, застосовують такі речовини та їх розчини:

- хлорне вапно;
- водний розчин хлорного вапна;
- їдкий натр (каустична сода);



- водний розчин їдкого натру (10%); формальдегід (35-40% водний розчин); перекис водню;
- спеціальні препарати.

Фізичний спосіб дезінфекції використовується переважно для невеликих предметів, білизни, посуду. Він передбачає застосування тривалої дії високих температур (кип'ятіння, нагрівання в автоклаві, використання перегрітої пари, відкритого вогню тощо) з метою знищення мікроорганізмів та руйнування токсинів.

Механічний спосіб передбачає видалення мікроорганізмів та токсинів разом з верхнім шаром предметів або їх миття. Цей спосіб потребує утилізації забруднених речовин і води.

Територію, будинки дезінфікують 20%-м розчином хлорного вапна та іншими дезінфікуючими речовинами; устаткування та інвентар обробляють 6%-м розчином перекису водню; металевий інвентар та посуд - кип'ятять в 2%-му розчині кальцинованої соди протягом 1,5 год. після чого промивають водою.

Санітарна обробка передбачає комплекс заходів щодо знезараження населення та особового складу формувань цивільного захисту від радіоактивних, отруйних речовин та хвороботворних мікроорганізмів.

За правилами проводять повну та часткову санітарну обробку.

Часткова санітарна обробка передбачає механічне очищення, миття та обробку відкритих ділянок шкіри, зовнішніх поверхонь одягу, взуття, засобів індивідуального захисту засобами, що входять до індивідуальних протихімічних пакетів. Як правило, часткову обробку проводять у зонах зараження та забруднення.

При повній санітарній обробці, крім загального знезараження і миття тіла, замінюється одяг і білизна.

Санітарна обробка особового складу формувань та населення проводиться в санітарно-обмивних пунктах, що, як правило, формуються на

базі бань, санперепускників, душових, можливе влаштування тимчасових пунктів в польових умовах.

Взуття, одяг, білизну та засоби захисту обробляють у відділеннях знезараження. Станції знезараження одягу влаштовують на базі хімчисток, побутових комбінатів, а деколи підприємств, що мають печі та автоклави.

Для перевірки якості дезінфекції проводять бактеріологічні дослідження.

Під час проведення робіт зі знезараження необхідно дотримуватися наступних заходів безпеки;

- всі роботи повинні виконуватися в засобах індивідуального захисту;
- в зоні радіоактивного зараження здійснювати контроль за одержаними дозами опромінення;
- в зоні хімічного зараження уникати застою ОР, в приміщенні працювати з відчиненими дверима та вікнами;
- в період роботи не пити води, не їсти, не налити і не знімати засобів індивідуального захисту (ЗІЗ);
- на відкритій місцевості під час проведення робіт знаходитись із навітряної сторони по відношенню до зараженого об'єкта (предмета);
- для уникнення перегріву тіла необхідно дотримуватися гранично-допустимого часу безперервної роботи в захисному одязі;
- знімати ЗІЗ тільки у спеціально відведених місцях після спеціальної обробки;
- після проведення робіт провести знезараження інструменту, приладів.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі представлено результати дослідження процесу перетворення високожирних вершків та рішення з модернізації маслоутворювача Т1-ОМ-2Т

Встановлено вплив конструктивних параметрів витісню вального барабана на процес перетворення високожирних вершків у маслоутворювачі Т1-ОМ-Т2, а саме: на процес теплообміну, тривалість обробки, надійність роботи машини, енергоспоживання, якість продукції.

В роботі запропоновано змінити матеріал наконечників скребків на корозійностійку сталь 40Х13, що покращить процес теплообміну при перетворенні вершків, зменшить втрати на тертя і відповідно енергоспоживання, збільшить термін роботи маслоутворювача між ремонтами.

Проведені технологічний розрахунок, визначення необхідної потужності для приводу витиснювальних барабанів, розрахунок потреби в холодоносії для охолодження продукту, конструктивні розрахунки елементів маслоутворювача Т1-ОМ-2Т підтвердили доцільність модернізації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гулий І.С. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. К.: Нова книга 2000 р. 575 с.
2. Машкін М. І. Технологія молока і молочних продуктів./ Машкін М. І., Париш Н. М. К.: Вища освіта, 2006. 351 с.
3. Ицкович Г. М. Курсовое проектирование деталей машин М.: Машиностроение, 1970. 560с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя том 2.- М.:Машиностроение, 1980. 560с.
5. Соколов В.Н. Конструирование оборудования пищевых производств. М.: Пищевая промышленность, 1979. 348с.
6. Харламов С. В. Конструирование технологических машин пищевых производств. М.: Машиностроение, 1979 г. 256с.
7. Зайчик О. С. Сборник задач по расчетам оборудования винодельческих предприятий. М.: Пищевая промышленность, 1973 г. 235 с.
8. Соколов В.Н. Конструирование оборудования пищевых производств. М.: Пищевая промышленность, 1979. 348с.
9. Азаров Б. М. Технологическое оборудование пищевых производств. М.: Агропромиздат, 1988. 320 с.
10. Твердохлеб Г.В. Вологодское маслоделие. История развития. Монография / Г. В. Твердохлеб, В. О. Шемякин, Г.Ю. Сажин, П. В. Никифоров. СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. 172 с.
11. Рогов Б.А. Анализ теплообмена скребковых охладителей для пищевых производств. / Б.А. Рогов // Вестник МАХ. 2003. №3 С.23 – 24.
12. Окландер М. Напрямки модернізації маркетингової освіти в Україні / М. Окландер // Маркетинг в Україні. 2015. № 5. С. 59-65.

13. Брагинский Л. Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета.-Л.: Химия, 1984.

14. Маслов А.М. Аппараты для термообработки высоковязких жидкостей/ Маслов А.М. Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1980.

15. Рогов Б.А. Теплообмен при перемешивании в скребковых переохладителях для жировых продуктов /Процессы, аппараты и машины пищевой технологии: Межвузовский сборник научных трудов,- СПб: СПбГУАХПТ, 1999.

16. Теплофизические свойства молочных продуктов.  
<http://thermalinfo.ru/svojstva-produktov/molochnye-produkty/teplofizicheskie-svojstva-molochnyh-produktov>

## ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
 Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
 Маріборський університет (Словенія)  
 Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
 Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
 Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
 Наукове товариство ім. Т.Шевченка

## **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник  
тез доповідей**

**XI Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів  
7-8 грудня 2022 року**



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2022**



УДК 664

О. О. Савчук, М. І. Полевий, Н.М. Зварич, кт.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

O. O. Savchuk, M. I. Polevyi, N. M. Zvarych, Ph.D., Assoc. Prof.

## FEATURES OF THE INTENSIFICATION OF FOOD PRODUCTION PROCESSES

Сфера виробництва продуктів харчування сьогодні є найбільш динамічним сектором економіки багатьох країн, що зазнає активних та різнобічних змін. Інтенсивне зростання цієї сфери зумовлено як особливостями сучасного етапу розвитку суспільства, так і досить стійкими, однак суттєво диференційованими потребами споживачів, і знаходить відображення в щораз активнішому впровадженні у виробництво продуктів харчування новітніх технологій і процесів, які в сукупності є основою для подальшого інноваційного розвитку сфери виробництва продуктів харчування. Ознакою інновації є вимога, щоб продукт, процес, метод тощо був для підприємства новим або значно вдосконаленим. До інновацій належать продукти, процеси і методи, які підприємство створило першим, або продукти, процеси, запозичені від інших підприємств чи організацій. Також ознакою інновації є те, що продукт, процес, метод маркетингу або організації повинен бути впроваджений. Розрізняють чотири типи інновацій: продуктові, процесні, маркетингові та організаційні [1].

Продуктова інновація передбачає впровадження товару або послуги, що є новими або значно покращеними за своїми властивостями чи способами використання. У продуктових інноваціях можуть використовуватися нові знання чи технології або вони можуть ґрунтуватися на нових прийомах використання чи нових комбінаціях уже існуючих знань або технологій. Поняття продуктових інновацій містить у собі введення у вживання як нових товарів і послуг, так і здійснення значних удосконалень у функціональних або споживчих характеристиках уже наявних товарів і послуг.

Процесна інновація має на меті упровадження нового або значно покращеного способу виробництва чи постачання продукту. Сюди входять значні зміни в технології, виробничому устаткуванні і/або програмному забезпеченні. Метою процесних інновацій є зниження собівартості виробництва або витрат з постачання продукції, підвищення її якості, виробництво чи постачання нових або значно поліпшених продуктів. Процесні інновації також включають нові або значно вдосконалені технічні прийоми і програмне забезпечення, що використовуються в допоміжних видах діяльності [1].

Тобто однією з складових сучасного інноваційного розвитку є інтенсифікація технологічних процесів виробництва харчових продуктів, яка передбачає отримання певного ефекту за рахунок збільшення продуктивності, к.к.д., зменшення енерго- і матеріалоємності обладнання, зменшення тривалості лімітуючих стадій, підвищення якості продукту, ергономічних, соціальних показників тощо. Відомо, що інтенсифікація може забезпечувати прискорення технологічного процесу при покращеній або погіршеній якості продукції або при незмінній якості. Часто виникає потреба в підвищенні якості продукту за умов зменшення енергоємності та тривалості технологічного процесу і, як наслідок, підвищення продуктивності. Існуючими методами інтенсифікації технологічних процесів, які класифікуються як режимно-технологічні та апаратно-конструктивні вирішити таку оптимізаційну задачу досить складно. Пояснюється це тим, що оптимальні технологічні параметри мають бути



забезпечені відповідними характеристиками обладнання, які не завжди є раціональними з точки зору енергоємності і матеріалоємності. Рішення задачі досягається спільним аналізом системи «обладнання – середовище», із врахуванням внутрішніх властивостей підсистем в загальній їх взаємодії. Тоді можна забезпечити дослідження і розрахунок загальної системи, що буде здійснювати технологічний процес із максимальним використанням енергії, що витрачається на обробку того чи іншого середовища і з забезпеченням якісних показників продукції. [2].

Виробництво харчових продуктів суттєво відрізняється від інших хіміко-технологічних виробництв. Найважливіша особливість харчових продуктів – нестійкість (лабільність) їхніх якісних показників, що не завжди дозволяє застосовувати в технологічному процесі обробки високі швидкість, тиск, температуру. Також характерним для харчових виробництв є використання сировини і напівфабрикатів складного складу. Як правило, це матеріали, які мають здатність швидко псуватися і вимагають особливі умови їхнього зберігання, потребують визначеного і надійного контролю якості, високого рівня керування технологічними лініями. Механізм складних процесів, властивих харчовій технології (фізичних, хімічних, біохімічних), вивчений недостатньо, немає і математичних описів багатьох явищ, що відбуваються при переробці сировини і напівфабрикатів. До готової продукції харчових виробництв пред'являються високі гігієнічні вимоги. Продукти повинні володіти високою харчовою цінністю при повній нешкідливості для здоров'я людини. Це також обумовлює специфіку проектування харчових підприємств, розробки технологічного обладнання, здійснення технологічних процесів. Також особливістю готових харчових продуктів є високий ступінь залежності їх від якості сировини.

Тому при проектуванні обладнання необхідно досліджувати форму і конструкцію як робочої ємності так і робочих органів з точки зору уникнення застійних зон, легкого очищення, миття і дезінфекції обладнання. Також форма робочих ємностей та робочих органів може вплинути на такі характеристики харчових процесів як наприклад площа контакту фаз, рівномірність розподілу концентраційних, температурних полів, утворення через тертя зон підвищених температур тощо. Також є високими вимоги до матеріалів деталей харчового обладнання, які контактують з харчовим продуктом при його обробці. Вони повинні бути не токсичними, інертними до продукту, не надавати йому будь-якого смаку, запаху кольору. При інтенсифікації процесів та розробці обладнання ця властивість також потребує уваги. Підвищенні температурні режими, тиски та швидкості можуть змінювати якість, харчову цінність, необхідну текстуру а органолептичні властивості харчових продуктів і призводити до небажаних наслідків.

Сучасні методи дослідження дозволяють при розгляді і моделюванні процесів харчових виробництв враховувати велику кількість параметрів і за необхідності оперативно змінювати їх щоб досягнути бажаних результатів. Тобто завдання інтенсифікації процесів харчових виробництв потрібно вирішувати комплексно, враховуючи всі вище наведені аспекти.

#### Література

1. Чорна Н. П. Інноваційний розвиток сфери виробництва продуктів харчування та ризики продовольчої безпеки / Н. П. Чорна. – Львів : Ліга-Прес, 2012. – 296 с.
2. Трач Д. А., Янош А. Я. Особливості інтенсифікації харчових виробництв // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 28-29 листопада 2018. – С. 131.

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів  
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року

- |                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 27. С.Б. Красінька, М.Г. Тарасенко                     |     |
| ВІПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ З   | 102 |
| ПІДВИЩЕНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ                                |     |
| 28. П.В. Білоус, В.П. Коваль                           |     |
| ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕПЛА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ | 105 |
| НА МІНІ-ТЕС                                            |     |
| 29. В.П. Волоський, А.М. Паламар, С.А. Лупенко         |     |
| МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОПОРУ ДЛЯ СИСТЕМ         | 107 |
| КОНТРОЛЮ LI-ION АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ                  |     |
| 30. В.В. Желятківський                                 |     |
| МЕТОДИКА ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ НА ПЕРЕМИКАННЯ В              | 108 |
| СИНХРОННОМУ ПОНИЖУВАЛЬНОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ               |     |

#### СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ, БІО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ

- |                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Я.Ю. Хмариш, Т.О. Лковська, О.І. Вічко                        |     |
| РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРУ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ              | 110 |
| БОРОШНА В ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ                          |     |
| 2. М.Р. Леськів, Г.В. Карпак                                     |     |
| ОЦІНКА ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З <i>LEGOPODIUM PODAGRARIA L.</i> | 111 |
| 3. Л. Федак                                                      |     |
| ЕФЕКТИВНІ МІКРООРГАНІЗМИ В ГАЛУЗІ БІОТЕХНОЛОГІЇ                  | 112 |
| 4. О.О. Савчук, М.І. Полещук, Н.М. Зварич                        |     |
| ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА                  | 113 |
| ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ                                               |     |
| 5. В.Ю. Головач, В.Я. Ворончук                                   |     |
| ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕКАНТОРА ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ                  | 115 |
| КАЗЕІНУ                                                          |     |

#### СЕКЦІЯ: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

- |                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 1. Т. Базан, Б. Млишко                            |     |
| АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА | 116 |
| 2. Т. Базан, Б. Млишко                            |     |
| МЕТОДИ ОЦІНКИ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА         | 117 |

#### СЕКЦІЯ: КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

- |                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 1. Н. Завальний, Л. Романюк                              |     |
| ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ       | 118 |
| ВИРОБНИЧИМИ СИСТЕМАМИ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ               |     |
| 2. Л.В. Хвостівська, В.В. Казьмірів, А.В. Ремез          |     |
| ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ НА | 119 |
| ФОНІ ЗАВАД                                               |     |
| 3. Н.Г. Гончаро, М.О. Хвостівський                       |     |
| ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА МАГНІТОКАРДІОСИГНАЛІВ В БАЗИСІ ХААРА     | 121 |
| 4. А.А. Станько, А.Г. Микитшин, О.С. Голотенко           |     |
| КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ                | 122 |
| 5. Р.О. Ніколаїчук                                       |     |
| РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ НА      | 124 |
| БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ATMEGA                              |     |



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



*Студентське наукове товариство*



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

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"**

28-29 квітня 2022 р.

*(збірник тез конференції)*

*Тернопіль 2022*

УДК 664

Савчук О. – ст. гр. МОм-51, Фік М. – ст. гр. МОм-51

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **РОЗВИТОК ХАРЧОВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ – ОДИН З ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ**

Науковий керівник: к.т.н., доцент Зварич Н.М.

Savchuk O., Fik M.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

## **DEVELOPMENT OF FOOD ENGINEERING IS ONE OF THE WAYS TO INCREASE THE POTENTIAL OF FOOD INDUSTRY OF UKRAINE**

Supervisor: Ph.D., Assoc. Prof. Zvarych N.M.

Ключові слова: харчова промисловість, харчове машинобудування

Keywords: food industry, food engineering

Харчова промисловість України забезпечує соціально-економічну стабільність та продовольчу безпеку населення, відіграє важливу роль у зростанні української економіки, має значну частку в структурі промисловості (21,0% у 2017 р.), сприяє формуванню експортного потенціалу країни (23,1% промислового експорту) та є привабливою для іноземних інвестицій (26,1% від загального обсягу прямих інвестицій у промисловість України) [1].

Можливості для успішного реагування харчової промисловості України на глобальні виклики та інтеграцію у світовий простір є завдяки наявності природних ресурсів, географічному положенню та високому ступеню розвитку продовольчого сектора. Велика кількість підприємств виробляють широкий асортимент харчових продуктів, які відомі і конкурентоспроможні на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Сфера виробництва продовольства є однією з небагатьох галузей реального сектора економіки України, що демонструє поступове зростання, незважаючи на складні умови функціонування. Водночас посилення інтеграційних тенденцій, зокрема, імплементація Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, втрата традиційних ринків збуту в результаті російської агресії, поставили перед українськими виробниками харчових продуктів нові зовнішні та внутрішні виклики, подолання яких пов'язано з вирішенням багатьох проблем.

Серед проблем, що сьогодні обмежують розвиток виробництва харчової продукції слід відмітити:

— застарілість виробничого устаткування та ускладненням упровадження систем простежуваності для контролю безпечності харчових продуктів приводить до низької конкурентоспроможності окремих українських харчових продуктів порівняно з аналогічною продукцією країн ЄС і розвинених країн світу;

— низький рівень відтворення основних засобів підприємств харчової промисловості призводить до відставання вітчизняного виробничого потенціалу від світового техніко-технологічного рівня, а високий рівень зношування основних засобів (понад 50%) обмежує можливості випуску якісної й конкурентоспроможної продукції;



— затримка інноваційного оновлення матеріально-технічної бази харчового виробництва спричинена ускладненням фінансування, особливо для малих та середніх підприємств, через високі ставки банківського кредитування,

— нестача кваліфікованих кадрів технічних спеціальностей, спроможних працювати з сучасним виробничим обладнанням

— різниця в технічних і санітарних стандартах системи стандартизації і сертифікації харчових продуктів актуалізує прискорення процесу реформування системи технічного регулювання до європейської системи оцінки відповідності продукції згідно з європейськими директивами.

З другого боку, в Україні останнім часом виробництво машин і устаткування для виготовлення харчових продуктів скоротилося майже на третину [2]. Статистичні дані свідчать про загострення кризової ситуації у сучасній харчовій промисловості, пов'язаної із скороченням обсягів власного виробництва машин та устаткування та переорієнтацією вітчизняних харчових підприємств на імпорт технологічного обладнання. Необхідно створювати в Україні сприятливі умови для розвитку підприємств, що виробляють харчове обладнання. Увагу слід приділити розвитку наукоємних та високотехнологічних виробництв, розробці і впровадженню до виробництва аналогів кращих сучасних зразків харчового технологічного обладнання. Це потребує великих інвестиційних впливів у наукове забезпечення та оновлення технологічного парку харчового машинобудування але забезпечить високу якість продукції, її надійність довговічність та відповідність екологічним вимогам.

Однією з особливостей харчового машинобудування є раціональний вибір конструкційних матеріалів. Їх застосування обмежене санітарно – гігієнічними вимогами і обумовлене доступністю та вартістю. Зокрема, для виробництва елементів обладнання, що контактують з харчовим продуктом в харчовій промисловості дозволений вузький асортимент матеріалів. Використання кольорових сплавів, легованих і високолегованих сталей не завжди економічно оправдане, а зносостійкість конструкційних матеріалів в харчових середовищах часто зумовлена їх антикорозійними властивостями і характеристики міцності не завжди мають першорядне значення. Перспективним є використання в харчовому машинобудуванні полімерних, композитних та керамічних матеріалів для виготовлення деталей і вузлів технологічного обладнання. Результатом цього може стати зниження матеріало та енергоемності продукції.

Таким чином розвиток харчового машинобудування є одним з дієвих механізмів та інструментів вирішення проблем розвитку потенціалу ринку харчової промисловості, що дозволить здійснювати:

— модернізацію та реконструкцію, розширення діючих і будівництво нових виробничих потужностей відповідно до вимог і нормативів ЄС;

— підвищення ресурсо- та енергоефективності в харчовому виробництві,

— запровадження у виробництво енергоефективних заходів, зокрема, використання альтернативних видів палива; заміну обладнання на більш енергоефективне; впровадження системи комплексної переробки відходів та забезпечення глибокої переробки сировини.

**Література:** 1. Розвиток промисловості для забезпечення зростання та оновлення української економіки : науково-аналітична доповідь / за ред. д-ра екон. наук Дейнеко Л.В. ; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогнозув. НАН України». – К., 2018. – 158 с. 2. Нос М.Ю., Черненко Н.О. Управління міжнародною конкурентоспроможністю машинобудування в харчовій промисловості. – Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/22528/1/2017-11\\_1-06.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/22528/1/2017-11_1-06.pdf) - Назва з екрану.



|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Лотоцький Ю.<br><b>ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ<br/>ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ<br/>ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ</b>            | 73 |
| Shadrack Omosebi Oreofe<br><b>USE OF PROCAST COMPUTER SYSTEM IN FOUNDRY<br/>PROCESSES OF INVESTMENT CASTING</b>                             | 74 |
| Пітух А.<br><b>ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ КАНАТА<br/>ПІДЙИМАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИ ВІДРИВАННІ<br/>ВАНТАЖУ ВІД ЖОРСТКОЇ ОСНОВИ</b>      | 76 |
| Редьква Р.<br><b>РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЕННЯ СТИСНУТИХ<br/>ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ</b>                                              | 77 |
| Савицький Д., Замостний В.<br><b>ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ В<br/>ОБ'ЄКТАХ ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ</b>                     | 79 |
| Савчук О., Фік М.<br><b>РОЗВИТОК ХАРЧОВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ – ОДИН З<br/>ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ХАРЧОВОЇ<br/>ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ</b> | 82 |
| Сарабун С.<br><b>ТРИБОЛОГІЯ КОНТАКТУ. САМООРГАНІЗАЦІЯ<br/>ДИСИПАТИВНИХ СТРУКТУР</b>                                                         | 84 |
| Сметанкін С., Сапронова А., Палагній В.<br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ТРИВКОСТІ ЕПОКСИДНИХ<br/>КОМПОЗИТІВ У ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ</b>          | 86 |
| Сапронов О., Воробйов П., Соценко В.<br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ТРИВКОСТІ ЕПОКСИДНИХ<br/>КОМПОЗИТІВ У ПРИРОДНИХ УМОВАХ</b>                | 88 |
| Tanoe Ezekiel<br><b>SIMULATION OF STRESS-DEFORMED STATE OF CASTING<br/>DURING CRYSTALLIZATION</b>                                           | 90 |
| Борисюк В., Головач В.<br><b>СУШІННЯ МОЛОКА В АПАРАТАХ КОНТАКТНОГО ТИПУ</b>                                                                 | 92 |
| Кобзар І., Криворучко О.<br><b>ЗНОШУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОБЛАДНАННЯ У ХАРЧОВІЙ<br/>ПРОМИСЛОВОСТІ</b>                                             | 93 |
| Кравченко Р., Фік М.<br><b>ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ<br/>ПРОМИСЛОВОСТІ</b>                                                      | 94 |