

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут харчових технологій  
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та  
косметичних засобів**

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту ННІХТ

\_\_\_\_\_ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувачка кафедри ТЖХТ

\_\_\_\_\_ Тамара НОСЕНКО  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

**зі спеціальності: 181 Харчові технології**  
(код та назва спеціальності)

**освітньо-професійної програми: Технології рослинних олій, жирових та  
косметичних продуктів**

**на тему: Удосконалення технологічних процесів переетерифікації тропічних  
олій**

**Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТЖ-2-3М**

\_\_\_\_\_ САВЮК ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ  
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ ПОВНІСТЮ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник: ШЕМАНСЬКА ЄВГЕНІЯ ІВАНІВНА**  
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я ТА ПО БАТЬКОВІ ПОВНІСТЮ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Консультанти** \_\_\_\_\_ (підпис)  
(ПРІЗВИЩЕ ІМ'Я)

**Рецензент: ЧЕРНЮШОК Ольга**  
(ПРІЗВИЩЕ ІМ'Я)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Я, як здобувач Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав/ла і не одержував/ла недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Інститут (факультет) ННІХТ  
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів  
Освітній ступінь магістр  
Спеціальність 181 «Харчові технології»  
(код і назва)  
Освітньо-професійна програма «Технології рослинних олій, жирових та косметичних продуктів»  
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувачка кафедри ТЖХТ

“ \_\_\_\_\_ ” Тамара НОСЕНКО  
\_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

**САВЮК ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Удосконалення технологічних процесів переетерифікації тропічних олій**  
керівник роботи Шеманська Євгенія Іванівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затвердені наказом закладу вищої освіти від « 07 » жовтня 2024 р. № 882-КС
2. Строк подання здобувачем роботи 01 грудня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: катализатор гідратації – гліцерат натрію, сировина – пальмовий олеїн, готова продукція – переетерифікований жир марки 1
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):  
Вступ; Розділ 1 Науково-дослідна частина; 1.1. Аналіз літературних джерел; 1.2. Обґрунтування необхідності науково-дослідної роботи; 1.3. Експериментальна частина; 1.3.1. Матеріали дослідження. Опис методик проведення дослідження; 1.3.2. Результати досліджень та їх аналіз; 1.3.3. Висновки за результатами наукових досліджень; Розділ 2 Технологічна частина; 2.1. Обґрунтування та вибір асортименту продукції; 2.2 Аналіз й вибір технологічних схем; 2.3. Розрахунок сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів; 2.4. Аналіз, підбір, обґрунтування і розрахунок кількості обладнання; 2.5. Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження для забезпечення сталого розвитку; 2.6. Розрахунок виробничих площ; 2.7. Організація виробничого потоку; 2.9. Технохімічний контроль та менеджмент якості виробництва; Розділ 3 Охорона праці, Розділ 4 Система екологічного управління ; Розділ 5 Техніко-економічне обґрунтування технічних рішень; Висновки; Список використаної літератури.
5. Перелік графічного матеріалу  
Принципова технологічна схема – 1 арк. ;  
Апаратурно- технологічна схема рафінування – 1 арк.;  
Апаратурно-технологічна схема переетерифікації – 1 арк.;  
План цеху з компонуванням технологічного обладнання – 1 арк.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 7 жовтня 2024 р

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
ВСТУП	1.10.2024	
<b>РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b>		
1.1. Аналіз літературних джерел	2.10.2024	
1.2. Обґрунтування необхідності науково-дослідної роботи	8.10.2024	
1.3. Експериментальна частина		
1.3.1. Матеріали дослідження. Опис методик проведення досліджень.	10.10.2024	
1.3.2. Результати досліджень та їх аналіз	12.10.2024	
1.3.3. Висновки за результатами наукових досліджень	14.10.2024	
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>		
2.1. Обґрунтування та вибір асортименту продукції	16.10.2024	
2.2. Аналіз й вибір технологічних схем	18.10.2024	
2.3. Розрахунок сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів	20.10.2024	
2.4. Аналіз, підбір, обґрунтування і розрахунок кількості обладнання	28.10.2024	
2.5. Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження	30.10.2024	
2.6. Розрахунок виробничих площ	05.11.2024	
2.7. Організація виробничого потоку	08.11.2024	
2.8. Технохімічний контроль та менеджмент якості виробництва	10.11.2024	
<b>РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	12.11.2024	
<b>РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ</b>		
<b>РОЗДІЛ 5. ТЕО ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ</b>	16.11.2024	
<b>ВИСНОВКИ</b>	18.11.2024	
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b>	20.11.2024	
<b>ГРАФІЧНА ЧАСТИНА</b>	29.11.2024	
Надання магістерського проекту для попередньої перевірки на академплагіат	30.11.2024	
Надання магістерського проекту для остаточної перевірки на академплагіат	01.12.2024	

Здобувач

\_\_\_\_\_ Олександр САВЮК  
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Євгенія ШЕМАНСЬКА  
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

### **Савюк Олександр Васильович. Удосконалення технологічних процесів переетерифікації тропічних олій**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра з спеціальністю 181 «Харчові технології» освітньої програми «Технології рослинних олій, жирових та кометичних продуктів» - Національний університет харчових технологій, Київ, 2024 р.

Метою магістерської роботи є удосконалення технологічних процесів каталітичної переетерифікації з метою дослідження та впровадження ефективних каталізаторів переетерифікування.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси переетерифікування жирів.

У пояснювальній записці на основі проведеного аналізу було перевірено ефективність сучасних каталізаторів та дослідження технологічних умов для проведення переетерифікації. Також запропоновано результати досліджень для впровадження їх у виробництво. Виконано вибір і обґрунтування проектних рішень, проведено технологічні розрахунки та проектування технологічного процесу переетерифікації жирів. Проаналізовано сучасні технологічні лінії та підібрано технологічне обладнання. Розглянуто вимоги техно-хімічного контролю, нормативні документи.

Графічна частина містить креслення апаратурно-технологічних схем рафінування і переетерифікування жирів, плану цеху з компануванням обладнання та удосконалену принципову схему технологічного процесу.

Ключові слова: хімічна переетерифікація, каталітична активність, моногліцерат натрія, переетерифіковані жири.

## **Savyuk Oleksandr Vasylovych. Improvement of Technological Processes for the Interesterification of Tropical Oils**

Qualification work for obtaining a Master's degree in specialty 181 "Food Technologies" under the educational program "Technologies of Vegetable Oils, Fats, and Cosmetic Products" – National University of Food Technologies, Kyiv, 2024.

The aim of the master's thesis is to improve technological processes of catalytic transesterification with the aim of research and implementation of effective transesterification catalysts.

Object of the research: Technological processes of fat interesterification.

In the explanatory note, the efficiency of modern catalysts and technological conditions for carrying out interesterification were evaluated based on the conducted analysis. The study also provides research results for potential implementation in production. The selection and justification of design solutions were performed, along with technological calculations and process design for fat interesterification. Modern technological lines were analyzed, and appropriate technological equipment was selected. Requirements for techno-chemical control and regulatory documents were reviewed.

The graphical part includes drawings of apparatus-technological schemes for fat refining and transesterification, a workshop layout with equipment arrangement, and an improved schematic diagram of the technological process.

Keywords: chemical transesterification, catalytic activity, sodium monoglyceride, transesterified fats.

## Зміст

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....	8
1.1. Аналітичний огляд науково-технічної та патентної літератури .....	8
1.2. Обґрунтування необхідності науково-дослідної роботи .....	12
1.3. Експериментальна частина .....	14
1.3.1. Опис методик проведення досліджень .....	14
1.3.2. Результати досліджень та їх аналіз .....	18
1.3.3. Висновки за результатами наукових досліджень .....	21
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	22
2.1. Обґрунтування та вибір асортименту продукції .....	22
2.2. Аналіз та вибір технологічних схем .....	25
2.3. Розрахунок сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів .....	26
2.4. Аналіз, підбір і розрахунок кількості обладнання .....	32
2.5. Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження для забезпечення сталого розвитку .....	41
2.6. Розрахунок виробничих площ .....	43
2.7. Організація виробничого потоку .....	47
2.8. Технохімічний контроль та менеджмент якості виробництва .....	50
3. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	52
4. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ .....	55
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ .....	61
ВИСНОВКИ .....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	68

## ВСТУП

Олієжирова промисловість займає ключову позицію у харчовій галузі, забезпечуючи значну частку продукції, необхідної для створення різноманітних харчових продуктів. Розширення виробничих потужностей супроводжується модернізацією підприємств, впровадженням новітніх технологій і обладнання, що сприяє підвищенню технічного рівня та ефективності. Сучасні підприємства, як правило, використовують безперервні технологічні процеси, що відповідають вимогам часу.

У багатьох країнах освоєння технології переестерифікації олій і жирів стало важливим етапом розвитку жиропереробної галузі. Цей метод забезпечує покращення якості продукції, розширення її асортименту та підвищення біологічної цінності харчових жирів.

**Актуальність теми.** Переестерифікація дозволяє отримувати різноманітні за фізико-хімічними властивостями жири та жирові продукти, використовуючи обмежений набір жирової сировини. Цей процес може відбуватися за температури 250 °C та вище без каталізатору, але в цьому випадку проходить дуже повільно, а також відбуваються інші небажані зміни (ізомеризація, полімеризація, деструкція).

Промислова хімічна переестерифікація потребує використання каталізаторів, серед яких найбільш поширеними є етилат та метилат натрію. Застосування цих речовин пов'язане з багатьма труднощами, тому актуальними є удосконалення переестерифікування жирів та впровадження нових та більш доступних каталізаторів переестерифікації жирів.

**Мета і завдання досліджень.** Метою магістерської роботи є удосконалення технологічних процесів каталітичної переестерифікації, дослідження та впровадження ефективних каталізаторів переестерифікування жирів.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні завдання:

- 1) провести аналіз науково-технічної та патентної літератури;
- 2) синтез каталізаторів метилату та гліцерату натрія в лабораторних умовах;

- 3) провести експериментальні дослідження зміни температури плавлення при проведенні переестерифікації різними каталізаторами;
- 4) порівняти каталітичну активності сучасних каталізаторів.

**Об'єкт дослідження** – технологічні процеси переестерифікування жирів

**Предмет дослідження** – характеристики каталізаторів переестерифікації; технологічні параметри переестерифікування пальмового олеїну.

**Методи досліджень.** Ефективність каталізаторів оцінювалася за зміною температури плавлення переестерифікованого жиру, зростання якої під час переестерифікування свідчить про ефективний перебіг процесу. Визначення температура плавлення проводили за ДСТУ ISO 6321:2003 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення точки плавлення у відкритому капілярі (точка плинину)». Фізико-хімічні показники пальмового олеїну визначено за стандартними методиками.

**Практичне значення** одержаних результатів для олієжирової галузі полягає у удосконаленні технології переестерифікації з використанням сучасних каталізаторів.

Апробація результатів НДР

90 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 11-12 квітня 2024 р.

Публікації

Олександр Савюк, Євгенія Шеманська Порівняння ефективності каталізаторів переестерифікації жирів Матеріали 90 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 11-12 квітня 2024 р. – К.: НУХТ, 2024 р. – Ч.1. – С. 337.

## РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 1.1. Аналітичний огляд науково-технічної та патентної літератури

Такі методи модифікації природних жирів та олій, як змішування, фракціонування, гідрування, полягають в тому, що одночасно, в тій чи іншій мірі, змінюється жирнокислотний та триацилгліцерольний склад цих жирів. Модифікація олій та жирів методом низькотемпературного каталітичного переестерифікування відрізняється від наведених вище технологій тим, що не впливає на ступінь перетворення жирних кислот та не викликає їх ізомеризації, повністю зберігаючи жирнокислотний склад початкового жиру. Це дає змогу отримувати жири з унікальними фізико-хімічними властивостями, використовуючи обмежений набір сировини, включаючи природні та гідрогенізовані рослинні олії, а також тваринні жири [1, 2].

Цей метод розглядається як ефективна альтернатива для створення жирових основ маргаринів, шортенінгів та інших спеціалізованих жирів без транс-ізомерів, відомих своїм негативним впливом на здоров'я людини [3].

Сучасні наукові дослідження свідчать, що природні жири та олії часто мають незбалансований жирнокислотний склад, що не відповідає сучасним вимогам до здорового харчування. Завдяки переестерифікації можна отримувати жири із заданим співвідношенням насичених, моно- та поліненасичених жирних кислот, а також регулювати пропорції  $\omega 6$  до  $\omega 3$ , що має велике значення для дієтичного харчування.

Розширені можливості технології, Комбінуючи переестерифікацію з іншими методами модифікації, можна створювати продукти із заданими фізико-хімічними та функціональними властивостями, що відповідають специфічним вимогам харчової промисловості сучасності. Наприклад, такі жири використовуються у виробництві столових і дієтичних маргаринів, рідких кулінарних жирів, салатних олій, кондитерських жирів тощо [1, 2].

В останні роки в харчовій промисловості спостерігається тенденція до збільшення споживання тропічних олій – пальмової, пальмоядрової, кокосової. В залежності від вмісту і складу жирних кислот визначаються області застосування тропічних олій.

Переваги їхнього використання як рецептурних інгредієнтів багатьох харчових продуктів полягають у тому, що спеціалізовані жири, виготовлені на основі тропічних олій, відрізняються низьким вмістом трансізомерів жирних кислот у порівнянні з жирами, виготовленими з використанням гідрогенізованої соняшникової олії.

На сьогодні актуальним є удосконалення процесу переетерифікації, включаючи розробку нових каталізаторів. Вони мають усунути недоліки нинішніх каталізаторів, що використовуються в промисловості України, і забезпечити підвищену технологічну ефективність.

Зокрема, перспективним напрямом є створення каталізаторів, які були б більш доступними, економічними та ефективними у використанні. Такі розробки дозволять знизити собівартість готової продукції, одночасно покращуючи її якість і відповідність вимогам екологічної та харчової безпеки [4].

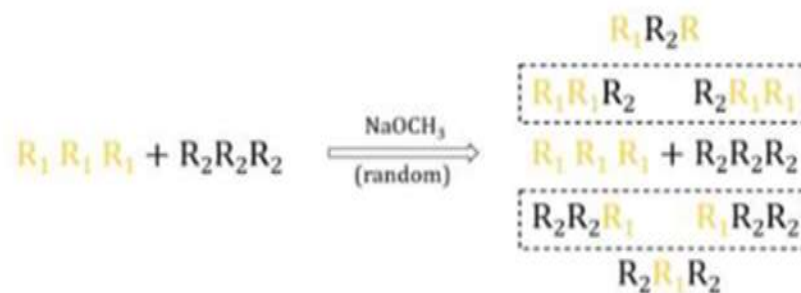
Освоєння технологічного процесу переетерифікації олій та жирів розглядається як інноваційний підхід у розвитку жиропереробної промисловості багатьох країн. Ця технологія дозволяє покращити якість продукції, розширити асортимент і підвищити її біологічну цінність. Вона також сприяє зниженню кількості транс-ізомерів жирних кислот, які негативно впливають на здоров'я людини [1].

Інноваційні підходи до модифікації жирів відкривають нові перспективи для харчової промисловості. Зокрема, переетерифікація дозволяє не лише підвищити якість і стабільність жирів, а й адаптувати їх до потреб сучасного споживача. Ця технологія сприяє зниженню вмісту насичених жирних кислот та усуненню транс-ізомерів, що робить отриману продукцію більш безпечною і корисною. Важливим аспектом є можливість розробки жирів із заданими фізико-хімічними властивостями для створення маргаринів, кондитерських жирів та кулінарних олій, які відповідають тенденціям здорового харчування [2, 6].

Переетерифікація – це процес, у якому естери жирних кислот обмінюються між собою або з іншими жирними кислотами карбоксильними залишками, утворюючи нові складні ефіри. Реакція в цілому може бути розглянута як розщеплення

ацилгліцеролів, змішування жирних кислот та їх повторне з'єднання. Без використання каталізаторів цей процес потребує температур понад 250 °C і відбувається дуже повільно, супроводжуючись побічними ефектами, такими як ізомеризація, полімеризація та деструкція [3].

При випадковій переетерифікації жирнокислотні радикали вільно переміщуються з однієї позиції на іншу в одному і тому ж гліцериді, або від одного гліцериду до іншого. Після перегрупування жирних кислот досягається рівновага, яка ґрунтується на складі вихідної сировини [3]. Якщо переетерифікація застосовується до двох чистих тригліцеридів, кожен з яких з трьома ідентичними жирними кислотами (AAA та BBB), результат може містити шість різних тригліцеридів (AAA, AAB, ABA, ABV, BAA та BBB) .



Залежно від типу каталізаторів виділяють хімічну та ензимну (ферментативну) переетерифікацію. Хімічна переетерифікація є більш доступною за вартістю (хімічні каталізатори набагато дешевші за ліпази) , але має певні недоліки, пов'язані з вибухотапожежонебезпечністю деяких каталізаторів.

Основні каталізатори, що використовуються у процесі, включають:

Лужні метали (натрій і калій): концентрація каталізатору (0,1–1)%, температура (25–270 °C) [4].

Алкоксиди (метилат або етилат натрію): концентрація (0,1–2)%, температура (50–120 °C).

Гідроксиди лужних металів (натрію або калію): концентрація (0,5–2)%, температура (150–250 °C) [5].

Найчастіше у промисловості використовуються метилат і етилат натрію. Ці речовини виконують роль ініціаторів для утворення активного каталізатора — гліцератаніону, який забезпечує швидку та ефективну реакцію [2].

Але використання вищенаведених каталізаторів переестерифікації ускладнюється наступними недоліками [4]:

Лужні метали: висока реакційна здатність, вибухо- та пожежонебезпечність при контакті з водою та при нагрівнні, втрата активності через утворення оксидних плівок.

Алкоксиди: токсичність, необхідність герметичного зберігання, вибухо- та пожежонебезпечність, безповортна втрата каталітичної активності.

Гідроксиди: менша активність, потреба у вищих температурах, що може спричинити утворення небажаних транс-ізомерів [4, 7].

Хімічна переестерифікація є найбільш поширеною завдяки своїй економічності, доступності обладнання та перевірності технології. Цей метод дозволяє отримувати високоякісні жири з низьким вмістом транс-ізомерів, які використовуються у харчовій промисловості для виробництва маргаринів, кулінарних жирів і кондитерських виробів [4].

Процес хімічної переестерифікації відбувається у два етапи. Спочатку використовується передкаталізатор (метилат натрію  $\text{CH}_3\text{ONa}$ ), який взаємодіє з тригліцеридами, утворюючи активний істинний каталізатор моногліцерат натрію. На другому етапі відбувається основна реакція переестерифікації – обмін радикалами між тригліцеридами та гліцератом натрію, в результаті якої формуються нові тригліцериди з переестерифікованими жирними кислотами [3].

## 1.2. Обґрунтування необхідності науково-дослідної роботи

Розвиток харчової промисловості, особливо в сегменті виробництва жирів та олій, є одним із ключових напрямів забезпечення продовольчої безпеки. У сучасних умовах все більша увага приділяється створенню інноваційних продуктів, які поєднують високу якість із відповідністю принципам здорового харчування. Одним із найважливіших аспектів є розробка спеціалізованих жирів з урахуванням потреб кінцевих споживачів, технологічних вимог харчових виробництв і стандартів екологічності [7].

В Україні олієжирова промисловість займає провідне місце у харчовій індустрії, забезпечуючи значну частку експорту продовольчої продукції. Проте внутрішній ринок стикається із численними викликами, зокрема потребою у зниженні залежності від імпортованих каталізаторів для виробництва модифікованих жирів. Це питання є особливо актуальним у контексті прагнення до створення технологій, які базуються на вітчизняних розробках і доступній сировині [8].

На сучасному етапі технологія переетерифікації є однією з найперспективніших у жиропереробній галузі. Вона дозволяє отримувати продукти з високою стабільністю, низьким вмістом насичених жирних кислот і мінімальною кількістю транс-ізомерів. Такі жири стають основою для виробництва маргаринів, кулінарних жирів, кондитерських мас та інших харчових продуктів спеціального призначення. Проте багато підприємств України стикаються з проблемами впровадження цієї технології через високі витрати на каталізатори, складність зберігання та токсичність деяких речовин, таких як метилат або етилат натрію [9].

Одним із важливих напрямів досліджень є пошук і розробка нових каталізаторів, які б поєднували високу ефективність із доступністю та екологічністю. Такі каталізатори повинні забезпечувати низькотемпературну переетерифікацію, зменшуючи енергетичні витрати і кількість побічних продуктів, зокрема транс-ізомерів жирних кислот. Це дозволить значно знизити собівартість готової продукції

та підвищити її конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках [10].

Крім того, сучасні тенденції здорового харчування сприяють зростанню попиту на продукти із збалансованим жирнокислотним складом, зокрема оптимальним співвідношенням  $\omega_6$  до  $\omega_3$  жирних кислот. Використання переетерифікації дозволяє виробляти спеціалізовані жири, які відповідають цим вимогам. Це особливо важливо для харчових продуктів функціонального призначення, збагачених корисними компонентами, такими як поліненасичені жирні кислоти [7].

Актуальність науково-дослідної роботи також обумовлена зростаючими вимогами до екологічної безпеки виробничих процесів. Традиційні хімічні каталізатори мають ряд недоліків, включаючи токсичність, вибухонебезпечність і високу чутливість до умов зберігання. Це створює значні ризики для підприємств, особливо в умовах обмежених ресурсів та необхідності імпорту каталізаторів. Пошук альтернативних каталізаторів, які не лише підвищують ефективність процесів, але й зменшують їхній вплив на навколишнє середовище, є нагальним завданням [8, 11].

Таким чином, дослідження у сфері удосконалення процесу переетерифікації та розробки нових каталізаторів мають не лише наукове, а й практичне значення. Їх реалізація сприятиме зміцненню позицій української олієжирової промисловості, зменшенню залежності від імпортних технологій і забезпеченню випуску конкурентоспроможної продукції, що відповідає міжнародним стандартам якості та безпеки.

### 1.3. Експериментальна частина

#### 1.3.1. Опис методик проведення досліджень

##### Гідроксид натрію

Гідроксид натрію, також відомий як каустична сода або натрій гідроксид (NaOH), є неорганічною сполукою, що проявляє сильні лужні властивості. Це біла, гігроскопічна кристалічна речовина, яка активно розчиняється у воді з виділенням значної кількості тепла. Гідроксид натрію є їдким, викликає омилення жирів на шкірі та хімічні опіки, а також спричиняє корозію деяких металів.

##### Метилат натрію

Метилат натрію (метоксид натрію) має хімічну формулу  $\text{CH}_3\text{ONa}$ . Це безбарвна, тверда речовина, яка при нормальних умовах існує у формі порошку. Його широко застосовують у хімічній промисловості як реагент завдяки сильним лужним властивостям.

Для отримання метилату натрію здійснюють екзотермічну реакцію між метанолом і металевим натрієм, у результаті якої виділяється чистий водень:

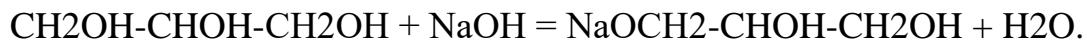


У промисловості метилат натрію використовується як ініціатор для утворення активного каталізатора переестерифікації — гліцерат-аніона. Цей аніон сприяє обміну жирних кислот між молекулами ацилгліцеролів, що є ключовим етапом у процесі переестерифікації [7].

##### Гліцерат натрію

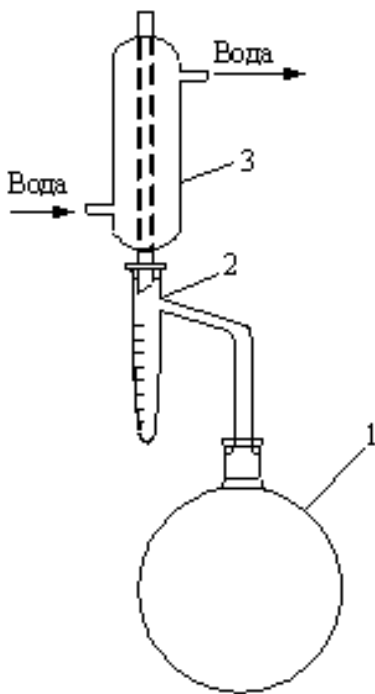
Гліцерат натрію, який утворюється як активний каталізатор у реакціях переестерифікації, отримують шляхом взаємодії гліцерину з натрієм у розчині абсолютного спирту. При нагріванні до  $100\text{ }^\circ\text{C}$  у середовищі зниженого тиску (спирт випаровується) гліцерат натрію кристалізується в білу, гігроскопічну речовину. Інший метод, найбільш розповсюджений, передбачає взаємодію безводного гліцерину з їдким натром при температурі до  $120\text{ }^\circ\text{C}$ . Під час цієї реакції виділяється

вода, а подальше нагрівання (до 145 °С) забезпечує випаровування залишкової вологи та утворення кристалічної маси:



У лабораторних умовах була обрана наступна методика синтезу : р-н гліцерину у толуолі з натрій гідроксидом ретельно перемішували та кипятили з насодкою Діна-Старка з зворотнім холодильником. Воду , що утворилася у ході реакції відділяли , по завершенні реакції реакційну суміш відфільтровували на фільтрі Шотта та сушили при пониженому тиску від залишків розчинника.

Схема обладнання для синтезу гліцерату натрію



Для проведення переестерифікації у промислових умовах важливо дотримуватися певних фізико-хімічних показників жирів. Зокрема, вміст вологи та летких речовин у сировині повинен становити менше 0,015%, рівень вільних жирних кислот — менше 0,05%, а пероксидне число — не перевищувати 0,25  $\frac{1}{2}\text{O}$  ммоль/кг. Високий вміст вологи та летких речовин може значно знизити ефективність каталізаторів, особливо лужних [8].

Для пальмового олеїну відповідно до ДСТУ 4438 встановлено такі норми: вміст вологи та летких речовин — не більше 0,1%, кислотне число — не більше 0,2 мг

КОН/г. Це дозволяє використовувати лужні каталізатори для цієї сировини без додаткової підготовки, як-от глибоке сушіння або спеціальна лужна нейтралізація [9].

Синтез каталізаторів. У дослідах використовувався промисловий метилат натрію що зберігався довгий час (близько року) у належних умовах а також , для порівняння , «свіжоприготовлений» алкоксид . Методика синтезу метилату натрію: до метанолу у круглодонній колбі зі зворотним холодильником при ретельному перемішуванні якорем магнітної мішалки, обережно прибавляємо порціями Na , попередньо очищений від оксидної плівки. Реакція екзотермічна з виділенням газу водню. Перемішуємо до розчинення натрію та видаляємо розчинник при пониженому тиску на роторному випаровувачі.

Взаємодією чистого безводного гліцерину з порошкоподібним їдким натром за температури до 120 °С, після чого виділяється вода, і при подальшому нагріванні з випаровуванням води отримуємо гліцерат натрію. Перед використанням для переетерифікації ретельно посушений при пониженому тиску від залишків вологи.

Визначення температури плавлення. Температуру плавлення вихідного та переетерифікованих зразків визначали відкритим капілярним методом. Зразки обережно розплавляємо і поміщаємо у капілярні трубки. Трубки залишаємо у холодильнику протягом деякого часу. Прикріплюємо капілярну трубку до градусника зі ціною поділки 0.5 С таким чином , щоб речовина знаходилася у безпосередній близькості до кульки термометра. Термометр із прикріпленою капілярною трубкою поміщають у склянку так, щоб відстань між дном склянки і нижньою частиною кульки термометра становила 1 см. склянку наповнюємо водою, щоб висота шару становила 5 см. Підвищуємо температуру води зі швидкістю близько 1 С за хв. За температуру плавлення приймаємо значення, за якого речовина починає підніматися в капілярі. Розраховуємо результат як середнє з трьох значень.

Визначення фізико-хімічних показників пальмового олеїну відповідно наступних методик:

ДСТУ 4350:2004 Олії. Методи визначання кислотного числа;

ДСТУ 4570:2006 Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа;  
ДСТУ 4569:2006 Жири тваринні і рослинні та олії. Методи визначання йодного числа;

ДСТУ ISO 3657:2004 Жири тваринні і рослинні та олії. Визначання числа омилення;

ДСТУ 6050:2008 Жири тваринні і рослинні та олії. Метод визначання неомильних речовин;

ДСТУ ISO 6320-2001 Жири та олії тваринні і рослинні. Визначання показника заломлення;

ДСТУ 4438:2005 Олієн пальмовий. Загальні технічні умови. Додаток Б  
Визначення густини за допомогою пікнометрів.

### 1.3.2. Результати досліджень та їх аналіз

В якості тестового зразку використано олеїн пальмовий. Згідно з ДСТУ 4438:2005 олеїн пальмовий виготовляють в неочищеному вигляді – сирий пальмовий олеїн (ОлПС) та сирий суперолеїн (СОлПС); в очищеному вигляді – пальмовий олеїн нейтралізований (ОлПН); пальмовий суперолеїн нейтралізований (СОлПН); пальмовий олеїн рафінований, вибілений, дезодорований (ОлПРВД); пальмовий суперолеїн рафінований, вибілений, дезодорований (СОлПРВД) [23].

Пальмовий олеїн – це рідка фракція, яку отримують шляхом фракціонування пальмової олії. Процес фракціонування включає в себе охолодження олії при певних умовах. Слідом за цим відбувається пропускання кристалів олії через спеціальні мембрани та вплив на них тиску. В результаті отримують рідкий олеїн та твердий стеарин, які є головними експортними продуктами.

У теплі олеїн зберігає повністю рідкий стан. Він може змішуватися з іншими видами рослинної олії для того, щоб залишатися рідким при більш низьких температурах. Суміш пальмового олеїну з 70 % олії залишається рідкою при температурі 0 °С протягом не менш 5 годин.

Характеристики пальмового олеїну наведена в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1 Характеристики дослідного зразку пальмового олеїну

№	Характеристики	Значення
1	Температура плавлення, °С	21,4
2	Відносна густина, г/мл при 40 °С	0,8977
3	Коефіцієнт рефракції $n_D$ 40 °С	1,4591
4	Число омилення, мг КОН/г	196
5	Йодне число (за Війсом), г I <sub>2</sub> /100 г	58
6	Кислотне число, мг КОН/г	0,15
7	Пероксидне число, ммоль ½ O/кг	1,7
8	Масова частка неомильних речовин, %	1.3

Таблиця 2 Жирнокислотний склад пальмового олеїну [17]

Найменування та позначення кислоти	Відносна масова частка жирних кислот, % від загальної суми
Лауринова (C12:0)	0,3
Міристинова (C14:0)	1,0
Пальмітинова (C16:0)	40,5
Пальмітоолеїнова (C16:1)	0,2
Стеаринова (C18:0)	4,2
Олеїнова (C18:1)	41,9
Лінолева (C18:2)	11,7
Ліноленова (C18:3)	0,4
Арахінова (C20:0)	0,4
Гондоїнова (C20:1)	0,2
Бегенова (C22:0)	0,1
Насичені жирні кислоти	46,4
Мононенасичені жирні кислоти	42,3
Поліненасичені жирні кислоти	12,1

У разі використання лужних каталізаторів вихідний жир повинен бути сухим та вільним від жирних кислот і пероксидів, оскільки вони знижують активність каталізатора. Тому для переетерифікації використаний пальмовий олеїн рафінований, вибілений, дезодорований (ОлПРВД).

З зразком рафінованого дезодорованого пальмового олеїну проведено переетерифікування у присутності таких каталізаторів як метилат натрію, гліцерат натрію за наступних умов: тривалість 1,5 год., температура 110 °С, концентрація каталізатору 0,1% та гідроксид натрію : тривалість 1,5 год., температура 150 °С, концентрація каталізатору 0,5 %

Значення температур плавлення визначено відкритим капілярним методом та наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – Значення температур плавлення сировини та переестерифікованих зразків

№	Використаний каталізатор	Значення температур плавлення, °C			Середнє значення температур плавлення, °C	Різниця температур плавлення початкового та переестерифікованого зразка, °C
		31,0	30,8	30,3		
1	Гідроксид натрія (NaOH)	31,0	30,8	30,3	30,7	9,3
2	Метилат натрія (CH <sub>3</sub> ONa)	33	32,2	32,5	32,6	11,2
3	«Свіжоприготовлений» метилат натрія (CH <sub>3</sub> ONa)	34,5	35	34	34,5	13,1
4	Гліцерат натрія	37	37,5	37,2	37,2	15,8

Також були розраховані довірчі інтервали

Таблиця 4. Довірчі інтервали

	Рівень значущості	Стандартне відхилення сукупності для діапазону даних	Розмір вибірки	Вибіркове середнє	Значення довіри	Верхня межа довірчого інтервалу (заокруглено до сотих)	Нижня межа довірчого інтервалу

Теоретично в цих зразках повинно спостерігатися наближення триацилгліцерольного складу переестерифікованих олій до статистично рівноважного, що у випадку пальмового олеїну супроводжується значним підвищенням температури плавлення. Таким чином, контролювання зміни температури плавлення пальмового олеїну дозволяє оцінювати ефективність проведення та повноту перебігу переестерифікування. Ці експериментальні дані також підтверджено в наукових роботах Українського науково-дослідного інституту олій та жирів Національної академії наук України [21,22].

### 1.3.3. Висновки за результатами наукових досліджень

Експериментальні дослідження підтвердили різницю температур плавлення початкового та переестерифікованого пальмового олеїну при використанні різних каталізаторів. Зокрема:

- для гідроксиду натрію різниця становила  $9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що є найгіршим результатом навіть за жорсткіших умов реакції;
- промисловий метилат натрію показав середній результат у  $13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що підтверджує його ефективність, однак не оптимальність;
- найкращі результати продемонстрував гліцерат натрію –  $15,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що свідчить про його високу каталітичну активність.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Обґрунтування та вибір асортименту продукції

Великим попитом при виробництві маргаринів, кулінарних, кондитерських, хлібопекарних жирів користуються спеціальні жири отримані методом переетерифікації.

Основною жировою сировиною рафінації і переетерифікації є природні жири рослинного та тваринного походження, хоча для переетерифікованих жирів не менш важливу роль відіграють гідрогенізовані жири, саломаси. Рослинні жири й олії бувають твердими та рідкими, тваринні – твердими. Останні поділяють на жири наземних тварин і морських ссавців, риб [19].

Враховуючи дефіцитність тваринних жирів, більш популярного використання набули рослинні жири (олії).

Таблиця 2.1.1.

<b>Жирова сировина</b>			
<b><i>Рослинні жири (олії)</i></b>		<b><i>Тваринні жири</i></b>	
<b>Рідкі</b>	<b>Тверді</b>	<b>Наземних тварин</b>	<b>Морських ссавців та риб</b>
Соєва	Масло-какао	Молочний	Китовий
Соняшникова	Кокосова	Свинячий	Кашалотовий
Ріпакова	Пальмова	Баранячий	
Арахісова	Пальмоядрова	Телячий	
Оливкова		Кістковий	
Бавовняна			
Кукурудзяна			
Ляна			

Таблиця 2.1.2.

### Базові рецептури переестерифікованих жирів

<i>Марка</i>	<i>Рецептурний номер</i>	<i>Компоненти</i>	<i>Масова частка компонентів, %</i>
1	№1	Пальмовий стеарин	30
		Саломас М5	30
	№2	Рідкі рослинні олії та їх суміші	40
			$\Sigma=100$
2	№1	Пальмовий стеарин	40-50
		Рідкі рослинні олії та їх суміші	60-50
	№2		$\Sigma=100$
		Олія пальмова	20-10
3	№1	Олія соняшникова	20-10
		Саломас М5	60-80
	№2		$\Sigma=100$
		Саломас М5, пальмова олія або їх суміші	25-30
	№3	Пряжені тваринні жири та їх суміші	25-30
		Рідкі рослинні олії	50-40
		$\Sigma=100$	
Пальмовий стеарин		60-70	
3	№1	Соняшникова та соєва олії	40-30
			$\Sigma=100$
	№2	Яловичий жир	40
		Олія соняшникова	30
3	№1	Саломас М5	30
			$\Sigma=100$
	№2	Саломас М6	60-80
		Олія соняшникова	20-10
3	№2	Олія пальмова	20-10
			$\Sigma=100$

Рекомендований рецептурний склад вихідної жирової суміші для отримання переетерифікованих жирів наведений у таблиці 2.1.3.

Таблиця 2.1.3.

**Рецептурний склад вихідної жирової суміші для отримання переетерифікованих жирів**

<i>Рецептурний номер</i>	<i>Компоненти</i>	<i>Масова частка компонентів, %</i>
№1	Пальмова олія або суміш з кокосовою	70-100
	Рослинні олії	30-0
№2	Пальмовий олеїн	50-70
	Суміш соняшникової та ріпакової олій	50-30

Переетерифікацією високоплавких натуральних або гідрованих жирів і олій з рідкими рослинними оліями отримують переетерифіковані жири, при використанні яких у маргариновій продукції значно підвищується її якість і харчова цінність, в ній знижується вміст ізомеризованих ненасичених кислот, біологічна роль яких вивчається протягом десятиліть.

Перспективні напрямки використання переетерифікованих жирів :

- створення харчових жирів зі збалансованим по фізіологічним даним співвідношення між діненасиченими, мононенасиченими і ненасиченими кислотами;
- покращення пластичності жирових основ маргаринової продукції, зміна характеру кристалізації жирових основ і стабілізації їх дрібнокристалічної структури;
- зниження вмісту або повне виключення з жирових композицій частково гідрованих ізомеризованих жирів.

## 2.2. Аналіз та вибір технологічних схем

Хімічна переестерифікація – перерозподіл жирних кислот у триацилгліцерилах за допомогою лужного каталізатора (порошкоподібний метилат і етилат натрію, гліцерат натрію, металевий натрій, сплави натрію і калією тощо).

Обмін естерами може бути забезпечений без участі каталізатора, просто за високих температур (понад 200 °C). Але за наявності кислоти, лугу або металу реакція може проходити за значно нижчих температур (20...100 °C). Найефективніші каталізатори – лужні метилати та сплави калію і натрію.

Технологічні умови хімічної переестерифікації: температура 70...120 °C, концентрація каталізатора 0,1...0,3 %, тривалість реакції 30...90 хв [16].

У разі використання лужних каталізаторів олія повинна бути сухою та вільною від жирних кислот і пероксидів, оскільки вони знижують активність каталізатора. Тому для переестерифікації використовують нейтралізовану олію [18].

В промислових умовах рафінація та переестерифікація здійснюється в періодичному, безперервному і напівбезперервному режимах. Схему технологічного процесу обирають за необхідною продуктивністю, наявності обладнання, вартості основних та допоміжних матеріалів і якості вихідної сировини [20].

Після аналізу існуючих технологічних схем різних фірм обрано безперервну технологічну схему рафінації олій на сепараційних лініях фірми "Альфа - Лаваль " з подальшою переестерифікацією жирів продуктивністю 60 т за добу. Дана технологічна схема дає змогу паралельно отримувати два готових продукти : переестерифіковані жири та рафіновану олію.

## 2.3. Розрахунок сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів

Матеріальний розрахунок зводиться до визначення величини відходів та втрат, виходу рафінованої олії і витрат реактивів, що використовуються. Ці розрахунки складають по стадіям виробництва.

### 2.3.1. Розрахунок матеріального балансу олій при гідратації олій.

*Відходи при гідратації.*

Вміст фосфатидів:

до гідратації - 1,6%

після гідратації - 0,1%

Відходи жиру в гідратаційний осад:

$$H_{\Gamma} = K_{\Gamma} * \Phi$$

$K_{\Gamma}$  – коефіцієнт, що показує у скільки разів величина відходів перевищує вміст фосфатидів та залежить від прийнятої схеми видалення. Для схем гідратації з використанням сепараторів  $K_{\Gamma}=1,7$ .

$\Phi$  – кількість фосфатидів, що видаляється.

$$H_{\Gamma} = 1,7 * (1,6 * /100) * 1000 = 30 \text{ кг/т}$$

Вихід гідратованої олії:

$$A_p = 1000 - H_{\Gamma}$$

$$A_p = 1000 - 30 = 970 \text{ кг/т.}$$

Витрата олії на 1т гідратованої:

$$B = 1000 * 1000 / A_p$$

$$B = 1000 * 1000 / 970 = 1030,93 \text{ кг/т.}$$

Витрати води на гідратацію соняшникової олії приймається

0,5 ÷ 3,0% від маси олії:

$$1030,93 * 0,02 = 21 \text{ кг/т}$$

**2.3.2. Розрахунок матеріального балансу олій при лужній рафінації.** Відходи олії при лужній рафінації утворюються за рахунок переходу частини жирів у соапсток і залучення їх промивними водами.

*Відходи жирів у соапсток.* Відходи жирів на даній стадії пропорційні витратам гідроксиду натрію на нейтралізацію вільних жирних кислот, що містяться в олії.

Витрати гідроксиду натрію на лужну рафінацію соняшnikової олії з початковим кислотним числом  $k. ч_{п}=2,2$  мг КОН при коефіцієнті надлишку  $\eta = 1,15$  складає:

$$Щ_{п} = k.ч_{п} \cdot 0,713 \cdot \eta = 2,2 \cdot 0,713 \cdot 1,15 = 1,8 \text{ кг/т.}$$

де 0,713 — відношення молярних мас гідроксиду натрію і калію.

Маса жирних кислот, що зв'язуються з гідроксидом натрію:

$$G_{ж.к} = Щ_{п} M_{ж.к} / M_{щ} = 1,8 \cdot 281 / 40 = 12,65 \text{ кг/т.}$$

де  $M_{ж.к}$  — молекулярна маса жирних кислот соняшnikової олії ( $M_{ж.к} = 281$ );

$M_{щ}$  — молекулярна маса гідроксиду натрію ( $M_{щ} = 40$ );

При періодичному методі рафінації вміст нейтрального жиру у соапстоці в середньому складає 40%.

Маса жирів, що переходить у соапсток:

$$G'_{ж.с} = G_{ж.к} \cdot 100 / (100 - 40) = 12,65 \cdot 100 / (100 - 40) = 21 \text{ кг/т,}$$

в тому числі вміст нейтрального жиру:

$$Ж_{п} = G'_{ж.с} - G_{ж.к} = 21 - 12,65 = 8,35 \text{ кг/т.}$$

Після відстоювання у рафінованій лугом олії в середньому залишається  $g_{м}=0,15\%=1,5$  кг/т у вигляді натрієвих солей. Звідси, відходи жиру у соапсток складають:

$$G''_{ж.с} = G'_{ж.с} - g_{м} = 21 - 1,5 = 19,5 \text{ кг/т.}$$

жирів у вигляді мила та нейтрального жиру ( $J_{об}=30\%$ ):

$$G_o = G''_{ж.с.} * 100 / J_{об} = 19,5 * 100 / 30 = 65 \text{ кг/т.}$$

*Відходи жирів при промивці.* При промивці з олії виводиться приблизно 95% мила, що залишилося в ній; відповідно в промивну воду переходить мила:

$$G'_m = g_m * 95 / 100 = 1,5 * 95 / 100 = 1,43 \text{ кг/т.}$$

Разом з милом у промивну воду переходе в середньому подвійна кількість нейтрального жиру.

Маса жиру у промивній воді:

$$U = G'_m * 3 = 1,43 * 3 = 4,3 \text{ кг/т,}$$

В тому числі маса нейтрального жиру:

$$J_n = G'_m * 2 = 1,43 * 2 = 2,86 \text{ кг/т.}$$

Приблизно 50% нейтрального жиру, що виноситься промивними водами, вловлюються цеховим жиром вловлювачем і повертається у процес. В дворовий жиром вловлювач скидаються промивні води, що містять жири масою:

$$U' = U - J_n * 0,5 = 4,3 - 2,86 * 0,5 = 2,87 \text{ кг/т.}$$

В дворовому жиром вловлювачі вловлюється до 60% від загальної кількості жирів у промивних водах. Всього виділяється:

$$U'' = U' * 0,6 = 2,87 * 0,6 = 1,72 \text{ кг/т.}$$

Цей жир являє собою відходи виробництва і використовується для технічних цілей.

*Інші відходи* при лужній нейтралізації періодичним методом приймають  $\psi = 0,2 \text{ кг/т.}$

Сума відходів при лужній нейтралізації:

$$\Sigma O = G''_{ж.с.} + U'' + \psi = 19,5 + 1,72 + 0,2 = 21,4 \text{ кг/т.}$$

*Втрати з промивними водами* являють собою різницю між масою жирів, що виносяться водою з цехового жировловлювача  $U' = 2,87 \text{ кг/т}$  і масою жирів, що вловлюються дворовим жиром вловлювачем,  $U'' = 1,72 \text{ кг/т}$ :

$$\Psi_1 = U' - U'' = 2,87 - 1,72 = 1,15 \text{ кг/т.}$$

*Втрати при висушуванні* визначається як різниця між вмістом вологи та летких речовин в олії, що поступає на рафінацію,  $x_1 = 0,15\% = 1,5 \text{ кг/т}$  і в олії, що виходить з вакуум-сушильного апарату,  $x_2 = 0,02\% = 0,2 \text{ кг/т}$ :

$$\Psi_2 = 1,5 - 0,2 = 1,3 \text{ кг/т}$$

*Інші втрати* на стадії лужної рафінації, за практичними даними, приймаються :

$$\Psi_3 = 0,02\% = 0,2 \text{ кг/т.}$$

Сума втрат при лужній нейтралізації складає:

$$\Sigma\Psi = \Psi_1 + \Psi_2 + \Psi_3 = 1,15 + 1,3 + 0,2 = 2,65 \text{ кг/т.}$$

Загальна сума відходів і втрат на стадії лужної нейтралізації, включаючи промивання і висушування, складає:

$$\Sigma O + \Sigma\Psi = 21,4 + 2,65 = 24,05 \text{ кг/т.}$$

Вихід рафінованої олії:

$$A_{p1} = 970 - (\Sigma O + \Sigma\Psi) = 970 - 24,05 = 945,95 \text{ кг/т.}$$

### ***Продуктовий баланс рафінації.***

<b>Стаття витрат</b>	<b>Вихід з 1 т, що рафінується, кг</b>	<b>Витрати на 1т, кг</b>	<b>Добовий вантажообіг, т</b>
Вихідний жир	1000,0	1060,3	63,62
Жир гідратований	970	1030,93	61,85
Жир нейтралізований лугом, промита та висушена	945,95	1057,14	63,43
Відходи: всього	56,87	29,37	1,76
із них на стадії:			
гідратації	30	-	-
лужної рафінації	21,4	22,7	1,36
Безповоротні втрати	2,72	3,73	0,22

### **2.3.3. Розрахунок матеріального балансу жирів при переетерифікації.**

Загальні витрати каталізатора ( алкоголяту натрію ) на переетерифікацію

жирів визначають за формулою :

$$P = 0,03 + 3,8 \cdot (H_2O) + 0,12 \cdot (KЧ) + 0,27 \cdot (ПЧ) , \text{ де}$$

0,03 – витрата алкоголяту натрію на утворення гліцерату натрію, % від маси жиру

(H<sub>2</sub>O) – масова частка вологи в жирі ( H<sub>2</sub>O = 0,035% )

(КЧ) – кислотне число ( КЧ= 1...5 мгКОН/г)

(ПЧ) – пероксидне число жиру ( ПЧ= 1...10/73) , ммоль 1/2O/кг

Втрати та відходи жирів в процесі переетерифікації приймаємо згідно норм :

Таблиця 3. Норми втрат та відходів жирів в процесі переетерифікації

Відходи та втрати на різних стадіях технологічного процесу	Норма відходів та втрат, % від маси жиру
Відходи на стадії:	
-переетерифікації суміші жирів і дезактивації каталізатора	0,70
-промивка переетерифікованого жиру	0,095
Втрати на стадії:	
-переетерифікації суміші жирів і дезактивації каталізатора	0,06
-промивка переетерифікованого жиру	0,1
-висушування переетерифікованого жиру	0,01
всього відходів та втрат	0,965

Таблиця 4. Матеріальний баланс переетерифікації

Сировина	Масова частка компонентів, %	Витрата компонентів, кг на 1 т переетерифікованого жиру	Витрата компонентів, т на задану продуктивність (60т/добу)
Марка 1			
Пальмовий олеїн	30	303	18.18
Саломас М5	30	303	18.18
Рідкі рослинні олії та їх суміші	40	404	24.24
Всього	100	1010	60.6

## 2.4. Аналіз, підбір і розрахунок кількості обладнання

2.4.1. *Змішувач – дозатор* призначений для дозування потрібної кількості води (конденсату) при змішуванні з олією за певної температури (45 - 50°C). Відношення кількості води до кількості жиру називається коефіцієнтом підмішування, що складає від 1:100 до 6:100.

Пристрій складається з корпусу 2 зі вставним соплом 3, що утворюють між собою змішувальну камеру 7, в яку вводиться через патрубок 4 ніпеля 5 конденсат, кількість якого регулюється гільковим вентиляем 6. Гідратуєма олія подається в сопло через патрубок 1 підтиском 0,2 – 0,25 МПа і при виході з вузької частини набуває значної швидкості, що призводить до створення розрідження у змішувальній камері, яке в свою чергу забезпечує підсос конденсату з ніпеля. Вихід емульсії, що утворюється у змішувальній камері, відбувається по дифузору 8 через насадку 9. Для різної продуктивності змішувач виготовляють зі змінними соплами, що мають діаметри вихідного отвору від 0,3 до 0,6 мм.

2.4.2. *Коагулятор* призначений для збільшення пластівців фосфатидів у процесі їх коагуляції та для формування гідратаційного осаду. Він виготовлений з вуглеводневої сталі і складається з циліндричного корпусу, конічного днища і плоскої знімної кришки, на якій розташований люк і встановлюється стойка мотор – редуктора, що приводить в обертання з частотою 13 об/хв. рамну мішалку, яка з'єднана з валом редуктора муфтою. Вал мішалки на кришці ущільнений сальником. Суміш олії з конденсатом вводиться через штуцер у верхній частині корпусу, суміш олії з пластівцями фосфатидів виводиться через нижній штуцер у відстійник безперервної дії. Апарат оснащений переливним штуцером і оглядовим склом. Об'єм апарату обирають з розрахунків

тривалості перебування у ньому суміші, 30 – 40 хв. і складає 2 м<sup>3</sup> (робочий об'єм 1,5 м<sup>3</sup>).

*2.4.3. Змішувач дисковий* призначений для швидкого змішування олії з розчином луґу (2 – 3 с), завдяки чому не відбувається омилення жирів при температурах змішування до 90°С. Змішування відбувається за рахунок центробіжних сил і сил тертя, що виникають при обертанні диску в невеликому просторі між корпусом і кришкою. Диск насаджений на кінець горизонтального валу, що приводиться до дії від електродвигуна через передачу, яка дозволяє мати частоту обертів диску 350, 500, 800 і 1200 об/хв. Потужність електродвигуна 1,1 кВт.

*2.4.4. Змішувач ножовий* призначений для змішування олії з водою при промивці за допомогою 20 плоских горизонтальних взаємоперпендикулярних сталевих ножів ромбічної форми, що насажені на вертикальний вал. Ножі обертаються всередині герметичного ковпака, закріпленого основою на станині. Вертикальний вал з ножами приводиться до дії від фланцевого електродвигуна потужністю 4,0 кВт, що ув'язнений в кожусі через передачу. Олію та пом'якшену воду подають в апарат під тиском по патрубку. Суміш жиру з водою виводиться через верхній штуцер в сепаратор. За допомогою передачі можна змінювати частоту обертів ножів від 400 до 600 і 1200 об/хв. Герметичність змішувача досягається підтисканням графітного кільця 9 пружиною. У випадку витoku жиру через це ущільнення всередину основи подається гаряча вода.

*2.4.5. Дезодоратор* призначений для відгонки з жиру ароматичних речовин, що надають жиру специфічний запах та смак. Одночасно при роботі під глибоким розрідженням в потоці водяної пари відганяється частина присутніх в жирі вільних жирних кислот.

Дезодоратор являє собою вертикальний зварний апарат з циліндричним корпусом, еліптичним днищем і кришкою. На кришці розташований сухопарник з краплевідбійником і патрубок для пари, що відганяється.

В середині апарату розташовано шість гріючих змієвиків для глухої пари та барботер для подачі перегрітої гострої водяної пари.

Апарат оснащений комплектом контрольно – вимірювальних пристроїв. Корпус апарату та всі інші деталі, що контактують з жиром виготовлені з кислотостійкої сталі. Апарат розрахований для роботи в умовах глибокого вакууму.

*2.4.6. Вакуум – сушільний апарат* безперервної дії призначений для сушіння і деаерації жирів після нейтралізації і промивання. Він являє собою вертикальний циліндричний зварний апарат з двома сферичними днищами і проміжком по середині корпусу на фланцевому з'єднанні. Жири, що осушуються, засмоктуються всередину ємкості завдяки вакууму через три знімних форсунки, що розташовані одна над одною. Для попередження виносу краплинок жиру з парами води над форсунками встановлюється крапле відбірник жалюзійного типу з двох ярусів кутів, що спираються на кільце, і розташованих поперечно один одному. У нижній частині апарату змонтовані контактні тарілки з козирками, на самому днищі розташований змієвик для підігріву жирів за необхідністю. Для спостереження за процесом встановлене оглядове скло, на рівні форсунок у нижній частині апарату знаходиться мірне скло, термометр і вакуумметр. Чистку і монтаж крапле відбірника здійснюють через люк. Висушені (до вологи 0,05%) і деаеровані жири збираються у нижній частині сушарки і насосом відкачуються через штуцер. Постійний рівень жирів в апараті підтримується поплавковим регулятором рівня,

вмонтованим в штуцер. Розрідження в апараті створюється пароежекторним вакуум – насосом, що відкачує повітря і пари води через штуцер. При цьому абсолютний залишковий тиск в апараті складає 5 – 8 кПа, що при температурі 80 -90 °С гарантує повне випаровування вологи. Апарат встановлений на кільцевій опорі, поверхня його покрита теплоізоляцією.

*2.4.7. Бак для переетерифікованого жиру* призначений для проміжного приймання саломасу, який надходить в дезодоратор.

Це сталевий зварний циліндричної форми геометричний вертикальний апарат з привареною сферичною кришкою та конусним днищем. У верхній частині апарату знаходиться люк для огляду та чистки.

***Бак для переетерифікованого жиру:***

Розрахуємо потрібну кількість збірника переетерифікованих жирів:

$$G_{ц} = m \cdot \varphi = 7,3 \cdot 0,8 = 5,84 \text{ т/год}$$

$m$  – робоча ємність збірника переетерифікованих жирів, т;

$\varphi$  - коефіцієнт заповнення.

Добова потужність збірника переетерифікованих жирів складає:

$$G_a = (G_{ц} \cdot T_c) / T_{ц} = (5,84 \cdot 24) / 2,0 = 70 \text{ т/добу.}$$

$G_{ц}$  – продуктивність збірника переетерифікованих жирів за год, т;

$T_c$  – кількість годин роботи збірника переетерифікованих жирів за добу;

$T_{ц}$  – повний цикл роботи збірника переетерифікованих жирів, в год.

Необхідну кількість збірника переетерифікованих жирів розраховуємо за формулою:

$$h = M/G_a = 60/70 = 0,86 \cong 1 \text{ збірник.}$$

$M$  – продуктивність цеху переетерифікації, т/добу.

Для даної технологічної схеми необхідно встановити 1 бак для переетерифікованого жиру.

*2.4.8. Пароежекторний вакуум – насос* обслуговує деаераційний і вакуум – сушильний апарати безперервної дії. Він являє собою агрегат з трьох послідовних паро ежекторів і двох барометричних конденсаторів. Через патрубки вакуум – насосу відсмоктує з апарату вологу, що випаровується, у суміші з повітрям, подається робоча пара і охолоджуюча вода, відводиться конденсат і охолоджуюча вода, яка повертається в систему водопостачання.

*2.4.9. Підігрівач (пластинчастий теплообмінник).* Для нагрівання жирів глухим водяним паром при рафінації з використанням сепараторів застосовують пластинчасті теплообмінники.

Він являє собою апарат, що складається з пакету тонких вертикальних гофрованих пластин, виготовлених з кислотостійкої сталі. Пластини розташовані у вертикальній площині і притуляються один до одної. Вони монтуються на рамі і щільно стискаються за допомогою ущільнювальних плит. Між пластинами вкладаються резинові ущільнювачі. При збірці між робочими поверхнями двох сусідніх пластин утворюється отвір (3 – 6 мм), в якому досягаються значної швидкості руху олії та пари і відносно великий коефіцієнт теплопередачі при низькому гідравлічному опорі.

У зібраному теплообміннику створюються дві системи герметичних камер, що ізольовані одна від одної, одна для – олії, що нагрівається, інша для граючої пари. У зібраному вигляді апарат закривається кожухом з листової сталі.

*2.4.10. Сепаратор.* Сепарування відбувається під дією центробіжних сил. Сепаратор являє собою барабан, що складається з двох частин: верхньої нерухомої та нижньої рухомої. Апарат оснащений патрубками для подачі розчину лугу, жиру та відводу охолоджуючої води. Сепаратор слугує для відділення шламу після обробки лугом.

*2.4.11. Полірувальний фільтр.* Апарат призначений для контролю – полірувального фільтрування дезодорованого жиру. Фільтрування відбувається через фільтрувальний папір масою 180 г/м<sup>2</sup>.

Фільтр має циліндричний зі сферичним дном корпус і сферичну знімну кришку. В циліндричний корпус вставляються фільтруючі елементи. Жир, що фільтрується, заповнює корпус апарату, проходить крізь фільтрувальний папір і сітку дисків, поступає в збірний колектор і виходить через патрубок.

Фільтр працює циклічно. Коли опір фільтру зростає і тиск в ньому підвищується до 0,3 МПа, фільтр зупиняють на чистку і зміну фільтрувального паперу.

*2.4.12. Жироохолоджувач.* Призначений для кінцевого охолодження дезодорованого жиру. Апарат має циліндричний корпус з еліптичним дном і знімною кришкою, на якій знаходиться люк. Перемішування здійснюється механічною мішалкою. Апарат встановлюється на підлозі приміщення.

Технічні характеристики основного і допоміжного обладнання є зводимо до таблиці 2.4.1.

Таблиця 2.4.1.

**Технічні характеристики основного і допоміжного обладнання**

<b>Обладнання</b>	<b>Основні дані</b>	<b>Розміри, мм</b>	<b>Маса, кг</b>
Фільтр для олії, що рафінується	Сітчастий, подвійний, сталевий	- висота – 1500 - діаметр – 1100	30
Бак для фосфорної кислоти	Місткість 0,17 м <sup>3</sup> з кислотостійкої сталі	- висота – 615 - діаметр – 600	45
Бак для лимонної кислоти	Місткість 0,17 м <sup>3</sup> з кислотостійкої сталі	- висота – 615 - діаметр – 600	45
Бак для гідроксиду натрію	Місткість 0,17 м <sup>3</sup> з кислотостійкої сталі	- висота – 615 - діаметр – 600	45
Бак для каустичної соди	Місткість 0,17 м <sup>3</sup> з кислотостійкої сталі	- висота – 615 - діаметр – 600	45
Змішувач ножовий	3 горизонтальними ножами, місткість 30 л, частота обертів ножів від 470 до 1200 об/хв.	930×1155×600	340
Сепаратор	Продуктивністю 80 – 150 т/добу	1170×1130×1700	1156
Вакуум – сушильний апарат	Місткість 1,6 м <sup>3</sup> , залишковий тиск 2,6 – 5,3 кПа	- висота – 3400 - діаметр – 900	1080
Пароежекторний блок	Продуктивність по парогазовій суміші, що відсмоктується, 70 – 85 кг/год.	1735×1200×2900	920

Обрана технологічна схема рафінації олій на сепараційних лініях фірми "Альфа - Лаваль " з подальшою переетерифікацією жирів продуктивністю 60 т за добу включає наступні апарати, назву і кількість яких зводимо у таблицю 2.4.1.

Таблиця 2.4.2

Назва апарату	Кількість
1	2
<i>Для ділянки рафінації</i>	
Фільтр	1
Насос	14
Підігрівач (пластинчастий теплообмінник)	2
Витратомір жиру	1
Змішувач	1
Коагулятор (експозитур)	1
Сепаратор	4
Ножовий змішувач	4
Дисковий змішувач	1
Вакуум – сушильний апарат	1
Пароежекторний блок	1
Полірувальний фільтр	1
Водяний колектор	1
Збірник конденсату	1
Жировловлювач	1
Ємкість для концентрованої фосфорної кислоти	1
Ємкість для концентрованої лимонної кислоти	1
Ємкість для каустичної соди	1
Ємкість для шламу	1
Витратомір для води	6
<i>Для ділянки переетерифікації</i>	
Приймальний бак	1
Ваги	1
Переетерифікатор	1
Бокс для каталізатору	1
Конденсатор	1

Краплеzbірник	1
Бак для олії	1
Бак для розчину хлориду натрію	1
Бак гарячої води	1
Змішувач	1
Бак для розчину лимонної кислоти	1
Охолоджувач	1
Кристалізатор	1
Конденсатор	1
Краплеzbірник	1
Бак для переетерифікованого жиру	1
Ваги циферблатні	2
Дезодоратор	1
Краплевловлювач	1
Пароежекторний блок	1
Конденсатор	2
Водоохолоджувач	1
Жироохолоджувач	1
Коробка для переетерифікованого жиру	1
Насос для перекачування жирів	2
Разом	73

## 2.5. Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження для забезпечення сталого розвитку

Сталий розвиток є однією з ключових цілей сучасного виробництва, включаючи хімічну та харчову промисловість. Для процесу переетерифікації жирів, як і для інших технологічних процесів, важливими є заходи, спрямовані на раціональне використання енергії та ресурсів. Реалізація таких заходів сприяє не лише зниженню виробничих витрат, але й мінімізації екологічного впливу.

Енергоефективність у процесі переетерифікації

Оптимізація технологічних параметрів. Підбір оптимальної температури, тиску та часу реакції дозволяє скоротити споживання енергії. Наприклад, впровадження каталізаторів із підвищеною активністю дозволяє знизити робочу температуру процесу.

Використання відновлюваних джерел енергії. Заміна традиційних джерел енергії, таких як природний газ або вугілля, на сонячну чи вітрову енергію може суттєво зменшити вуглецевий слід виробництва.

Рециклінг теплової енергії. Використання теплообмінників для відновлення тепла відпрацьованих потоків або газів забезпечує повторне використання енергії в процесі, що знижує потребу в додаткових енергоресурсах.

Автоматизація та моніторинг. Впровадження систем управління процесом із використанням сучасних цифрових технологій дозволяє зменшити витрати енергії шляхом точної регуляції параметрів.

Ресурсозбереження у виробництві

Раціональне використання сировини. Впровадження методів аналізу вихідної сировини дозволяє мінімізувати кількість побічних продуктів та покращити вихід цільових речовин.

Використання відходів. Застосування побічних продуктів процесу переетерифікації (наприклад, гліцерину) для інших виробничих потреб сприяє зниженню загальної кількості відходів і підвищує економічну ефективність.

Відновлення та очищення розчинників. Процеси дистиляції або мембранної сепарації дозволяють відновлювати використані розчинники для подальшого застосування, зменшуючи потребу в нових обсягах сировини.

Інтеграція циклів. Поєднання переетерифікації з іншими технологічними процесами може зменшити витрати на транспортування сировини та енергії.

#### Екологічні аспекти та сталий розвиток

Удосконалення процесу переетерифікації має базуватися на принципах сталого розвитку, що передбачає збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. Зменшення викидів у довкілля, впровадження технологій замкненого циклу та використання відновлюваних ресурсів створюють основу для екологічно безпечного виробництва.

Таким чином, заходи з енерго- та ресурсозбереження у процесі переетерифікації жирів дозволяють досягти високої ефективності виробництва при мінімізації його впливу на довкілля. Це сприяє не лише економічним перевагам, але й створює передумови для забезпечення сталого розвитку галузі.

## 2.6. Розрахунок виробничих площ

Площу цеху розраховують з урахуванням сумарної площі технологічного обладнання і коефіцієнта запасу площини. Виходячи з габаритних розмірів апаратів знаходять сумарну площу обладнання, м<sup>2</sup>. Кількість та габаритні розміри обладнання зводимо до таблиці 2.6.1.

Таблиця 2.6.1.

### Кількість та габаритні розміри обладнання

<i>№ п/п</i>	<i>Назва апарату</i>	<i>Кількість</i>	<i>Габаритні розміри, мм</i>	<i>Площа апаратів, м<sup>2</sup></i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1.	Фільтр	1	d=1100 h=1500	0,95
2.	Насос	16	0,8×0,8	10,88
3.	Підігрівач	2	2000×800×1200	3,2
4.	Витратомір жиру	1	d=200	0,03
5.	Змішувач	1	d=1000 h=1500	0,8
6.	Коагулятор	1	d=2,1 h <sub>цил</sub> =2,0 h <sub>кон</sub> =0,12	3,5
7.	Сепаратор	4	d=1300 h=1500	5,2
8.	Ножовий змішувач	4	d=1100 h=1500	4,4
9.	Дисковий змішувач	1	d=900 h=1200	0,6

Продовження таблиці 2.6.1.				
1	2	3	4	5
10.	Вакуум – сушильний апарат	1	d=900 h= 3400	0,64
11.	Пароежекторний блок	2	1735×1200×2900	4,16
12.	Полірувальний фільтр	1	d=520 h=1185	0,22
3.	Водяний колектор	1	d=11050 h=340	3,76
14.	Збірник конденсату	1	d=1000 h=1200	0,8
15.	Жировловлювач	1	4000×1500×1250	6
16.	Ємкість для фосфорної кислоти	1	d=600 h=615	0,3
17.	Ємкість для шламу	1	d=600 h=615	0,3
18.	Ємкість для лимонної кислоти	1	d=600 h=615	0,3
19.	Ємність для каустичної соди	1	d=600 h=615	0,3
20.	Витратомір для води	6	d=200	0,18
21.	Бак для олії	1	3000×2000×2000	6
22.	Переетерифікатор	1	d=1500 h=2200	1,8
23.	Бокс для каталізатору	1	d=1500 h=1000	1,8
24.	Конденсатор	4	d=800 h=1000	2

Продовження таблиці 2.6.1.				
1	2	3	4	5
25.	Краплезбірник	2	d=1100 h=1500	1,28
26.	Бак для олії	1	3000×2000×2000	6
27.	Бак для розчину натрій хлор	1	d=600 h=1200	0,3
28.	Бак для гарячої води		d=600 h=1200	0,3
29.	Бак для розчину лимонної кислоти	1	d=600 h=1200	0,3
30.	Змішувач	1	d=1000 h=1500	0,8
31.	Охолоджувач	1	d=2500 h=3250	5
32.	Кристалізатор	1	d=1500 h=2200	1,8
33.	Бак для жиру	1	3000×2000×2000	6

Загальна площа апаратів становить 80,7 м<sup>2</sup>.

Площу цеху визначають множенням загальної площі апаратів на коефіцієнт запасу площі (K= 3...9) на обслуговування майданчика. Значення коефіцієнту K залежить від габаритів технологічного обладнання (що більші розміри машин та апаратів, то менша величина коефіцієнту запасу площі).

$$S_{\text{цеху}} = S_{\text{обл}} * K$$

Коефіцієнт запасу площі приймаємо K= 6,35, звідси:

$$S_{\text{цеху}} = 80,7 * 7 = 565 \text{ м}^2$$

Площу цехів та інших виробничих приміщень виражають у будівельних квадратах ( $36 \text{ м}^2=6 \times 6$ ) і у будівельних прямокутниках, розмір яких залежить від сітки колон.

Діленням площі цеху на площу будівельного квадрата визначають площу у вказаних одиницях. При цьому значення площі виражають цілим числом у будівельних квадратах.

$$S_{\text{цеху}}' = S_{\text{цеху}} / 36$$

$$S_{\text{цеху}}' = 565 / 36 = 15,7 \approx 16 \text{ буд. кв.}$$

## 2.7. Організація виробничого потоку

Дана схема призначена для рафінації олій на сепараційних лініях фірми "Альфа – Лаваль " з подальшою переестерифікацію жирів продуктивністю 60 т за добу.

Нерафінована олія через фільтр насосом подається до пластинчастого підігрівача, де нагрівається до температури 85 - 90°C і далі через витратомір – на гідратацію.

Для гідратації олія направляється до статистичного змішувача, куди одночасно вводиться конденсат (пом'якшена вода). Конденсат готується у збірнику і насосом подається до колектору, з якого подається на гідратацію, промивку, приготування лужного розчину та інші технологічні цілі. Дозування води здійснюється за допомогою витратомірів.

Суміш олії з водою зі змішувача поступає до коагулятора (експозитору), який оснащений мішалкою для формування пластівців фосфатидів. Час експозиції суміші – 20 хвилин. Утворена емульсія гвинтовим насосом подається для розділення фаз на саморозвантажувальний сепаратор. Відділений гідратаційний осад насосом подається на сушіння для отримання харчового або кормового фосфатидного концентрату. Гідратована волога олія із сепаратора відводиться до насосу, яким подається через підігрівач до ножового змішувача, в який вводиться з баку дозуючим насосом концентрована фосфорна кислота. Кислотній обробці піддаються олії для повного видалення супутніх речовин. Гідратована оброблена кислотою олія подається до змішувачів для обробки розчином лугу.

Приготування розчину лугу заданої концентрації здійснюється наступним чином. Концентрований розчин лугу зі збірника подається до

змішувачів. В трубопроводі перед змішувачем луг розводять водою, що подається з колектору через витратомір.

Суміш соапстоку і нейтралізованого жиру розділюють на другому саморозвантажувальному сепараторі. Відділений соапсток насосом подається на обробку. Утворений при цьому шлам із сепараторів поступає у збірник, звідки насосом передається у соапсток або піддається самостійній обробці. Нейтралізований жир із сепаратора насосом направляється у змішувач на промивання.

Для першого промивання жиру може використовуватись чиста пом'якшена вода або ж суміш цієї води з другою промивною водою попередньо очищеною на жировловлювачі.

Розділення системи "жир - соапсток" здійснюють в сепараторі. Перша промивна вода відводиться на очищення до жировловлювача або при великому вмісті жиру у воді – в соапсток.

Одноразово промитий жир піддається повторному промиванню за допомогою насосу, ножового змішувача та сепаратора. Для промивки використовується чиста вода, що подається до змішувача через витратомір з колектору.

Промитий жир направляється на сушіння у вакуум – сушильний апарат. Для видалення залишкового мила жир перед сушінням обробляють розчином лимонної кислоти, що подається з ємності насосом – дозатором. Розрідження в сушильному апараті створюється пароежекторним блоком. Із вакуум – сушильного апарату жир відкачується насосом через полірувальний фільтр. Рафінована олія через ваги направляється в переетерифікатор, в якому створюють вакуум за допомогою вакуум – насосу, де її нагрівають до температури 95 °С за допомогою парової рубашки. Щойно температура олії досягає заданої температури,

припиняють подачу пари в рубашку переестерифікатора і залишають олію на 4...5 год при перемішуванні мішалкою і висушують до необхідної вологості.

Для здійснення процесу переестерифікації в переестерифікатор вводять при працюючій мішалці порошкоподібний гліцерат натрію у кількості 0,1 %. Суміш жирів з каталізатором витримують в переестерифікаторі протягом 1,5 год. при температурі 110 °С для завершення процесу переестерифікації. По закінченню витримки зупиняють мішалку і вакуум – насос.

Контролюють колір і температуру плавлення переестерифікованого жиру. Якщо температура плавлення нижче 23 °С, проводять додатково процес переестерифікації..

Для видалення залишку каталізатору переестерифікований жир обробляють розчином лимонної кислоти, після чого промивають водою. Після відстоювання для розділення фаз промивну воду зливають у цеховий збірник промивної води.

Переестерифікований жир висушують в переестерифікаторі при температурі 80 – 90°С до вологості не більше 0,2% і насосом відкачують в бак.

## 2.8. Технохімічний контроль та менеджмент якості виробництва

Технохімічний контроль здійснюється для контролю якості як сировини так і готової продукції.

Такий контроль повинен відбуватися у відповідності з нижче наведеною схемою у вигляді таблиці 2.8.1

Таблиця 2.8.1

Об'єкт контролю	Місце контролю	Метод відбору проб або спосіб контролю	Періодичність контролю	Що визначається	Хто проводить визначення
Жири	Трубо-провід надходження олії в ємність	Штуцерний пробовідбірник	Для кожної партії	Кислотне число, перекисне число, вміст мила (за необхідністю)	Лабораторія
Каталізатор	Ємність для каталізатора	Пробовідбірником	Для кожної партії	Зовнішній вигляд, колір	Лабораторія
Лимонна кислота	Ящики	Щупом	-//-	Вміст лимонної кислоти	-//-
Жири, що надходять на переестерифікацію	Реактор	Дистанційним термометром	Систематично	Температура	Цех
Переестерифікований жир	-//-	Пробовідбірником	По закінченню процесу	Колір, температура плавлення	Лабораторія
Переестерифікований жир при дезактивації	-//-	Дистанційним термометром	систематично	Температура	Цех

За органолептичними та фізико-хімічними показниками переетерифіковані жири повинні відповідати вимогам ДСТУ 4336:2004 [24], наведеним в таблиці 2.8.2.

Таблиця 2.8.2

**Органолептичні та фізико-хімічні показники  
переетерифікованих жирів**

Назва показника	Характеристики та норми для марок	
	М-1	М-2
Колір за температури від 15 до 20°C	Від білого до жовтого	
Запах і смак жиру нерафінованого	Відповідає запаху і смаку жирової сировини, з якої виробляють, допустимий слабкий специфічний запах каталізатора переетерифікації	
рафінованого дезодорованого	Без запаху і смаку	
Температура плавлення, °C	27...39	28...41
Твердість згідно з Каменським за температури 15 °C, г/см	30...150	120...450
Кислотне число рафінованого дезодорованого жиру, мг КОН/г, не більш як	0,5	0,5
Масова частка вологи та летких речовин, %, не більше ніж	0,2	0,2
Масова частка нікелю, мг/кг, не більш як	0,5	0,5
Масова частка лінолевої кислоти, %	15...50	Не більш як 15
Масова частка твердих тригліцеролів за температури 20 °C, %	7...20	24...40
Пероксидне число, ммоль½O/кг, не більш як:		
під час випуску з підприємства		5
наприкінці терміну зберігання		10
Масова частка <i>транс</i> -ізомерів олеїнової кислоти, %, не більш як		8
Мило:		
для нерафінованого жиру, %, не більш як		1,2
для рафінованого дезодорованого жиру (якісна проба)		Немає
Рекомендоване значення анізидинового числа, ум. од., не більш як		5,0

### 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

#### Аналіз шкідливих і небезпечних факторів при рафінації і переетерифікації рослинних олій і жирів

На виробництві використовуються натрієві каталізатори, сірчана та соляна кислоти, розчин їдкого натру. Ці речовини не являються горючими та вибухонебезпечними, але створюють умови пожежної та вибухової небезпеки (сірчана кислота зневоднює дерево, підвищуючи його чутливість до горіння, запалює органічні розчинники та масла; соляна кислота при взаємодії з металами виділяє легкозаймісті газі). Технологічні процеси проходять під високим тиском та температурою. Основною сировиною являються рослинні олії та жири, які є горючими речовинами, зберігання яких у великих кількостях створює додаткове джерело небезпеки.

Технологічний процес переетерифікації олій і жирів повинен відповідати вимогам безпеки за ГОСТ 12.3002-75 ССТБ «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки».

Устаткування і апарати переетерифікаційного виробництва повинні відповідати вимогам безпеки за ГОСТ 12.2.124.90 СТБТ «Устаткування продовольче. Загальні вимоги безпеки».

Влаштування виробничих будівель і споруд повинно відповідати вимогам СНиП 2.09.02-85; СНиП 2.09.04-87; СНиП 2.09.03-85 і цих Правил.

Склади (навіси, естакади, відкриті складські приміщення) загального призначення (готової продукції, сировини, напівфабрикатів і матеріалів) повинні відповідати вимогам СНиП 2.11.01-85; СНиП 2.01.02-85, Правилам пожежної безпеки в Україні і цих Правил.

Будова, монтаж, обслуговування та експлуатація устаткування повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-91; ГОСТ 12.2.032-78; ГОСТ 12.2.033-78; ГОСТ 12.2.062-81; ГОСТ 12.2.124-90.

#### Вимоги до апаратів, які працюють під тиском

Виготовлення (довиготовлення), реконструкція, монтаж, наладка, ремонт та експлуатація посудин повинні виконуватися у відповідності до вимог “Правил побудови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском”.

Кожен цех, діляниця, виробництво повинні мати складений перелік посудин з наведенням головних характеристик (робочий тиск, середовище, температура та місткість).

Всі посудини до пуску в роботу повинні бути зареєстровані особою, що здійснює нагляд за посудинами на підприємстві.

#### Водопостачання і каналізація

Водопостачання і каналізація будівель та споруд підприємства повинні бути виконані у відповідності до вимог СНиП 2.04.01-85; СНиП 2.04.02-84; СНиП 2.04.03-85 і ГОСТ 123.006-75, СН 245-71.

Виробничі стічні води з цехів і відділень, у яких проводиться переробка жирів і олій повинні перед викидом у міську каналізацію бути пропущені крізь цехові і заводські жировловлювачі з наступною обробкою в спеціальних установках для очищення стічних вод.

#### Вимоги до технологічних трубопроводів і арматури

При проектуванні, монтажі та експлуатації трубопроводів необхідно керуватися:

- Правилами безпеки у газовому господарстві;
- Правилами влаштування і безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води;

- СНиП 03.05.05-84 на технологічне обладнання і технологічні трубопроводи.

В процесі експлуатації трубопроводи повинні підлягати технічному огляду у відповідності до вимог виробничої інструкції. Трубопровідна арматура повинна відповідати ГОСТ 122.063-81.

### Опалення і вентиляція

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе, або нагріте повітря та подати чисте свіже повітря.

Системи опалення та вентиляції за призначенням, влаштуванням, технічними характеристиками, виконанням, обслуговуванням і умовами експлуатації повинні відповідати вимогам будівельних норм проектування і промислових підприємств, державних стандартів, цих Правил і Правил пожежної безпеки в Україні.

Системи опалення та вентиляції повинні передбачати технічні рішення, які забезпечують нормовані метрологічні умови і чистоту повітря в обслуговуваній зоні виробничих, складських, допоміжних приміщеннях. У виробничих і допоміжних будівлях повинна застосовуватися центральна система опалення. В якості теплоносія для системи опалення рекомендується використовувати перегріту воду з температурою не більше 150 °С. Систему опалення, опалювальні прилади, теплоносії і їх граничні температури слід приймати відповідно.

#### 4. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Важливе місце в проблемі захисту навколишнього середовища займає охорона водних ресурсів. Здійснювані заходи щодо охорони водних ресурсів спрямовані на обмеження витрати свіжої води на промислово-виробничі нестатки і ретельне очищення промислових стоків, що скидаються в каналізаційні мережі. Воду, що використовується при рафінації і переетерифікації на заводах з виробництва модифікованих жирів, можна розділити на дві основні групи:

➤ вода, що застосовується для охолодження жирів в апаратах, що мають сорочки або змійовики. У цих апаратах вода не стикається з охолоджуваним матеріалом, тому вона не має потреби в очищенні і називається умовно-чистою. Її збирають, прохолоджують у градирнях за рахунок випару частини вологи при продувці повітрям, після чого повертають у процес. Таким чином, ця вода обертається багаторазово, і необхідно тільки поповнити ту її частину, що випаровується (і розбризкується) в градирні;

➤ вода, що використовується для промивання жирів на різних ділянках виробництва. Вона звичайно містить невелику кількість механічно захопленого жиру, деяка кількість мила в розчиненому виді і жири і жирні кислоти. Крім органічних речовин у промислових стоках на окремих ділянках виробництва утримується підвищена кількість мінеральних солей-повареної солі, сульфату натрію і т.д.

Ці промислові стоки підлягають обов'язковому очищенню.

Для вловлювання жирів, що утримуються в стічних водах, застосовуються різні методи.

## **Вилучення жирів зі стічних вод за допомогою жировловлювачів**

На різних стадіях рафінації і переестерифікації жири піддаються промиванню водою. У відпрацьованій воді, звичайно утримується деяка кількість механічно захопленого жиру.

Для більш повного вловлювання захопленого жиру відпрацьовану воду пропускають через систему жировловлювачів. Як правило, таких жировловлювачів на шляху руху відпрацьованої води, встановлюють не менш двох. Перший вловлювач встановлюють безпосередньо в цехах (цеховий жировловлювач). Жир, який вловлюється в ньому, зазвичай повертається в технологічний процес цього ж цеху, що допомагає скоротити питомі витрати сировини. Другий жировловлювач встановлюють у дворі підприємства (дворовий жировловлювач). До нього попадають жири, що утримуються в промислових стоках з декількох цехів.

Принцип роботи жировловлювачів полягає в тому, що жир легший за воду, і тому у водному середовищі впливає на поверхню, де він утворює шар, який періодично або безперервно збирається і направляється в збірник. Для більш повного відділення жиру встановлюють секційні жировловлювачі.

Схема секційного жировловлювача найпростішого типу показана на мал.8.1.

Прямокутна коробка 1 розділена поперечними перегородками 2 на кілька секцій-відсіків, що повідомляються між собою за допомогою переливних кишень 3. Розміри жировловлювача і її секцій вибирають такими, щоб швидкість руху води у них була не більше 3—4 мм/с.



У виробничій практиці існує велика кількість конструкцій жироловлювачів, що відрізняються головним чином розмірами, пристроєм для збору жиру та очищення від шламу, що осів на дно.

### **Вилучення жирів зі стічних вод анаеробним способом**

*Анаеробний* спосіб полягає у використанні організмів, здатних жити і розвиватися за відсутності вільного кисню, що дозволяє знизити рівень забрудненості стічних вод в середньому на 80% та одержати біогаз. З цією метою в біореакторах використовують активний мул з анаеробними мікроорганізмами.

### **Вилучення жирів зі стічних вод аеробним способом**

*Аеробний* спосіб базується на використанні мікроорганізмів, здатних жити і розвиватися лише при наявності вільного кисню. В результаті відбувається доочищення стічної води до норм, які не перевищують показники ГДК. У принципі аеробне доочищення може забезпечити зменшення забрудненості стічних вод до 99%.

Значна кількість підприємств оліє-жирової галузі використовують аналогічні інженерні системи очищення стічних вод. Їх експлуатація справляє негативний вплив на довкілля внаслідок постійного випаровування стічних вод разом із забруднюючими речовинами та підтоплення території навколо очисних споруд. Водночас, розкладання органічних речовин у накопичувачах супроводжується різноманітними хімічними реакціями та утворенням нових продуктів із невідомими властивостями. Промивні води при рафінації містять нейтральний жир і мило.

Барометричні води направляються на очисні спорудження підприємства, на установку напірної флотації. Після очищення й охолодження

води повертаються в цех для конденсації сокових парів у барометричних конденсаторах.

Процес виділення забруднюючих речовин із стічних вод можна розділити на кілька стадій, основним дільником тут виступають види домішок та якість очищення.

### **Очищення стічних вод від твердих домішок**

*Для очищення стічних вод від твердих домішок (частинок)* застосовуються такі способи, як проціджування, відстоювання, механічне розділення та фільтрування. Технологічне обладнання включає різні види решіток, пісковловлювачі, гідроциклони, різні види фільтрів (електромагнітні, з кварцовим піском, гравієм, шлаком тощо). Для очищення стічних вод від жиропродуктів (нафти, мастил, жирів тощо) використовуються такі способи, як відстоювання, механічне розділення, флотація, фільтрування, а технологічне обладнання включає відстійники, жироловушки, напірні гідроциклони, різні види фільтрів.

*Для очищення промислових стічних вод від розчинних і органічних домішок* використовують методи екстракції, сорбції, нейтралізації, електрокоагуляції, іонообміну, озонування, кондиціонування, обезжовування. Досить часто застосовують штучні та природні споруди, зокрема: поля фільтрації, поля зрошення, біологічні ставки з природною і штучною аерацією, біофільтри, аеротенки (активний мул), окситенки, біореактори тощо. Ці споруди мають цільове призначення – по охороні навколишнього середовища, і за типом їх використання можна визначати рівень модернізації природоохоронного основного капіталу: від полів фільтрації (дуже примітивний) до біореакторів (сучасний).

Оскільки стічні води заводу скидаються в міську каналізаційну мережу, яка належить «Водоканалу», то умови скиду стічних вод становить перед заводом «Водоканал», тобто, він визначає допустимі величини показників (ДВП) забруднювальних речовин в стічних водах підприємства.

Крім того «Водоканал» 1 раз за місяць здійснює постійний контроль за якістю стічних вод, що скидаються в міську каналізаційну мережу.

Підприємства олієжирових виробництв використовують воду на охолодження, технологічні та санітарні потреби. На підприємствах, де не застосовують повторний оборот теплообмінних вод, витрата води становить до 190м<sup>3</sup> на 1т олії. У разі застосування рециркуляції витрати води зменшуються до 20м<sup>3</sup> на 1т олії.

За характером забруднень стічні води поділяють на умовно чисті, які застосовують у теплообмінному обладнанні, та технологічні. Умовно чисті води не треба змішувати з технологічними і після охолодження їх можна використовувати повторно. Якщо їх повторно не використовують, то відводять окремою каналізаційною мережею і змішують з очищеними технологічними стоками після жировловлення.

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

*Розраховуємо витрати по статті «сировина і основні матеріали».*

До Статті «сировина і основні матеріали» включається вартість сировини й матеріалів, що входять до складу виготовлюваної продукції, створюючи її основу, або є необхідним компонентом для виготовлення продукції (робіт, послуг).

Розрахунки по статті «Сировина і основні матеріали»

№	Назва сировини і основних матеріалів	Норма витрат на 1 т продукції	Ціна 1 т сировини, грн./т	Вартість сировини і основних матеріалів., грн
1	Олія нерафінована	1058	50000	52900

Транспортно-заготовчі витрати складають 5% від загальної вартості основної сировини.

$$52900 \cdot 0,05 = 2645 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати складають 55545 грн.

*Розрахунок витрат по статті «допоміжні та таропакувальні матеріали»*

До статті калькуляції "Допоміжні і таропакувальні матеріали" відносять вартість матеріалів, які, не будучи складовою частиною продукції, що виробляється, присутні в її виготовленні або використовуються в процесі виробництва готової продукції для забезпечення нормального технологічного процесу.

Розрахунки по статті «Допоміжні та таропакувальні матеріали»

№	Назва допоміжних та таропакувальних матеріалів	Норма витрат на 1 т продукції	Ціна 1 кг сировини, грн./кг	Вартість сировини і основних матеріалів., грн
1	Гідроксид натрію	3,75 кг	200	750
2	Хлорид натрію	10,33 кг	10	103,3
3	Лимонна кислота	0,141	100	14,1
4	Каталізатор	0,25	500	75
				942,4

Транспортно-заготовчі витрати складають 5% від загальної вартості допоміжних та таропакувальних матеріалів:

$$0,05 \cdot 942,4 = 48 \text{ грн.}$$

Всього витрат по статті 3 «Допоміжні та таропакувальні матеріали»  $942,4 + 48 = 990,4$  грн.

Розраховуємо витрати по статті «Паливо та енергія на технологічні цілі»

До статті калькуляції "Паливо й енергія на технологічні цілі" відносять витрати на всі види палива й енергії (як одержані від сторонніх підприємств і організацій, так і вироблені самим підприємством), що безпосередньо використовуються в процесі виробництва продукції. Витрати на паливо й енергію на технологічні цілі нараховуються безпосередньо на собівартість окремих видів продукції на підставі показників контрольно-вимірювальних приладів або встановлених норм витрат на виробництво продукції.

Розрахунки витрат по статті «Паливо та енергія на технологічні цілі»

№	Назва сировини	Норма витрат на 1 т продукції	Ціна 1 т сировини, грн./т	Вартість сировини і основних матеріалів., грн	Од. виміру
1	Пара	5,12	180	921,6	Гкал
2	Електроенергія	95	0,78	74,1	кВт/год
3	Вода	170	5	850	м <sup>3</sup>
				1845,7	

### Розраховуємо витрати „Зворотні відходи”

В цій статті відображається вартість зворотних відходів, що вираховуються з загальної суми витрат, віднесеної на собівартість продукції. Зворотні відходи – це залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, теплоносіїв та інших видів матеріальних ресурсів, що утворилися в процесі виробництва продукції (виконання робіт, надання послуг), втратили повністю або частково споживчі властивості початкової ресурсу і через це використовуються з підвищеною витратами (зниженням виходу продукції) або зовсім не використовуються за прямим призначенням.

### Розрахунок витрат „Зворотні відходи”

№	Назва зворотних відходів	Норма витрат на 1 т продукції	Ціна 1 т сировини, грн./т	Вартість сировини і основних матеріалів., грн
1	Соапсток	40	700	28

### Розраховуємо витрати по статті «Основна заробітна плата»

До статті "Основна заробітна плата" і належать витрати на виплату: - основної заробітної плати, нарахованої згідно з прийнятими підприємством системами оплати праці, у вигляді тарифних ставок для робітників, зайнятих виробництвом продукції;

Річний ефективний фонд робочого часу 1 робітника:

$$220 \cdot 8 = 1760 \text{ год/рік.}$$

Цех працює безперервно в 1 зміну, значить кількість робочих днів на рік:

$$\text{Тріч} = 330 \text{ днів} + 35 \text{ днів} - \text{капітальний ремонт.}$$

Визначаємо річний обсяг виробництва перестерифікованих жирів:  $330 \cdot 60 = 19800$  т/рік

Чисельність основних робітників 24 чол. Середня заробітна плата 15 тис. грн

$$24 \cdot 15000 = 360000 \text{ грн}$$

Всього витрат „Основної заробітна плата”

$$360000 / 19800 = 18,2 \text{ грн/т}$$

Розраховуємо витрати по статті «додаткова заробітна плата» Приймаємо що витрати по цій статті в розмірі 25 % від розміру заробітної плати основних робітників.

$$18,2 \cdot 0,25 = 4,55 \text{ грн.}$$

Розраховуємо витрати по статті «Відрахування на соціальне страхування»

Загальний фонд заробітної плати становить  $18,2 + 4,55 = 22,75$  грн.  
Витрати по статті «Відрахування на соціальне страхування»:

$$22,75 \cdot 0,395 = 8,9 \text{ грн.}$$

Розраховуємо витрати по статті «Витрати пов'язані з підготовкою і освоєнням виробництва продукції»

Витрати по цій статті рахуються від розміру заробітної плати основних робітників, що займаються виробництвом даного виду продукції, і становлять 2 %.

$$18,2 \cdot 0,02 = 0,364 \text{ грн.}$$

Розраховуємо витрати по статті «Витрати на утримання та експлуатацію машин і обладнання»

Витрати по цій статті становлять 80 % від розміру заробітної плати основних робітників.

$$18,2 \cdot 0,8 = 14,56 \text{ грн.}$$

Розраховуємо витрати по статті «Загальновиробничі витрати»

По статті «Загальновиробничі витрати» , витрати рахуються в розмірі 160 % від заробітної плати основних робітників.

$$18,2 \cdot 1,6 = 29,12 \text{ грн.}$$

ЦЕХОВА СОБІВАРТІСТЬ :

$$55545+990,4+1845,7-28 +18,2+4,55+8,9+0,364+14,56+29,12= 58428,8 \text{ тис.}$$

грн.

Розраховуємо витрати по статті «Адміністративні витрати»

Витрати по статті приймаємо в розмірі 180 % від заробітної плати основних робітників:  $18,2 \cdot 1,8 = 32,76$  грн.

Витрат по статті «Попутна продукція» немає.

Виробнича собівартість:

$$СВ_{\text{цех}} + В13 - В14 = 58428,8+32,76 = 58461,6 \text{ грн}$$

Розраховуємо витрати по статті «Позавиробничі витрати». Приймаємо витрати по цій статті в розмірі 1,5 % від виробничої собівартості:  $58461,6 \cdot 0,015 = 877$  грн.

Розраховуємо витрати по статті «Інші витрати».

Витрати по цій статті визначаються від виробничої собівартості, і становлять 0,5 %.

$$58461,6 \cdot 0,005 = 292,31 \text{ грн.}$$

Розрахунки собівартості 1 т продукції зводимо в таблицю

## Розрахунок собівартості 1 т переестерифікованого жиру

№	Стаття собівартості	Вартість, грн.	%
1	Сировина і основні матеріали	55545	93,15
2	Напівфабрикати власного виробництва		
3	Допоміжні та таропакувальні матеріали	990,4	1,66
4	Покупні напівфабрикати, роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств і організацій		
5	Паливо та енергія на технологічні цілі	1845,7	3,1
6	Зворотні відходи	-28	0,047
7	Основна заробітна плата	18,2	0,03
8	Додаткова заробітна плата	4,55	0,008
9	Відрахування на соціальне страхування	8,9	0,015
10	Витрати пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва продукції	0,364	0
11	Витрати на утримання та експлуатацію машин і обладнання	14,56	0,024
12	Загальновиробничі витрати	29,12	0,049
13	Адміністративні (загальногосподарські) витрати	32,76	0,055
14	Попутна продукція		
15	Позавиробничі (комерційні) витрати	877	1,47
16	Інші витрати	292,31	0,5
		59630,864	

## ВИСНОВКИ

Впровадження гліцерату натрію або калію як більш доступного, та такого, що можна одержувати в умовах оліє-жирового підприємства, а тому більш дешевого; безпечного з точки зору техніки безпеки каталізатору хімічної переестерифікації як способу модифікації олій та жирів є доцільним і перспективним.

В науково-дослідній частині на основі проведеного аналізу було перевірена ефективність сучасних каталізаторів та в результаті проведених досліджень оцінено каталітичну активність.

Вдосконалення технології переестерифікації є актуальним питанням, що дозволяє підвищити якість та конкурентоспроможність готової продукції.

В пояснювальній записці наводяться обґрунтування та вибір асортименту продукції, аналізовано та обрано технологічну схему рафінування та переестерифікації жирів фірми Альфа-Лаваль, проаналізовано і розраховано обладнання, розглянуто вимоги технохімічного контролю.

В роботі наведено вимоги з охорони праці, вимоги по охороні навколишнього середовища та заходи з екологічності підприємства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ніколаєва В. Г., Пушкарьов Ю. М. Аналіз сучасних тенденцій у виробництві харчових масел та жирів // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. — 2019. — Т. 30 (69). №2 . Р 77-91
1. Демидов І. М., Ситнік Н. С., Гусак В. А. Перспективні напрямки удосконалення переестерифікації олій та жирів // Інтегровані технології та енергозбереження. — 2015. — № 2. — С. 90–95.
  2. Otera, Junzo. Transesterification // Chemical Reviews. — 1993. — Т. 93, № 4. — С. 1449–1470. — DOI: 10.1021/cr00020a004.
  3. Ситнік Н. С., Демидов І. М., Куниця К. В. Effectiveness research of new catalyst for oil and fat interesterification by using chromatographic analysis // Technology Audit and Production Reserves. — 2015. — Т. 6, № 4(26). — С. 8–13. — DOI: 10.15587/2312-8372.2015.53285.
  4. Amir R. M., Shabbir M. A., Khan M. R., Hussain S. Interesterification of fats and oils — a review [Text] // Pak. J. of Food Sci. — 2012. — Т. 22, № 3. — С. 143–153.
  5. Liu L. How is chemical interesterification initiated: Nucleophilic substitution or  $\alpha$ -proton abstraction? [Text] // Journal of the American Oil Chemists' Society. — 2004. — Т. 81, № 4. — С. 331–337. — DOI: 10.1007/s11746-004-0903-x.
  6. Salimon J., ін. Transesterification Processes in Biochemical Applications // Food Chemistry. — 2018. P.88-176.
  7. Meher L. C., Sagar D. V., Naik S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification // Renewable & Sustainable Energy Reviews. — 2017. p. 249-266
  8. Karmee S. K., Chadha A. Greener approaches to transesterification // Green Chemistry. — 2016. P. 137-188
  9. Costales-Rodr guez, R. Chemical and Enzymatic Interesterification of a Blend of Palm Stearin: Soybean Oil for Low trans-Margarine Formulation [Text] / R. Costales-Rodr guez, V. Gibon, R. Verh , W. De Greyt // Journal of the American Oil Chemists' Society. — 2009. — Vol. 86, № 7. — P. 681–697. doi:10.1007/s11746-009-1395-2.

10. Hunter, J. E. Alternatives to trans fatty acids in foods [Text] / J. E. Hunter // Inform. — 2004. — Vol. 15, № 8. — P. 510–512
11. Noor Lida Habi Mat Dian. Interesterified palm products as hard stock for solid fat formulations [Text] / Noor Lida Habi Mat Dian, Kalyana Sundram, Asman Ismail // MPOB Information series. — 2006. — № 323. — P. 330–331
12. Тютюнников, Б. Н. Хімія жирів [Текст] / Б. Н. Тютюнников, З. І. Бухштаб, Ф. Ф. Гладкий та ін. — Харків: НТУ «ХП», 2002. — 432 с.
13. Vrednye veshchestva v promyshlennosty. Pod Red. N.V. Lazareva, Y.D. Nadaskynoi.: L.: Khymyia, 1977. — Т. 3. — 608 p
14. Паска М.З. Технологія маргаринів та промислових жирів [Текст] / М.З. Паска, І.М. Демидов, О.І. Жук. Львів: СПОЛОМ, 2013. 187 с.
16. Шеманська Є.І., Радзієвська І.Г. Технології рослинних олій, жирових і косметичних продуктів: навч. посіб. Київ: НУХТ, 2020. 182 с.
17. Жирнокислотний, стеариновий та ацилгліцериновий склад олій і жирів. Довідник / Левчук І.В. та ін. Київ: Видавництво «Сталь», 2020. 207 с.
18. Технологія модифікованих жирів: навч. посіб. / Гладкий Ф.Ф., Тимченко В.К., Демидов І.М., Некрасов О.П. Харків: Підручник НТУ«ХП», 2014. 214 с.
19. Жири у виробництві харчової продукції: монографія / за заг. ред. Шильмана Л. З. Суми: Унів. кн., 2016. 278 с.
20. Бабенко В.І. Рафінація і модифікація жирів. [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія» денної та заочної форм навч. / В.І. Бабенко К.: НУХТ, 2022.275 с.
21. Ситник Н.С. Удосконалення технології переетерифікування жирів з використанням гліцератів лужних металів: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук Харків, НТУ«ХП»2016. 24 с.

22. Ситнік Н. С., Демидов І. М., Федякіна З. П. Хімічне переестерифікування жирів та його значення для промисловості: одержання переестерифікованих харчових жирів з використанням нового каталізатора. К.: Аграр. наука, 2019. 64 с.

23. ДСТУ 4438:2005. Олії пальмовий. Загальні технічні умови. – Введ. 2006-07-01 – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 18 с.

24. ДСТУ 4336:2004 Жири переестерифіковані. Загальні технічні умови. – Введ. 2005-10-01 – К.: Держспоживстандарт, 2005. – 14 с.