

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет науки і технологій**

Кафедра Хімія та інженерна екологія

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ /Юлія Зеленько/

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **10 Природничі науки**

Спеціальність **101 Екологія**

Освітньо-професійна програма **Екологія**

Тема **Оптимізація методів відновлення відпрацьованих компресорних олів**

Theme **Optimization of recovery methods of the waste compressor oils**

Керівник дипломної роботи

Доцент \_\_\_\_\_ Марина Безовська

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

Студент групи ЕО2021

\_\_\_\_\_ Позднякова Катерина

Student

Pozdniakova Kateryna

Дніпро – 2021

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет:	«Промислове та цивільне будівництво»
Кафедра:	«Хімія та інженерна екологія»
Спеціальність:	101 «Екологія»
ОП	«Екологія»

**«Затверджую»**  
Завідувач кафедри  
«Хімія та інженерна екологія»  
д-р техн. наук, професор  
Юлія Зеленько  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

### **ЗАВДАННЯ**

до дипломної магістерської роботи студентки  
**Позднякова Катерина Олександрівна**

- 1 Тема роботи: «Оптимізація методів відновлення відпрацьованих компресорних олив» затверджена наказом по університету № 165-ст від «09» квітня 2021 р.
- 2 Термін подання студентом закінченої роботи 30 листопада 2021 року.
- 3 Вихідні дані до роботи: Теоретичний та практичний досвід у галузі оцінки впливу на довкілля, результати огляду науково-технічної інформації за темою магістерської роботи, стандартизовані методики визначення вмісту акролеїну та похідних альдегідів у об'єктах довкілля, стандартизовані методики оцінювання неканцерогенних ризиків на здоров'я населення, результати інструментально-лабораторних вимірювань.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки): Матеріали роботи мають розкривати перелік таких питань: літературний огляд за темою диплому, існуючі методи утилізації відпрацьованих олив, оптимізація методів відновлення відпрацьованих компресорних олив, розрахунок еколого-економічної ефективності впровадження природоохоронних заходів.
- 5 Перелік демонстраційного матеріалу: підготувати мультимедійну презентацію за результатами виконання дипломної роботи у обсязі до 15 слайдів, які повною мірою відображають актуальність поставленої мети та цілей дослідження, методологію та постановку експериментів, новизну отриманих результатів та обґрунтованість висновків.

## 6. Консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Не передбачено			

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва розділів магістерської роботи	Термін виконання розділів роботи	Кількість слайдів
1	Літературний огляд	01.11.2021	
2	Існуючі методи утилізації відпрацьованих олив	01.11.2021	
3	Оптимізація методів відновлення відпрацьованих компресорних олив	15.11.2021	
4	Розрахунок еколого-економічного ефективності впровадження природоохоронних заходів	15.11.2021	
5	Висновки, вступ	30.11.21	
6	Рецензування магістерської роботи	07.12.21	

7. Дата видачі завдання: «09» квітня 2021 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ Марина Безовська

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Катерина Позднякова

## РЕФЕРАТ

Позднякова К.О. Оптимізація методів відновлення відпрацьованих компресорних олив: дипломна робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : спец. 101 – екологія / наук. керівник М.С. Безовська; Український державний університет науки і технологій. Дніпро, 2021. 80 с.

ВІДПРАЦЬОВАНА ОЛИВА, КОМПРЕСОРНА ОЛИВА,  
ОПТИМІЗАЦІЯ, УТИЛІЗАЦІЯ, РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ,  
ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДІВ

Об'єкт дослідження – процеси відновлення відпрацьованих компресорних олив

Предмет дослідження – компресорна олива.

Мета дослідження – зрозуміти технічну основу відновлення відпрацьованої компресорної оливи та оптимізувати методи відновлення.

Методологія та методи дослідження – бібліографічний метод, методи лабораторного та натурного експериментів, стандартні методи фізико-хімічного аналізу, для побудови графіків і діаграм використовували стандартний програмний пакет MS Office Excel.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Отримано залежності ступеню освітлення відпрацьованої компресорної оливи від типу поверхнево-активних речовин природного походження та їх концентрації.
2. За результатами ескпериментальних досліджень запропоновано використовувати у якості реагенту Кокоіл глутамату натрія у кількості 4 % від кількості відпрацьованої оливи.

Практичне значення одержаних результатів:

Запропоновано схему та підібрано обладнання для очищення відпрацьованих компресорних олив.

## ABSTRACT

Pozdnyakova K.O Optimization of recovery methods of the waste compressor oils: thesis for obtaining a master's degree: special. 101 - ecology / science leader M.S. Bezovska; Ukrainian State University of Science and Technology. Dnipro, 2021. 80 p.

WASTE OIL, COMPRESSOR OIL, OPTIMIZATION, UTILIZATION, REGENERATION OF WASTE OILS, OPTIMIZATION OF METHODS

The object of research is the processes of recovery of used compressor oils

The subject of research - compressor oil.

The purpose of the study is to understand the technical basis of recovery of used compressor oil and to optimize recovery methods.

Methodology and research methods - bibliographic method, methods of laboratory and field experiments, standard methods of physical and chemical analysis, to build graphs and charts used a standard software package ms office excel.

Scientific novelty of the obtained results:

1. Dependences of degree of illumination of the fulfilled compressor oil on type of surfactants of a natural origin and their concentration are obtained.
2. According to the results of experimental studies, it is proposed to use as a reagent Cocoil monosodium glutamate in the amount of 4% of the amount of waste oil

Practical significance of the obtained results:

The scheme and the equipment for cleaning of the fulfilled compressor oils are offered.

## Зміст

ВСТУП .....	7
Розділ 1 Літературний огляд .....	9
1.1 Використання мастильних матеріалів .....	9
1.2 Класифікація мастильних матеріалів.....	10
1.3 Загальна характеристика олив.....	12
РОЗДІЛ 2 Існуючі методи утилізації відпрацьованих олив .....	15
2.1 Класифікація методів відновлення відпрацьованих олив .....	15
2.2 Характеристика фізичних методів відновлення .....	17
2.3 Характеристика хімічних методів відновлення.....	22
2.4 Характеристика фізико-хімічних методів .....	26
2.5 Характеристика комбінованих методів .....	30
РОЗДІЛ 3 Оптимізація методів відновлення відпрацьованих компресорних олив. ....	32
3.1 Властивості та особливості використання компресорних олив .....	32
3.3 Методики оцінки якості компресорних олив .....	38
3.4 Опис основних реагентів .....	44
3.5 Випробування природних ПАР для відновлення відпрацьованих компресорних олив .....	49
РОЗДІЛ 4 Розрахунок еколого-економічної ефективності впровадження природоохоронних заходів.....	66
Висновок .....	71
Список використаних джерел .....	72

## ВСТУП

Актуальність роботи. Світ щороку споживає велику кількість нафтопродуктів, які можна поділити на невідновлювані (бензин, дизельне паливо) та поновлювані (оливи з різних джерел). До складу останньої входить мінеральна олива, яка є найпоширенішою у світі.

Утворення та накопичення мінеральної оливи після використання є серйозною екологічною проблемою в Україні та світі. Високий вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів у відпрацьованих оливах робить їх надзвичайно токсичними і канцерогенними, також такі відходи слабо піддаються біорозкладанню.

Відпрацьовану оливу використовують для різних потреб, найчастіше як компонент котельного палива. Але найефективнішим методом поводження з ними є регенерація або відновлення з подальшим повторним використанням, оскільки вартість регенованої оливи на 40-70% нижча від вартості комерційної.

Хоча існує велика кількість технологій та опублікованих робіт з відновлення відпрацьованої мінеральної оливи, більшість з них малоефективні і не можуть відновити всі властивості оливи, крім того, вони є небезпечними з екологічної точки зору. Тому необхідно розробити новий метод відновлення відпрацьованих оливи, який буде характеризуватися високим виходом продукту (відновленої оливи), його високою якістю, низькою вартістю та екологічністю.

Ця робота була виконана в рамках дипломної роботи "Оптимізація методів відновлення відпрацьованих компресорних оливи".

Мета дипломної роботи - зрозуміти технічну основу відновлення відпрацьованої компресорної оливи та оптимізувати методи відновлення.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- Вивчити основні закономірності процесу відпрацювання мінеральної оливи, в результаті якого змінюється її якісний та кількісний склад;

- Проаналізувати відомі методи відновлення відпрацьованих олив та вибрати оптимальний;

- Вивчити можливість застосування природних поверхнево-активних речовин з метою відновлення відпрацьованих олив на прикладі компресорних олив підприємств залізничного транспорту;

- Розробити схему поводження з відпрацьованими компресорними оливами та підібрати відповідне устаткування.

Об'єктом дослідження є процеси відновлення відпрацьованих компресорних олив.

Предмет дослідження - компресорна олива.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в отриманій залежності ступеню освітлення відпрацьованої компресорної оливи від типу поверхнево-активних речовин природного походження та їх концентрації, а також запропонованому за результатами експериментальних досліджень реагенті Кокоіл глутамату натрія у кількості 4 % від кількості відпрацьованої оливи.

Практичне значення одержаних результатів полягає запропонованій схемі та підбраному обладнанні для очищення відпрацьованих компресорних олив..

Основні результати виконання магістерської роботи опрабовані виступом на 81 міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту», 22-23 квітня 2021, м. Дніпро.

Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку використаних посилань. Робота викладена на 82 сторінках основного тексту, містить 25 рисунків, 8 таблиці та 73 посилань на джерела інформації.



## РОЗДІЛ 1 Літературний огляд

### 1.1 Використання мастильних матеріалів

Мастильні матеріали (ММ) у нафтопродуктах становлять лише 1,2%, але вони характеризуються різноманіттям і широким колом споживачів. На світовому ринку мастильні матеріали оцінюються приблизно в 42 млн. тонн (з них нафти - близько 38 млн. тонн, мастильних матеріалів - понад 1,4 млн. тонн, а технології змащування та охолодження (МОТЗ)-до 2,6 млн. тонн), Україна-тільки близько 20000 тонн. Сьогодні попит економіки нашої країни покривається 80% імпорту ММ [1].

Сьогодні, коли зниження енергетичних витрат, ресурсів та викидів стало серйозною екологічною та економічною проблемою, ММ привертає все більшу увагу громадськості. Основною функцією ММ є зменшення тертя та зносу.

Аналіз результатів наукових досліджень підтверджують стійкі закономірності у даній сфері, що полягають у тому, що в індустріально розвинених країнах через застосування актуальних знань та умінь в області хімотології, тертя, зношування та змащування, під час змащування тертьових елементів можна було б знизити енерговитрати на суму, еквівалентну 0,4 % внутрішнього валового продукту (ВВП) цих країн.

На сьогодні налічується близько 1400 підприємств, що виробляють ММ в обсягах від незначних до великих. З одного боку, є вертикально інтегровані нафтові компанії, основні напрями діяльності яких полягають в розвідці, видобутку й переробленні нафти, а ММ становлять лише невелику частину їх бізнесу. 1200 незалежних компаній-виробників ММ концентрують свої зусилля на виробництві та збуті ММ, що є основним видом їх діяльності. Якщо великі, інтегровані компанії фокусуються на великотоннажному виробництві моторних, трансмісійних і гідравлічних олив, то багато незалежних компаній зосереджені на спеціальних продуктах і виробництві спеціальних ММ на замовлення з наданням сервісних послуг замовникам.

Ефективність мастильних матеріалів визначається, по-перше, конструктивними особливостями вузла тертя (типом, розміром, характером руху поверхонь тертя тощо), по-друге, – системою змащування та видом матеріалу контактних поверхонь, з яким він контактує під час роботи, а також умовами експлуатації вузла тертя й термінами заміни ММ. Поряд з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ), автомобільними коробками передач і індустриальними механізмами, компресорами, турбінами й гідравлічними системами, існує безліч інших областей застосування, що потребують спеціально розроблених ММ.

## 1.2 Класифікація мастильних матеріалів

Мастильні матеріали – продукти переробки нафти або різні синтетичні речовини. Їх використовують між поверхнями, що труться, для зменшення сили тертя та зменшення зносу.

За походженням ММ бувають органічними, неорганічними та елементоорганічними (складаються з органічних і неорганічних речовин), а за агрегатним станом – рідкими, консистентними, твердими та газоподібними (рис.1.1).

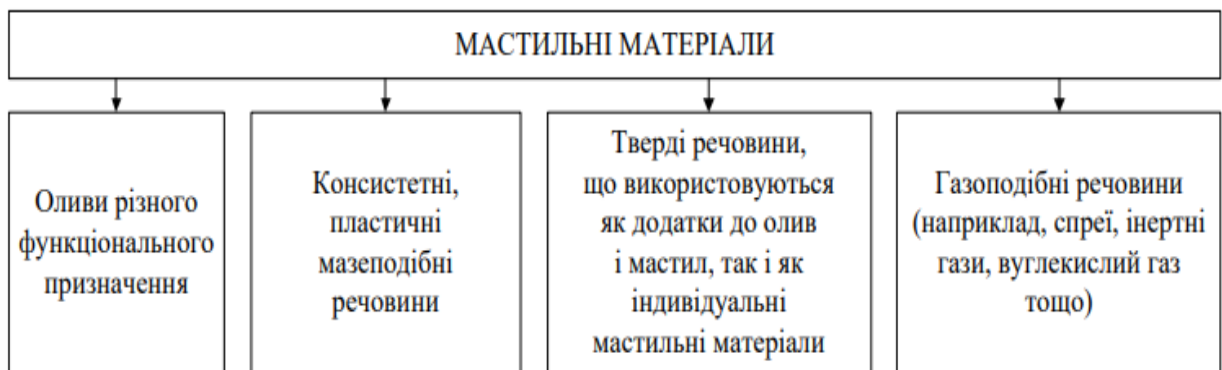


Рисунок 1.1 - Узагальнена класифікація мастильних матеріалів

При згадці ММ зазвичай мають на увазі оливи на мінеральній основі. Мінеральні компоненти продовжують залишатися кількісно найважливішою основою ММ. Нафтохімічні компоненти і, у все зростаючій мірі, похідні продуктів перероблення нафтової промисловості знаходять все більш широке застосування завдяки їх екологічній сумісності та деяким технічним

перевагам. Оливи, частка яких складає більше 90 % від загального споживання ММ, в середньому на 93 % складаються з базових олив і на 7 % з хімічних додатків і інших компонентів (частка яких може становити від 0,5 до 40 %).

Як конструкційний матеріал вузла тертя оливи виконують такі функції:

- зменшують тертя, що виникає між деталями триботехнічного вузла;
- знижують знос і попереджують задири поверхонь тертя;
- відводять тепло від пар тертя;
- захищають поверхні контактуючих пар і інші неізольовані частини від корозійної дії зовнішнього середовища;
- ущільнюють зазори між пов'язаними деталями;
- видаляють із зони тертя продукти зносу, корозії та інші забруднення.

За призначенням оливи класифікуються за такими групами:

- моторні оливи (оливи для карбюраторних, дизельних і авіаційних двигунів);
- трансмісійні оливи (автотракторні, редукторні, оливи для гідравлічних муфт, гідротрансформаторів і автоматичних трансмісій);
- енергетичні оливи (турбінні, компресорні та електроізоляційні);
- індустріальні оливи; – консерваційні оливи;
- оливи спеціального призначення.

Найбільшого поширення в загальному балансі використання олив набули моторні виробництво яких за наукоємністю найчастіше порівнюють із продукцією сучасного машинобудування.

Моторні оливи це головна технічна рідина в будь-якій машині й призначена для зменшення зносу і сили тертя між сполученими деталями двигуна, ущільнення та захисту їх від корозії, а також утримання в собі продуктів неповного згорання палива. З огляду на тенденцію підвищення екологічності та безпеки транспорту через технологічне удосконалення ДВЗ, посилюються вимоги й до моторної оливи.

Гідравлічні оливи є найбільш популярними в використанні, що обґрунтовано їх універсальністю й функціональністю. Крім гідравлічних олив, ще одним важливим експлуатаційним матеріалом є трансмісійні оливи. Вони використовуються для змащення деталей та вузлів коробок передач з метою захисту їх від зносу під час експлуатації, а також мостів, роздавальних коробок, редукторів, ланцюгових і зубчастих передач різних видів.

Оливи, що використовуються для змащення підшипників і допоміжних механізмів парових і водяних турбін, турбонасосів, турбокомпресорних машин (повітряних, газових і холодильних), а також як мастило та робоча рідина в різних промислових механізмах з циркуляційними системами отримали назву турбінних.

В даній роботі я приділяю окрему увагу компресорним оливам як перспективі розвитку мастильних експлуатаційних матеріалів для раціональної експлуатації техніки.

Експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів (ПММ) обумовлюються хімічним складом складових речовин, структурою й енергетичним станом їх молекул. Надійність, економічність і екологічність техніки визначається їх якістю. Якість олив має великий вплив на надійність експлуатації машин і механізмів. Якість є мірою відповідності властивостей олив технічним характеристикам транспортного засобу та умовам його експлуатації [1].

### 1.3 Загальна характеристика олив

Згідно з міжнародним стандартом ISO 8681 (ДСТУ ISO 8681) (*International organization for standardization*) усі нафтопродукти класифікуються на п'ять основних класів за буквенними індексами (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Класифікація нафтопродуктів згідно з ISO 8681

Клас	Продукт
F	Палива
L	Мастильні матеріали, індустріальні оливи та споріднені продукти
W	Парафіни
B	Бітуми
S	Розчинники та сировина для хімічної промисловості

За призначенням оливи поділяють на групи та підгрупи (табл. 1.2) за ДСТУ 4106 [2, 3].

Оливи прийнято класифікувати за двома основними ознаками:

а) за походженням (або способом одержання) оливи. За цією ознакою оливи поділяються на мінеральні (нафтового походження), синтетичні і змішані; за походженням (природою сировини) розрізняють такі види олив: нафтові, синтетичні й рослинні.

б) за призначенням (областю застосування) оливи систематизуються на моторні (для поршневих двигунів внутрішнього згорання), газотурбінні, трансмісійні, енергетичні, індустріальні та оливи іншого призначення (компресорні, циліндричні, холодильні та турбінні, для гідромеханічних передач, осьові, електроізоляційні, телеграфні, трансформаторні, для годинників та інші).

Таблиця 1.2 Класифікаційні типи олив

Група олив	Підгрупа олив
Моторні	Для бензинових двигунів, дизелів та універсальні Для судових тепловозних дизелів
Трансмісійні	Для механічних передач
Гідравлічні	Для гідростатичних і гідродинамічних передач та робочі рідини для гідравлічних систем
Турбінні	Газотурбінні Турбінні загального призначення Для роботи за високих температур та навантаження
Компресорні	Для поршневих та ротаційних компресорів
Індустріальні	Загального призначення Спеціального призначення Приладові
Оливи різного призначення	Циліндрові Холодильні Ізоляційні

Важливими експлуатаційними властивостями олив є: змащувальні, в'язкісно-депресорні, мийно-диспергувальні, антикорозійні, термоокиснювальна стабільність.

Комплекс фізико-хімічних властивостей олив (в'язкісні, протизношувальні, антифрикційні, протизадирні), що обумовлюють ефективність роботи системи тертя (трибосистеми), називається змащувальними властивостями. Механізм тертя полягає у незворотному переході (розсіюванні (дисипації) механічної енергії у внутрішню та електромагнітну енергію атомів поверхневих об'ємів тіл з наступним переходом внутрішньої енергії в теплоту. Зношування являє собою процес руйнування матеріалу з поверхні твердого тіла та накопичення його залишкової деформації, що виявляється у поступовій зміні розмірів або форми тіла. Знос – результат зношування, обумовлений у встановлених одиницях довжини, маси або об'єму [3].

У наступному розділі розглянемо існуючі методи утилізації відпрацьованих олив.

## РОЗДІЛ 2 Існуючі методи утилізації відпрацьованих олив

Відпрацьовані оливи є небезпечними токсичними відходами. Головним чином, токсичність відпрацьованих олив зростає через поступове збільшення вмісту бенз(α)пірену, і це у значній мірі визначає третій клас токсичності цих відходів. Вміст у відпрацьованих оливах бенз(α)пірену в більшості країн служить показником їхньої небезпеки, оскільки сумарна токсична дія бенз(α)пірену приблизно в 10000 разів вище, ніж в оксидів азоту, що також утворюються у працюючих оливах. Вміст бенз(α)пірену може збільшуватися до 15 мг/кг, а частка від загальної канцерогенності відпрацьованої оливи становить 18 %.

Відпрацьовані оливи містять у своєму складі за різними оцінками близько 38 хімічних сполук, що мають мутагенну та канцерогенну дію. Серед цих сполук, крім бенз(α)пірену, треба виділити фурани, діоксини, поліхлордіфеніли та інші. Останні дві сполуки включені Стокгольмською конвенцією у список дванадцяти найтоксичніших стійких органічних забруднювачів планети [4, 5].

Далі розглянемо методи відновлення олив.

### 2.1 Класифікація методів відновлення відпрацьованих олив

При відновленні відпрацьованих олив (ВО) застосовуються різноманітні технологічні способи і методи, засновані на фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесах, метою є видалення з нього продуктів старіння і різних забруднень.

Однією з проблем, що різко знижує економічну ефективність утилізації відпрацьованих олив, є великі витрати, пов'язані з їх збором, зберіганням і транспортуванням до місця переробки. Організація міні-комплексів з відновлення олив для задоволення потреб невеликих територій дозволить скоротити транспортні витрати та отримати високоякісну оливу. Основними напрямками переробки відпрацьованих олив є спільна переробка у суміші з

нафтою на нафтопереробних заводах та цільова їх переробка з отриманням компонентів олив (регенерація).

Спільну переробку відпрацьованих олив у суміші з нафтою можна проводити на нафтопереробних заводах по повній технологічній схемі, кількість олив, що додаються при цьому, не повинно перевищувати 1 % від об'єму сирової нафти. Але наявність забруднень та присадок у відпрацьованих оливах негативно впливає на роботу електрознесолуючих пристроїв, погіршує процес розділення нафти, підвищує вміст нафтопродуктів у стічних водах [5, 6].

Регенерація олив здійснюється як безперервним їх очищенням під час роботи у циркуляційних системах промислового обладнання та двигунів за допомогою фільтраційних пристроїв та центрифуг, або відновленням відпрацьованих олив, що зливаються із різноманітних агрегатів та обладнання, на оливорегенераційних приладах, як правило, у стаціонарних умовах.

Методи регенерації можна поділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Методи регенерації відпрацьованих олив



## 2.2 Характеристика фізичних методів відновлення

Фізичні методи застосовують для вилучення з ВО твердих частинок забруднень, а також води, деякої кількості асфальто-смолистих речовин та продуктів неповноти згорання палива, при цьому не змінюючи склад.

В основі процесу відстоювання є принцип осадження механічних домішок та води під дією сили тяжіння [8]. Процес довготривалий і залежить від температури нагрівання, висоти стовпа рідини та швидкості осадження частинок. Остання, згідно рівняння Стокса, зростає із збільшенням розміру та питомої ваги частинок та зменшенням в'язкості оливи. На тривалість відстоювання впливає походження оливи, ступінь її забрудненості, швидкість нагрівання та може коливатись від кількох діб до кількох тижнів. Для прискорення процесу дно відстійників рекомендується робити конічним, а оливу підігрівати до 80-90°C.

Фільтрація є одним з найпродуктивніших фізичних методів очищення олив [8], що ґрунтується на розділенні неоднорідних систем за допомогою пористих перегородок, що затримують одні фази цих систем та пропускають інші. Цей метод можна використовувати безпосередньо в процесі експлуатації оливи, якщо в оливні системи двигунів та приладів входять фільтри спеціальних конструкцій. Тип таких конструкцій залежить від умов експлуатації оливи та характеру забруднень.

Фільтрувальні матеріали, які використовують для очищення мінеральних олив, є різноманітні та розрізняються за фільтрувальною здатністю, фізико-хімічними властивостями, хімічним складом, способом виготовлення тощо [9]. Авторами [9] розроблено спосіб регенерації ВО, який полягає у відстоюванні, фільтрації з використанням сітчастих фільтрів для очищення, і попередньому нагріванні відпрацьованих олив, яку завантажують у ємкість для відстоювання, далі її подають у камеру, де відбувається нагрів, надалі крізь фільтри очищення зливають у бак. В результаті відбувається очищення оливи від механічних домішок. Процес характеризується низькою

енерговитратністю, однак цей спосіб не дозволяє вилучати кисневмісні та інші продукти старіння. У праці [10] запропоновано модульну установку з новою конструкцією фільтра для багатоступінчастої фільтрації і часткового відновлення експлуатаційних властивостей ВММО.

Відома установка фірми Purifiner, що наведено на рис.1.3, до складу якої входить бавовняний фільтр з підігрівачем для зниження в'язкості оливи, в результаті чого видаляються забруднення дисперсністю до 1 мкм, та випарник, який дозволяє видалити воду [11].

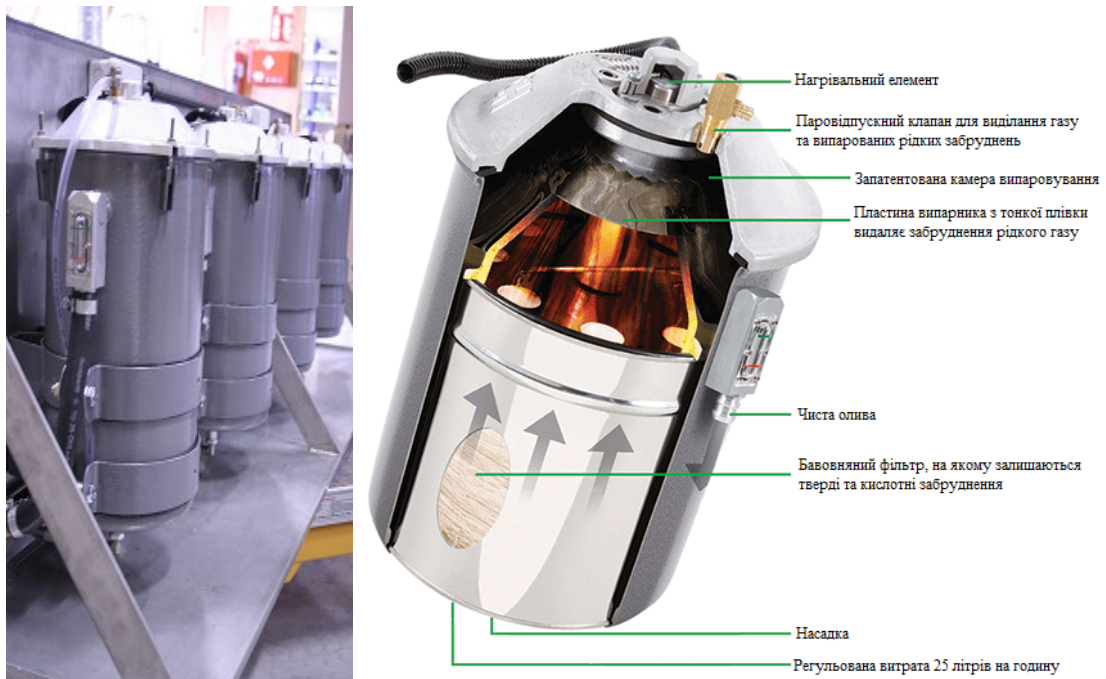


Рисунок.2.2- Установка фірми *Purifiner*

Недоліком технології є жорсткі вимоги до сировини та неможливість регенерації різних типів олив. В останні роки в процесах фільтрації використовуються фільтри мембранного типу. Відомі процеси ультра- та мікрофільтрації ВО з використанням як полімерних [12, 13], керамічних [14] так і наномембран [15]. Сепарацією проводять глибше очищення ВО. В основі процесу лежить центрифугування, внаслідок якого під дією відцентрових сил відбувається розділення продуктів в залежності від густини. В даному процесі утворюється три шари: перший шар – забруднюючі домішки, що відтісняються до стінок центрифуги, другий шар складається з вилученої води, а третій шар, який розташований біля осі обертання, – очищена олива.

Одержану очищену оливу за необхідності можна подавати на повторну сепарацію або використовувати інші методи доочищення.

Вдосконалено процес сепарації ВО на відцентрових реосепараторах, що дає змогу видалити з ВО дрібнодисперсні частинки домішок. Розроблена реоцентрифуга рекомендується до використання в системах змащення двигунів автомобілів.

Очищення ВО можна проводити також магнітною сепарацією, центрифугуванням та фільтрацією, в цих процесах, як реагент використовують водний розчин з ортофосфатною кислотою, ізопропіловим спиртом та метилетилкетон[16]. Перемішування проводять упродовж 40 хв, після чого відбувається відстоювання суміші до повної прозорості [17]. В результаті процесу відбувається зменшення значення кислотного числа. Промивання водою дає змогу видалити з ВО водорозчинні кислоти, луги та солі органічних кислот. Суть методу полягає в обробці підігрітої до 60-80°C ВО гарячою водою (15-20 % мас.) та подальшим перемішуванням упродовж 25 хв, після чого відбувається відстоювання оливи протягом 2 год [18]. Температура оливи має великий вплив на ефективність регенерації, так за температури нижче від 60°C процес відокремлення оливи від води ускладнюється, а за температури понад 80°C в оливі розчиняються шлами [19]. Технологію промивання ВО водою застосовують переважно як один з етапів регенерації, оскільки самотійно вона не забезпечує повного відновлення експлуатаційних властивостей олив.

Останнім часом розвиваються нові методи очищення ВО, а саме очищення в силових полях. Основною перевагою силових очищувачів відпрацьованих олив є відсутність змінних фільтрувальних елементів та малий гідравлічний опір. В залежності від природи силового поля існує декілька типів очищувачів, в основі яких використання різних полів: магнітного, електричного, гравітаційного, відцентрового та комбінованого. Основним

недоліком використання силових полів є вага та габарити пристроїв, а також необхідність спеціального джерела енергії [20, 21].

Запропоновано регенерацію ВО в неоднорідному електромагнітному полі. Розроблена ними малогабаритна установка УМС-4 призначена для очищення ВМО від механічних домішок та забруднень в умовах сервісів технічного обслуговування автотранспорту. Головними елементами установки є магнітний блок, де відбувається відокремлення механічних домішок, та магнітний фільтр, призначений для подальшого доочищення.

У праці [21] наводяться параметри концентратора магнітного поля електромагнітної установки для регенерації ВМО, який являє собою стержень у формі спіралі. В результаті процесу відбувається видалення механічних домішок, однак у ВО залишаються кисневмісні продукти старіння.

Внаслідок експлуатації моторних олив у ДВЗ, в них можуть потрапляти продукти неповноти згорання палива, в результаті чого відбувається розрідження оливи та зменшується її в'язкість. Тому необхідною стадією процесу відновлення експлуатаційних властивостей ВО є відгін палива. Відгін палива (легких фракцій) від ВО ґрунтується на різниці температур кипіння палива та оливи. Температура кипіння паливних фракцій значно нижча від температури кипіння оливи, тому при нагріванні ВО насамперед википають паливні фракції.

Існують два методи процесу відгону паливних фракцій з ВО:

- одноразове випаровування, при якому утворена пара нагрівається разом з рідкою фазою до кінцевої температури;
- поступовим випаровуванням, при якому утворена пара безперервно виводиться з системи, а в системі залишається тільки рідка фаза, що знаходиться в рівновазі з утвореною парою.

Додавання у ВО води (~5 % мас.) створює водо-оливну емульсію і сприяє зниженню температури кипіння на 50-70°C, зростанню швидкості руху оливи та скороченню тривалості процесу її регенерації [18].

Додатковому зниженню температури відгону з ВО паливних фракцій сприяє застосування вакууму в комбінації з перегрітою водяною парою. Вакуумну перегонку використовують з метою глибшого вилучення присадок та покращення кольору регенованих олив.

Процес вакуумної перегонки проводять у плівкових, роторно-плівкових, циклонних випарниках [22] або в ректифікаційній колоні за температур 300-350°C та залишковому тиску 1-10 мм рт. ст. Натомість, наявні у ВО продукти розкладу мийно- диспергуючих присадок спричиняють спінення оливи, що негативно впливає на чіткість розділення ВО у вакуумній колоні.

У США очищення ВММО здійснюють за допомогою системи Aguanetics Inc., де використовується тонке фільтрування в поєднанні з низькотемпературним вакуумом.

Фірма «Booth Oil Co» реалізує регенерацію ВМО в тонкоплівковому випарнику за схемою: відокремлення твердих частинок на сітчастому фільтрі, випаровування води, вакуумне розділення низькокиплячих компонентів, високовакуумне плівкове випаровування оливних фракцій, адсорбційне очищення, контактне очищення оливи і фільтрація.

Установка регенерації Esoil поєднує в собі систему очищення VRH Тор, що включає вакуумну установку, теплообмінник, дегазатор, кілька фільтрів, сепараторів/коагуляторів вилучення макрочастинок і води рис 2.3.



Рисунок 2.3 - Установка регенерації Esoil

На підставі вище проведеного огляду фізичних методів регенерації ВО їх можна віднести до методів попереднього очищення. Очищена олива, одержана фізичними методами регенерації, потребує проведення додаткових процесів для відновлення своїх фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей, адже загальним недоліком фізичних методів є невисокий ступінь очищення. Також зазначимо, що серед фізичних методів регенерації найкращим є метод вакуумної перегонки.

### 2.3 Характеристика хімічних методів відновлення

Хімічні методи регенерації ВО засновані на хімічній взаємодії забруднюючих речовин та спеціально введених реагентів, внаслідок перебігу хімічних реакцій між ними утворюються нові сполуки, які легко видаляються з оливи. Застосуванням хімічних методів регенерації з ВО видаляють асфальтосмолисті речовини, кислоти, деякі гетероорганічні сполуки та воду.

Якщо порівнювати фізичні методи з хімічними, то у хімічних змінюється як кількісний так і якісний хімічний склад регенованої оливи [18]. В промисловості широке застосування, знайшли такі хімічні методи регенерації як: кислотне і лужне очищення, окиснення, гідроочищення, осушення й очищення за допомогою оксидів, карбідів і гідридів металів (натрію, кальцію, алюмінію, літію тощо). Важливе місце серед хімічних методів регенерації

посідають процеси з використанням сірчаної кислоти. Сірчана кислота, як хімічний реагент, насамперед взаємодіє з найбільш реакційно здатними речовинами ВО, а саме: асфальто-смолистими речовинами, карбоновими та оксикислотами, фенолами та іншими продуктами окиснення. В результаті впливу сірчаної кислоти частина нейтральних смол здатна полімеризуватись з утворенням сульфокислот та асфальтенів, частина з яких здатна розчинятись у сірчаній кислоті. Водночас та частина асфальтенів, що не розчинилась, разом з карбенами та карбоїдами ущільнюються з утворенням кислих гудронів – токсичних залишків процесу, що важно утилізуються.

Є спосіб очищення ВО шляхом послідовної обробки водооливорозчинними алкілбензолсульфокислотами і аміноспиртами з наступним вилученням очищеної оливи. Вилучення очищеної оливи відбувається внаслідок оброблення її концентрованою сірчаною кислотою в кількості від 2 до 5 % мас. та подальшим відокремленням кислого гудрону термовідстоюванням із триетаноламіном, який необхідний для нейтралізації кислої оливи [25, 26].

Вивчено вплив різноманітних кислот (сірчаної, оцтової, мурашиної) з подальшим доочищенням відбілюючими глинами або бентонітами на експлуатаційні властивості очищених ВМО. Встановлено, що в результаті очищення ВМО сірчаною, оцтовою та мурашиною кислотами з відбілюючою глиною збільшуються температура спалаху та кінематична в'язкість очищених олив, водночас встановлено, що очищення ВМО фосфорною кислотою з глиною не має істотного впливу на зміну кінематичної в'язкості та температури спалаху.

Головним недоліком процесів сірчано-кислотного очищення є утворення токсичних кислих гудронів, окрім цього вони не забезпечують вилучення з ВО поліциклічної ароматики та високотоксичних сполук хлору.

Лужне очищення можна використовувати, як самостійний процес регенерації відпрацьованих олив або як завершальну стадію

процесу сірчаноокислотного очищення, яка дозволяє нейтралізувати сульфонафтоєні кислоти [27, 28].

Якщо лужне очищення використовують як основний процес регенерації ВО, то розчин лугу здатен взаємодіяти з нафтовими кислотами, фенолами, дикарбоновими кислотами з утворенням натрієвих солей, які легко переходять у водний лужний розчин. Надалі розчин відстоюють та промивають гарячою водою з метою вилучення лужних відходів та залишків натрієвих солей відповідно. В процесі лужного очищення ВО можуть відбуватись реакції гідролізу та утворення емульсій, що ускладнює процес її очищення [18].

На сьогоднішній день у світі з метою регенерації ВО все частіше використовують гідрогенізаційні процеси (гідрокрекінг, гідроочищення). Це пов'язано з широкими можливостями гідрогенізаційних процесів в одержанні високоякісних олив та водночас з їхньою високою екологічністю в порівнянні з кислотним та адсорбційним очищенням. В результаті процесу відбувається вилучення з ВО асфальто-смолистих речовин, гетероатомних сполук, металовмісних радикалів, що дозволяє одержати базову оливу, яка за якістю відповідає базовій оливі, одержаній з нафтової сировини [23, 29].

Установки гідроочищення олив, як правило, поєднують з відповідним нафтопереробним виробництвом, що має надлишок водню і можливість його рециркуляції [30]. Гідрогенізаційні процеси можна комбінувати з вакуумною перегонкою [24, 30], з екстракцією селективними розчинниками або використовувати для доочищення регенованих олив з інших процесів регенерації [30].

Проте, за своїми техніко-економічними показниками гідрогенізаційні процеси потребують великих капіталовкладень, а також виникають проблеми з виробництвом і використанням водню. Він є



економічно вигідним за умови переробки великих обсягів ВО (не менше 50-60 тис. т/рік).

Для очищення ВО від поліциклічних речовин, високотоксичних сполук хлору, продуктів окиснення та присадок застосовують процеси з використанням металевого натрію [31]. Утворені при цьому полімери і солі натрію легко вилучаються в процесі перегонки. Вихід очищеної оливи перевищує 80 %. Процес не потребує застосування високих тисків і каталізаторів [29]. Кілька таких установок працюють у Франції та Німеччині.

Серед промислових технологій з використанням суспензії металевого натрію, в процесах регенерації ВО найвідомішим є процес Resyclon (Швейцарія) та процес Lubrex з використанням гідроксиду і бікарбонату натрію. Ці процеси дають змогу переробляти будь-які ВО з виходом регенованої оливи до 95 % [24, 29].

Однак, недоліком цього процесу є його висока вартість та складне технологічне обладнання. Використання металевого натрію вимагає дуже ретельного поводження та експлуатації, оскільки він є небезпечним під час зберігання та використання [24].

Для регенерації ВО використовують технології із застосуванням процесу термічного крекінгу, який є гнучкішим відносно переробки різноманітної вуглеводневої сировини. В Іспанії та Бельгії працюють дві установки термічного крекінгу ВО, однак цей процес є економічно ефективним за продуктивності регенерації ВО ~ 30 тис. т/рік [32].

Отже, з проведеного вище огляду хімічних методів регенерації ВО напрощується висновок, що їх можна віднести до методів, які дають змогу одержати базову оливу для виробництва товарних олив. Однак, дані методи характеризуються значними капіталовкладеннями та низьким ступенем екологічності. Серед хімічних методів регенерації ВО найперспективнішими вважаються гідрогенізаційні процеси, які

характеризуються високою екологічністю та дають змогу одержати високоякісну регенеровану оливу.

#### 2.4 Характеристика фізико-хімічних методів

У процесах регенерації ВО широкого застосування набули фізико-хімічні методи. В результаті використання фізико-хімічних методів компоненти олив можуть зазнавати деяких хімічних змін. Цей клас методів є складнішим в реалізації і більш витратним порівняно з фізичним і хімічним, але забезпечує глибше очищення ВО [32]. До фізико-хімічних методів регенерації ВО відносять процес адсорбційного очищення, коагуляції та селективного розчинення забруднень ВО [34, 35]. Адсорбційне очищення ВО полягає в здатності речовин (адсорбентів) утримувати на зовнішній поверхні гранул і на внутрішній поверхні капілярів, які пронизують гранули, продукти забруднення ВО. Характер і розмір поверхні пор адсорбенту є вирішальними чинниками, які впливають на ефективність адсорбції [36].

Важливе значення має також розмір адсорбованих молекул. Великопористі і дрібнопористі адсорбенти за однакових умов по-різному адсорбують поверхнево-активні речовини як малих, так і великих розмірів. Як адсорбенти використовують речовини зазвичай природного (відбілюючі глини, бентоніти, боксити, природні цеоліти, базальт тощо) або штучного (силікагель, оксид алюмінію, алюмосилікатні сполуки, синтетичні цеоліти тощо) походження [36, 37].

Адсорбційне очищення можна здійснювати контактним методом – перемішуванням ВО з подрібненим адсорбентом [38, 39], перколяційним методом – пропусканням ВО крізь адсорбент [40, 41] і методом протитоку – організацією руху ВО й адсорбенту назустріч один одному [29]. В результаті відбувається вилучення з ВО асфальто-смолистих речовин, кислотних сполук, етерів та інших продуктів, що спричиняють старіння.

До недоліків контактного очищення відносять необхідність утилізації великої кількості адсорбенту, що забруднює довкілля. При

перколяційному очищенні як адсорбент найчастіше використовують силікагель, що здорожчує цей метод. Найперспективнішим є метод очищення ВО в рухомому шарі адсорбенту, в результаті процес відбувається безперервно, без зупинки для періодичної заміни, регенерації або фільтрації адсорбенту. Однак, застосування цього методу пов'язане з використанням досить складного технологічного обладнання, що стримує його широке впровадження [29, 46, 54].

Коагуляція – процес укрупнення колоїдних або дрібнодисперсних частинок забруднень, що знаходяться у ВО. Цей процес використовується для відновлення якості ВО, що містять дрібнодисперсні механічні домішки, а також багатофункціональні присадки.

Коагуляція може відбуватися в результаті механічного впливу (перемішування або струшування), термічного (нагрівання або охолодження), пропущення електричного струму, введення коагулянтів [19].

Широке використання для регенерації ВО отримали процеси коагуляції з використанням коагулянтів. На ефективність процесу коагуляції впливає кількість введеного коагулянту, тривалість його контакту з ВО, температура та інтенсивність перемішування [42].

Речовини, які використовують у процесах коагуляції, поділяють на 4 типи [47]:

- а) неорганічні електроліти (кальцинована сода, тринатрій фосфат, сірчана кислота та ін.);
- б) органічні електроліти (аніоногенні ПАР, алкілсульфонати, алкіларилсульфонати);
- в) неелектроліти (неіоногенні ПАР, диефір диетиленгліколю);
- г) поверхнево-активні колоїди (крохмаль, лужні витяжки торфу, карбоксиметилцелюлоза) та гідрофільні високомолекулярні речовини.

Процес коагуляції може використовуватись як самостійний процес очищення ВО або слугувати однією зі стадій комбінованого

процесу регенерації ВО. Зокрема, авторами [43] запропоновано використовувати коагуляцію ВО карбонатом натрію з метою підготовки сировини для процесу вакуумної перегонки.

Існують способи коагуляції ВО, де як коагулянт використовується водний розчин ПАР на основі алкілбензосульфонату в кількості 0,5-2,0 % мас. та аміноспирту 0,5-5,0 % мас. [44] та спосіб з використанням водорозчинних алкілбензолсульфокислотами 0,5-1,0 % мас. з аміноспиртом у кількості 0,5-1,0 % мас., з наступним відокремленням очищеної оливи та введенням у ВО оливовмісних відходів даної очищеної оливи в кількості 3-6 % мас. [45].

Серед процесів коагуляції з використання неіоногенних ПАР, відомий спосіб очищення ВО кислотним реагентом у кількості 0,7-1,0 % мас. з оксіетильованим моноалкілфенолом у кількості 2,7-2,8 % мас. [46] та спосіб з використанням водного розчину лугу, в який додатково вводять розчин неіоногенних ПАР з концентрацією 7,5-15 % мас. у кількості 1,0-2,0 % мас. на сировину, з подальшою нейтралізацією залишків реагенту 20 %-ним розчином сірчаної кислоти [47].

Сьогодні нарівні з відомими процесами коагуляції ВМО варті уваги методи з використанням розчинів карбаміду. Процес коагуляції ВМО передбачає змішування нагрітої до робочої температури ВМО з певною кількістю водного розчину карбаміду [48] або водного розчину карбаміду, моноетиламіну та хлориду алюмінію [49] упродовж певного проміжку часу. За таких умов активно починаються процеси коагуляції і седиментації частинок дисперсної фази. Нижче розглянемо їх детальніше.

Відомий спосіб очищення ВММО змішуванням попередньо нагрітої до 80-100°C ВММО з 30-50%-ним водним розчином карбаміду, взятого в кількості 1,0 % мас. від маси ВММО, з наступним центрифугуванням очищеної оливи й вилученням забруднень [47].

Запропоновано спосіб очищення ВМО внаслідок попереднього нагрівання оливи й змішування з 30-50%-ним водним розчином карбаміду, взятого в кількості 0,5-1,0 % у розрахунку на сухий карбамід від маси ВМО. Відпрацьовану оливу нагрівають до 70-75°C та після додавання розчину карбаміду в оливу додають 2-2,5% етилового спирту. За встановленої температури оливу витримують упродовж 1 год. постійно перемішуючи, після чого вилучають забруднення центрифугуванням.

Селективне розчинення забруднень ВО ґрунтується на вибіркового розчиненні окремих сполук, що забруднюють оливу: кисне-, сірко- і азотовмісних сполук, а за необхідності – поліциклічних вуглеводнів з короткими бічними ланцюгами, що погіршують в'язкісно-температурні властивості олив [51].

Селективне очищення можна проводити в апаратах типу змішувач-відстійник в поєднанні з випарниками для відгону розчинника (ступінчаста екстракція) або в двох колонах – екстракційній для вилучення з олив забруднень і ректифікаційній – для відгону розчинника (безперервна екстракція). Другий спосіб економічніший і отримав ширше застосування у промисловості [42].

Різновидом селективного очищення є обробка ВО пропаном, в результаті якої вуглеводні розчиняються в пропані, а асфальто-смолисті речовини, що знаходяться у ВО в колоїдному стані, випадають в осад.

Отже, з вище проведеного огляду фізико-хімічних методів регенерації ВО випливає, що дані методи досить ефективно очищають оливи від домішок і "шкідливих" компонентів, але головний їхній недолік – це досить висока вартість сорбентів або високі економічні витрати на одиницю регенованої оливи. Також наявні складнощі з підбором коагулянтів та оптимальних умов (кількість введеного коагулянту, тривалість його контакту з ВО, температура та інтенсивність перемішування) для ефективного проведення процесу коагуляції.

## 2.5 Характеристика комбінованих методів

Виходячи з наведеного вище аналізу фізичних, хімічних та фізико - хімічних методів регенерації ВО, можна сказати, що більшість із них не можна розглядати як незалежні процеси регенерації ВО. У процесі регенерації ВО зазвичай необхідно використовувати комбінацію декількох процесів для отримання високої якості регенерованої оливи. Щоб вибрати найкраще поєднання різних методів регенерації, потрібно врахувати кількість зібраного ВО, проаналізувати продукти його старіння та зміни продуктивності, а також розглянути вимоги до регенерованої оливи, щоб забезпечити економічну доцільність регенерації та вихід високоякісної регенерованої сировини оливи. Слід зазначити, що обрана комбінація методів регенерації ВО повинна мати високий ступінь екологічності процесу та утворення невеликої кількості побічних продуктів у процесі чи можливість подальшого використання.

Широке практичне застосування в промисловості отримали наступні комбіновані способи регенерації ВО: відстоювання і фільтрація; відгін палива; адсорбційне очищення і фільтрація; обробка кислотою, адсорбентом та фільтрація; обробка ультразвуком та адсорбційне очищення, екстракція та адсорбційне очищення; деасфальтизація та коагуляція тощо [50, 52].

Запропоновано комплексну блок-схему регенерації ВО, яка включає такі стадії: коагуляцію, адсорбційне очищення, відстоювання, центрифугування та відгін палива. В результаті проведених стадій одержали компонент базової оливи.

У роботі [52] розроблено метод комплексної переробки ВМО, згідно якого ВО спершу відстоюється або центрифугується з метою вилучення механічних домішок та води. Очищена олива на наступній стадії процесу подається на вакуумну перегонку, де розділяється на два потоки. Потік I – фракції, що википають за температури до 400 °C, містять у своєму складі паливо, яке потрапило в оливу під час експлуатації та легкі фракції,

що утворились внаслідок вакуумної перегонки. Потік II – фракція, що википає за температури понад  $400^{\circ}\text{C}$ , яка в своєму складі містить асфальто-смолисті речовини, що утворились під час окиснення вуглеводнів олив внаслідок її експлуатації. Одержаний потік II слугує сировиною для одержання нафтового коксу, окиснення нафтових залишків з одержанням бітуму, а також для коксування вугільної шихти.

Потік I спрямовується на атмосферну перегонку, де розділяється на два потоки: потік III – фракція, що википає до  $360^{\circ}\text{C}$ , слугує сировиною для виробництва палива; потік IV – фракція, що википає за температур  $360\text{--}400^{\circ}\text{C}$ , слугує базовим компонентом для виробництва моторних і трансмісійних олив за умови введення різноманітних пакетів присадок [52].

Розроблена установка для регенерації ВО [53], до якої входять наступні блоки: відстоювання, центрифугування, вилучення легкокиплячих фракцій та води, ультразвукової обробки, мікрофільтрації та компаундування. В результаті проведеної регенерації одержують високоочищений компонент базової оливи, який можна подавати на компаундування для виробництва товарних олив.

Розроблено спосіб регенерації ВО коагуляцією та мікрофільтрацією за допомогою полімерних, металокерамічних та вуглеводневих мембран розміром  $0,03\text{--}0,10$  мкм. Очищена олива, одержана в цьому процесі, характеризується відсутністю механічних домішок та може слугувати базовим компонентом при виробництві товарних олив.

На основі огляду літературних джерел по комбінованих методах регенерації ВО можна стверджувати, що використання даних методів дозволяє одержувати високоякісні оливи, що можуть слугувати сировиною для виробництва товарних олив. Проте, варто зазначити що дані методи економічно вигідні за умови регенерації значних обсягів ВО [54, 55].

## РОЗДІЛ 3 Оптимізація методів відновлення відпрацьованих компресорних олив

### 3.1 Властивості та особливості використання компресорних олив

Компресорна олива — найважливіший компонент підтримки працездатності системи стисненого повітря. (рис. 3.1-3.3).



Рисунок 3.1 - Поршневий компресор



Рисунок 3.2 — Олива для поршневого компресора



Рисунок 3.3 – Компресорна олива марки *Adinol*, *Хадо*.

В першу чергу компресорна олива охолоджуюча рідина, олива відводить тепло, що виділяється в процесі стиснення. Якісна компресорна олива знижує знос деталей, що обертаються, за рахунок використання різних присадок, що



запобігають тертю металу про метал. Іншими словами, олива охолоджує систему, тому елемент не перегрівається.

Олива також змащує ротори та герметизує камеру стиснення. Оскільки компресорна олива використовується для охолодження та ущільнення, вона має бути спеціальною високоякісною оливою і не може бути змінена іншими альтернативами, такими як моторна олива. По суті, коли олива тече між елементами гвинта, вона закриває простір, у якому стискується повітря. Ще одне важливе завдання – прибирання. У деяких випадках пил потрапляє до машини через повітряний фільтр. Олива вловлює ці частинки, переносить їх до масляного фільтра та стікає назад. Якщо компресорна олива виходить з ладу або не змащує належним чином, внутрішні компоненти компресора можуть бути швидко зруйновані.

При правильному виборі компресорної оливи забезпечує ефективну роботу обладнання. Від стабільного тиску оливи в компресорі залежить довговічність останнього. Основним нормативним документом при використанні таких олив є ГОСТ 1861-73.

До основних функцій компресорної оливи відносяться:

- змащування пар тертя;
- мінімізація зазорів і підтримання герметичності;
- охолодження і підтримка стабільної температури.

Важливими характеристиками компресорних олив є:

- в'язкість. Від її рівня залежить кількість коксоутворення в вузлах, що виникають в процесі експлуатації. Чим нижче в'язкість компресорної оливи, тим менше буде відкладень на поверхні робочих деталей. Показник коливається в межах 7-30 мм<sup>2</sup> / с в залежності від конкретної марки;

- температура займання. Характеристика особливо має значення для компресорних олив поршневого обладнання, в якому робочі деталі сильно нагріваються. Температура займання в середньому становить + 190 ... + 275 °С.

Компресорні оливи можуть бути мінеральними або синтетичними. Існує два основних типи компресорної оливи: стандартна олива (також звана мінеральною олією) та синтетична олива.

Стандартна компресорна олива виробляється на мінеральній основі і дешевше синтетичної компресорної оливи. Мінеральна олива більш летка і випаровується з більшою швидкістю, ніж синтетична олива. В результаті вона використовується швидше. Мінеральні оливи також значно реактивніші, ніж синтетичні. Вуглецеві ланцюги не на 100 % насичені воднем, а це означає, що олива швидше вступає в реакцію з іншими речовинами і може утворювати згустки. Це скорочує термін служби оливи, фільтрів та оливовідокремлювачів. Цей тип оливи зазвичай рекомендується для використання в компресорах, які не використовуються постійно, або для домовласників/домашніх майстрів, чії прилади легші.

Синтетична компресорна олива вищої якості преміум-класу з тривалішим терміном служби. Фактично, синтетичні оливи зазвичай працюють на 50% довше стандартних олив. Синтетичні оливи також можуть продовжити термін служби компресора, споживаються повільніше (що рівносильно додаванню оливи рідше), залишаються холоднішими, ніж їх стандартні оливні аналоги, а також можуть допомогти в зменшенні різних відкладень, що негативно впливають на продуктивність компресора. Ще одна перевага синтетичної оливи - вона не містить сірки або присадок, що допомагає запобігти утворенню відкладень на клапанах.

Всі компресорні оливи мають низьку випаровуваність і високу термічну стабільність, нейтральні в відношенні до стиснених газів. До олив, що використовується в холодильних установках, пред'являються додаткові вимоги: вони повинні бути стійкі до перепадів температури і тиску, мати високу в'язкість.

Існують такі класифікації компресорних олив.

За умовами експлуатації:

- перша група. До неї відносяться компресорні оливи, розраховані на роботу при помірних навантаженнях. Використовуються при температурі нагнітання до  $+160^{\circ}\text{C}$ ;

- друга група. Має ті ж робочі характеристики, що й попередня, за винятком температури нагнітання, яка може досягати  $+180^{\circ}\text{C}$ ;

- третя група. Олива цієї категорії призначені для обладнання, що працює при високих навантаженнях. Температура нагнітання - до  $+200^{\circ}\text{C}$ ;

- четверта група. Сюди відносяться компресорні оливи, що працюють в особливо складних умовах при дуже високих навантаженнях. Температура нагнітання може перевищувати  $+200^{\circ}\text{C}$ .

За типом обладнання компресорні оливи бувають:

- для поршневих компресорів. В такому обладнанні механізм руху і циліндр змащуються шляхом розбризкування оливи. Головним завданням є зниження зносу, тертя, захист від корозії і ущільнення камер стиснення. Олива безпосередньо зіштовхується зі стисненим повітрям, тому до нього пред'являються високі вимоги. Олива для поршневих компресорів має хорошу стійкість до окиснення, не утворює нагару при нагріванні. Крім цього, вона зберігає необхідну в'язкість в широкому діапазоні температур;

- для гвинтових компресорів. У них олива виконує функції мастила, ущільнення і охолодження. У зв'язку з тим, деталі труться та нагріваються в процесі роботи, температура займання компресорної оливи повинна бути не нижче  $+180^{\circ}\text{C}$ . Оливи для гвинтового обладнання підвищують його зносостійкість, мають м'які протизадирні властивості [56].

Маркування компресорних олив вітчизняного виробництва наступне:

- позначення продукції даної категорії виглядає наступним чином: К-12, КС-19, К4-20 і т. д.

Буква К означає, що дана продукція відноситься до компресорних олив. Цифра позначає групу матеріалу. Якщо він відноситься до першої категорії, цифра не ставиться. Число, наступне за дефісом, вказує значення кінематичної

в'язкості в квадратних міліметрах в секунду ( $\text{мм}^2 / \text{с}$ ) при температурі  $+100\text{ }^\circ\text{C}$ . Якщо присутня буква С - матеріал виготовлений з сірчистих нафтопродуктів, П - з присадками.

Наприклад, КС-19П позначає компресорна олива першої групи з в'язкістю  $19\text{ мм}^2 / \text{с}$ . Продукт виготовлений з сірчистої нафти, має присадки.

Зарубіжне маркування

Компресорні оливи позначаються згідно *DIN 51506* і *ISO 6743/3* з додатковою інформацією:

- VB/VBL; категорія *DAG*. Матеріал призначений для всіх типів обладнання з максимальною температурою нагнітання до  $+140\text{ }^\circ\text{C}$ ;

- VC/VCL; категорія *DAA*. Олива може використовуватися в стаціонарних компресорах з температурою нагнітання до  $+160\text{ }^\circ\text{C}$  і в пересувних при  $t^\circ < +220\text{ }^\circ\text{C}$ ;

- VD/VDL; категорія *DAB*. Максимальна температура нагнітання-до  $+220\text{ }^\circ\text{C}$ . Олива може застосовуватися як в пересувних, так і в стаціонарних компресорах.

Буква *L* вказує на наявність присадок.

Далі детально надамо характеристику компресорним оливам, що використовуються на структурних підрозділах залізниці [56].

### 3.2 Марки компресорних олив, що використовуються на залізниці

Компресорна олива в умовах залізничних підприємств використовується для поршневих і ротаційних компресорів.

Для змащення вузлів тертя компресорів тепловозів і дизель-поїздів ДР1 застосовують компресорну оливу марки КС-19 (ГОСТ 9243) у якості всесезонної. У компресорах дизель-поїздів ДР1А, Д1 застосовують компресорну оливу зимою марки К-12 (ГОСТ 1861), влітку марки КС-19 (ГОСТ 9243).

В нових компресорах, що працюють у період гарантійного терміну, заміну оливи виконують відповідно до інструкцій з експлуатації заводів-виробників.

У компресорах тепловозів і дизель-поїздів після капітальних КР-1 і КР-2 і поточного ремонту ПР-3, а також після поточного ремонту ПР-2 (із розбиранням компресора) заміну оливи виконують на першому технічному обслуговуванні ТО-3 і далі відповідно до порядку.

Відбір проб оливи для лабораторного аналізу проводять через 40-50 тис. км пробігу поїзних тепловозів і через 3-4 місяці роботи дизель-поїздів, маневрових і вивізних тепловозів на черговому поточному ремонті ПР-1[57].

Проби в кількості 0,3 л відбирають шприцом із картера не пізніше, чим через 30 хв. після зупинки компресора. У відібраній пробі визначають кислотне число й вміст механічних домішок. У разі потреби роблять визначення температури спалаху, в'язкості й обводненості оливи. Норми бракування бракування наведені в табл 3.1.

Таблиця 3.1 - Норми бракування якості компресорної оливи

Кислотне число, мг КОН/г оливи, більше	0,7
Забрудненість, од., більше	160
Масова частка механічних домішок, %, більше	0,08
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С, менше	180
В'язкість кінематична, мм <sup>2</sup> /с(сСт) при t=100°С нижче:	
марки КС-19	15,5
марки К-12	8,5
Масова частка води, %, більше	0,03

Якщо лабораторним аналізом оливи буде встановлено, що хоча б один із приведених показників досяг норми бракування, оливу заміняють свіжою незалежно від тривалості її використання, прийнявши заходи для усунення причин псування оливи.

Перед заливанням свіжої оливи картер компресора і оливовий фільтр очистити від забруднень, промити гасом і протерти серветкою. При розбиранні компресора здійснювати огляд і очищення вузла шатунів. При заправці компресора оливу в картер заливати до верхнього рівня, що вказується оливомірною рейкою.

У наступному розділі розглянемо існуючі методики оцінки якості таких олив.

### 3.3 Методики оцінки якості компресорних олив

Оптичний показник забруднення компресорних олив визначається відповідно до ГОСТ 24943-81 «Масла. Фотометрический метод оценки загрязненности работавших масел», що встановлює прискорений метод оцінки забруднення відпрацьованих компресорних олив.

Сутність даного методу полягає в розчиненні проби випробуваної оливи в бензині, визначенні оптичної густини розчину на фотоелектроколориметрі та обчисленні фотометричного коефіцієнта забруднення.

Аналіз здійснюється в такий спосіб. Відібрану для аналізу оливу витримують 30 хвилин у сушильній шафі при температурі 60-70°C, потім 5 хвилин перемішують струшуванням. Від підготовленої проби піпеткою із грушею відбирають 1,0 см<sup>3</sup> оливи й переносять в мірний циліндр, куди також додають бензин-розчинник з розрахунку 20-кратного розведення оливи. Розчин ретельно перемішують. Отриманим розчином заповнюють чисту кювету, поміщають в прилад і вимірюють оптичну густину розчину (при довжині хвилі  $\lambda=540$  нм - зелений світлофільтр).

Фотометричний коефіцієнт забруднення ( $\tau$ ) у см<sup>-1</sup> обчислюють за формулою:

$$\tau = 2,303 \cdot \frac{i}{\sigma} \cdot D, \quad (3.1)$$

де 2,303 - основа натурального логарифма;

$i$  - ступінь розведення оливи розчинником:

$$i = \frac{V_o + V_p}{V_o}, \quad (3.2)$$

$V_p$  - об'єм розчинника,  $\text{cm}^3$ ;

$V_o$  - об'єм оливи,  $\text{cm}^3$ ;

$\sigma$  - відстань між робочими гранями кювети (товщина шару),  $\text{cm}$ ;

$D$  - оптична густина оливи, визначена фотоелектроколориметром.

За результат аналізу приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень.

Температура спалаху у відкритому тиглі визначається згідно методики ГОСТ 4333-87 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле» за методом Клівленда [58].

Сутність методів полягає в нагріванні проби відпрацьованої оливи у відкритому тиглі зі встановленою швидкістю доти, поки не відбудеться спалах пари (температура спалаху) нафтопродукту над його поверхнею від запального пристрою і поки при подальшому нагріванні не відбудеться загоряння продукту (температура запалення) із тривалістю горіння не менше 5 с.

Випробування проводиться в апараті для визначення температури спалаху у відкритому тиглі типу ТВО наступним чином. Тигель заповнюють нафтопродуктом так, щоб верхній меніск точно збігався з міткою, а також видаляють пухирці повітря з поверхні проби.

Тигель із пробєю оливи нагрівають за допомогою електрообігрівання. Запалюють полум'я запального пристрою (діаметр полум'я приблизно 4 мм). Починаючи з температури не менш чим на  $28^\circ\text{C}$  нижче температури спалаху, щораз застосовують запальний пристрій при підвищенні температури проби на  $2^\circ\text{C}$ . Полум'я запального пристрою переміщують у горизонтальному напрямку, не зупиняючись над краєм тигля, і проводять ним над центром тигля в одному напрямку протягом 1 с. При наступному підвищенні температури переміщують полум'я запалювання у зворотному напрямку.

За температуру спалаху приймають температуру, що показував термометр з появою першого синього полум'я над частиною або над всією

поверхнею випробуваного нафтопродукту. Додатково вона має бути підтверджена наступним спалахом через 2°C.

Визначення в'язкості олив проводять за вимогами ДСТУ ГОСТ 33-2003 «Нафтопродукти. Прозорі і непрозорі рідини. Визначення кінематичної в'язкості і розрахунок динамічної в'язкості», який встановлює метод визначення кінематичної в'язкості  $n$  рідких нафтопродуктів, прозорих і непрозорих рідин виміром часу витікання певного об'єму рідини під дією сили ваги через калібрований скляний капілярний віскозиметр [59].

Сутність методу полягає у вимірюванні каліброваним скляним віскозиметром часу витікання, у секундах, певного об'єму випробуваної рідини під впливом сили ваги при постійній температурі. Кінематична в'язкість є добутком обмірюваного часу витікання на постійну віскозиметра.

Випробування проводять наступним чином. Беруть два чистих сухих каліброваних віскозиметри з межами виміру, що відповідають передбачуваній в'язкості. Зразок наливають у скляну колбу місткістю 100 см<sup>3</sup> у кількості, достатній для заповнення двох віскозиметрів, і нещільно закупорюють. Занурюють колбу на 30 хвилин у лазню з киплячою водою. Далі колбу виймають із лазні, щільно закупорюють і струшують 1 хвилину. Заповнюють два попередньо нагрітих у шафі віскозиметра й поміщають у лазню відповідно до конструкції апарата.

Заповнений віскозиметр витримують у лазні доти, поки він не прогріється до температури випробування. Час, потрібний для проходження зразка від першої риски віскозиметра до другої, реєструють. Із двох визначень розраховують середнє арифметичне значення кінематичної в'язкості  $n$ , мм<sup>2</sup>/с.

Кінематичну в'язкість  $n$ , мм<sup>2</sup>/с, розраховують за формулою:

$$n = C \cdot t, \quad (3.3)$$

де  $C$  - калібрована постійна віскозиметра, мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;



$t$  - середнє арифметичне значення часу витікання, с.

Визначення вмісту води проводиться згідно вимог ГОСТ 1547-84 «Масла и смазки. Методы определения наличия воды» та ГОСТ 2477-65 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды» [60, 61]. По-перше, проводиться якісний аналіз оливи на наявність води. Дослідження проводиться наступним чином. Оливну баню заповнюють циліндровою оливою, нагрівають та поміщають у неї пробірку з досліджуваним зразком. Далі вивчають поведінку оливи у пробірці, доки температура у ній не сягне 130°C. Вміст води вважають встановленим, якщо при кожному дослідженні кожного зразка чутний малопомітний тріск зі спізненням (підтверджений при повторному дослідженні).

Для визначення кількості води в оливі використовують методику ГОСТ 2477-65. Сутність методу полягає в нагріванні проби нафтопродукту з нерозчинним у воді розчинником і вимірі об'єму сконденсованої води.

Дослідження проводиться в такий спосіб. Змішують у колбі пробу з розчинником (толуолом). Включають нагрівач, вміст колби доводять до кипіння і далі нагрівають так, щоб швидкість конденсації дистиляту в приймач була від 2 до 5 крапель в 1 с. Пальник поступово піднімають і стежать за швидкістю дистиляції, щоб вона не перевищувала 5 крапель в 1 с. Перегонку припиняють, як тільки об'єм води в приймачі-уловлювачу перестає збільшуватися і верхній шар розчинника стає зовсім прозорим. Крапельки води, що залишилися на стінках трубки холодильника, зіштовхують у приймач-уловлювач скляною паличкою. Далі очікують охолодження колби (доки температура розчинника і води стає кімнатною), апарат розбирають й зіштовхують скляною паличкою крапельки води зі стінок приймача-уловлювача.

Потім записують об'єм води, що зібралася в приймачі-уловлювачі, з точністю до однієї верхньої поділки нижньої частини приймача-уловлювача.

Масову (X) або об'ємну ( $X_1$ ) частку води у відсотках обчислюють за формулами:

$$X = \frac{V_0}{m} \cdot 100, \quad (3.4)$$

$$X_1 = \frac{V_0}{V} \cdot 100, \quad (3.5)$$

де  $V_0$  - об'єм води в приймачі-уловлювачі,  $\text{см}^3$ ;

$m$  - маса проби, г;

$V$  - об'єм проби,  $\text{см}^3$ .

За результат випробування приймають середньоарифметичний результат двох визначень. Якщо об'єм води в приймачі-уловлювачу при кожному дослідженні кожного зразка складає  $0,03 \text{ см}^3$  і менше, вміст води вважають слідами.

Визначення лужного числа проводять за вимогами ДСТУ 5094:2008 «Нафтопродукти. Оливи мастильні, присадки і пакети присадок. Визначання загального лужного числа методом потенціометричного титрування» [62], попередньо визначивши рН відповідно до інструкції рН-метра зі скляними електродами.

Аналіз проводять в такий спосіб. У стаканчик для титрування беруть наважку аналізованої оливи (відповідно до вимог ДСТУ маса становить 5 г) і розчиняли в 50 мл розчинника (спиртово-толуольній суміші). Стаканчик встановлюють на титрувальний стенд, опускають в розчин електроди, включають мішалку й визначають початкову величину ЕРС. Для визначення загального лужного числа титрування продовжують до величини ЕРС, встановленої в кислому буферному розчині. Визначення проводять прямим титруванням. Далі проводять контрольний дослід з тим же об'ємом розчинника, але без аналізованого продукту (проводять титрування до

величини ЕРС, установлені в кислому буферному розчині). Загальне лужне число (Щ) у міліграмах КОН на 1 г продукту, визначене прямим титруванням, обчислювали за формулою:

$$\text{Щ} = \frac{(V-V') \cdot T}{m}, \quad (3.6)$$

де  $V$  - об'єм 0,1 н розчину соляної кислоти, що була витрачена на титрування контрольного досліду до величини ЕРС у кислому буферному розчині, мл;

$V'$  - об'єм розчину соляної кислоти, що була витрачена на титрування до величини ЕРС у кислому буферному розчині, мл;

$T$  - титр 0,1 н розчину соляної кислоти, мг/мл КОН;

$m$  - маса наважки оливи, г.

Проводять два паралельні досліди при дослідженні кожного зразка і за результат приймають середнє арифметичне.

Визначення вмісту механічних домішок проводять за вимогами ГОСТ 6370-83 «Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения содержания механических примесей» [63].

Аналіз проводять в такий спосіб. У стакан поміщають підготовлену пробу досліджуваного продукту і розчиняють підігрітим розчинником (толуолом), нагрітим попередньо до 80 °С. Вміст стакана фільтрують через паперовий фільтр, розміщений у скляній воронці, закріпленій в штативі. Розчин наливають на фільтр по скляній паличці, воронку з фільтром наповнюють розчином не більш ніж на 3/4 висоти фільтра. Залишки нафтопродукту або тверді домішки, що залишались на стінках стакана, знімали скляною паличкою та змивають нагрітим до 80°С толуолом на фільтр. Після фільтрації фільтр з осадом промивають нагрітим до 80°С толуолом до тих пір, доки на фільтрі не зникають сліди нафтопродукту і розчинник не стає прозорим і безколірним.

Після закінчення промивання фільтр з осадом переносять у стаканчик для зважування з відкритою кришкою, в якому сушився чистий фільтр. Стаканчик з фільтром сушать у сушильній шафі при температурі  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  не менш ніж 45 хв. Далі стаканчик закривають кришкою, охолоджують в ексикаторі протягом 30 хвилин та зважують з похибкою не більше 0,0002 г.

Стаканчик з фільтром сушать та зважують до отримання розходження між двома послідовними зважуваннями не більше 0,0004 г. Масову частку механічних домішок (X) в процентах обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(m_1 - m_2)}{m_3} \cdot 100, \quad (3.7)$$

де  $m_1$  - маса стаканчика для зважування з паперовим фільтром та механічними домішками, г;

$m_2$  - маса стаканчика для зважування з чистим підготовленим паперовим фільтром, г;

$m_3$  - маса наважки, г.

Проводять два паралельні досліди при дослідженні кожного зразка і за результат приймають середнє арифметичне. Масова часта механічних домішок до 0,005 % включно оцінюють як їх відсутність.

### 3.4 Опис основних реагентів

Для очистки та відновлення відпрацьованих олив часто використовують різні поверхнево-активні речовини (ПАР).

ПАР – це речовина, здатна адсорбуватися на межі розділу фаз (одна з них зазвичай вода) і міняти поверхневий натяг.

ПАР можна поділити на:

- аніонні - у водних розчинах дисоціюють з утворенням аніонів;
- сульфати, найдешевші і найбільш агресивні;
- катіонні - у водних розчинах дисоціюють з утворенням катіонів;

- аміни та їх солі, бактерицидні, використовують разом з аніонними для їх нейтралізації;
- неіоногенні - високомолекулярні сполуки;
- оксиетировані спирти, 100% біорозклад, мале піноутворення, сприятливо впливає на шкіру
- амфотерні - виявляють катіон-активні або аніон-активні властивості в залежності від рН середовища

Проаналізувавши літературні джерела та досліді попередників щодо регенерації та відновлення відпрацьованих олив з використанням синтетичних реагентів, мною було з'ясовано, що такі реагенти можуть негативно впливати на людину та навколишнє середовище. Тому я прийшла до висновку, що більш перспективними та безпечними для людини та довкілля є методи відновлення відпрацьованих олив, в яких були б застосовані різні природні поверхнево-активні речовини.

Далі наведемо детальну інформацію щодо реагентів, які будуть використовуватись мною у експериментальній частині роботи для відновлення олив, а саме ПАРи: Алкілполіглюкозид, Кокоїл глутамат натрію, Децил глюкозид (табл 3.2).

Таблиця 3.2– Поверхнево-активні речовини, використані у дослідженнях

Найменування	Властивості	Концентрація, %
Алкільні поліглікозиди	Неіоногенна	100
Кокоїл глутамат натрію	Аніонна	97
Децил глюкозид	Неіоногенна	100

Алкіл поліглікозид (рис.3.4 ) - це неіонні ПАР, широко застосовуваний у різних косметичних, побутових та промислових сферах. Ці поверхнево-активні речовини є такими, що біорозкладаються, їх одержують з цукрів

рослинного походження, вони зазвичай являють собою похідні глюкози та жирні спирти[71].



Рисунок 3.4 - Алкіл поліглюкозид

Вихідні матеріали зазвичай являють собою крохмаль і жир, а кінцеві продукти зазвичай являють собою складні суміші сполук з різними цукрами, що містять гідрофільний кінець, та алкільні групи змінної довжини, що становлять гідрофобний кінець. Отримані з глюкози, вони відомі як алкілполіглюкозиди.

Кокоїл глутамат натрію (SODIUMCOCOYL GLUTAMATE) це сіль глутамінової кислоти (рис.3.5), що належати до класу поверхнево активних речовин (ПАР), малотоксичний. Натрію кокоїл глутамат отримують шляхом складних хімічних процесів з натуральної кокосової (лауринової) кислоти і глутамінової кислоти, натуральної амінокислоти, одержуваної шляхом ферментації цукру [71].



Рис.3.5 - Кокоїл глютамат натрію

Має фізіологічні значення рН (близько 6, що забезпечується двома карбоксильними групами в молекулах цих глютаматних ПАВ), активний у широкому діапазоні рН - від 4,5 до 12,5, стабільно піниться в жорсткій воді, має легкі бактерицидні властивості та дозволяє вводити в косметику мінімум консервантів.

Ця поверхнево-активна речовина має дрібну піну, відмінні піноутворюючі властивості та високу стабільність піни. Крім того, в неї проявляються хороші емульгуючі властивості, екологічно безпечна і біорозкладна. Вільні жирні кислоти видаляються фізичним способом, що робить продукт ідеальним для ліній натуральних чи сертифікованих продуктів.

Відрізняються у край високими темпами біотрансформації. Біорозкладається (повна біодеградація за 28 днів на глютамінову кислоту та жирні спирти), не мають сенсibiliзуючих властивостей.

Децил глюкозид (рис. 3.6) - дуже популярний інгредієнт у наші дні, тому що він одержують із кукурудзи та кокосів чи пальмового масла, тому він натуральний і також розкладається подвійно. Його зазвичай можна знайти як миючий чи очищуючий засіб.



Рис.3.6 - Децил глюкозид

Децил глюкозид отримують зі 100% відновлюваної сировини за допомогою комбінації жирного спирту на рослинній основі, деканолу, отриманого з кокосу, та глюкози (кукурудзяного крохмалю). Децил глюкозид - м'яка та ніжна поверхнево-активна речовина, яка, оскільки не сушить шкіру, ідеально підходить для складання засобів особистої гігієни та туалетного приладдя.

Поверхнево-активні речовини знижують поверхневий натяг продуктів, до яких вони додані, допомагаючи їм ефективніше видаляти бруд і оливи, одночасно стабілізуючи суміші оливи та води. Як поверхнево-активна речовина він також покращує здатність продукту змочувати поверхні та утворювати піну, яка є стабільною та довговічною.

У типових складах він м'який, не дратівливий, неалергенний, нетоксичний, неканцерогенний і не надає якогось відомого шкідливого впливу на органи тіла або репродуктивне здоров'я. Децил глюкозид не містить домішок. Його хімічна природа та виробничий процес призводять до одержання поверхнево-активної речовини без оксиду етилену, яка підходить для продуктів для дітей та домашніх тварин. Розкладається децил глюкозид протягом декількох днів, не забруднюючи навколишнє середовище.



### 3.5 Випробування природних ПАР для відновлення відпрацьованих компресорних олив

Найпершою задачею при відновленні первісних властивостей відпрацьованих компресорних олив є їх освітлення, а саме зниження такого бракувального показника як забрудненість у декілька разів.

Компресорна олива марки КС 19 перед дослідженнями мала такі показники після відбракування (з даних хіміко-технічної лабораторії депо):

1. забрудненість  $\tau=185 \text{ см}^{-1}$  ;
2. температура спалаху у відкритому тиглі:  $180^{\circ}\text{C}$ ;
3. в'язкість при  $100^{\circ}\text{C}$   $14,48 \text{ мм}^2/\text{с}$ ;
4.  $\text{pH}=6,7$ ;
5. лужне число 3 мг КОН/г;
6. вміст води: сліди.

Тобто перевищення норм відбулося лише за показниками забрудненості.

Далі детально опишемо хід випробування.



Рис 3.7- Колба з компресорною оливою

У колбу наливали відпрацьовану компресорну оливу у кількості 100 мл (рис. 3.7)

Нагрівали колбу з компресорною оливою на піщаній бані до  $55^{\circ}\text{C}$



Рисунок 3.8 - Зразки компресорної оливи

Ці речовини додавались у кількості 5 % від маси зразка та змішувались за допомогою скляної палички з пробєю оливи; далі спостерігали за реакціями, що відбувалися.

Результати було зафіксовано за 1 хвилину після додавання реагентів, через 30 хвилин та 1 добу.

Через 1 хвилину було зафіксовано перші результати (рис.3.9); помітний результат можна було спостерігати у ємкості з доданим кокоіл глютават натрію (рис 3.9).

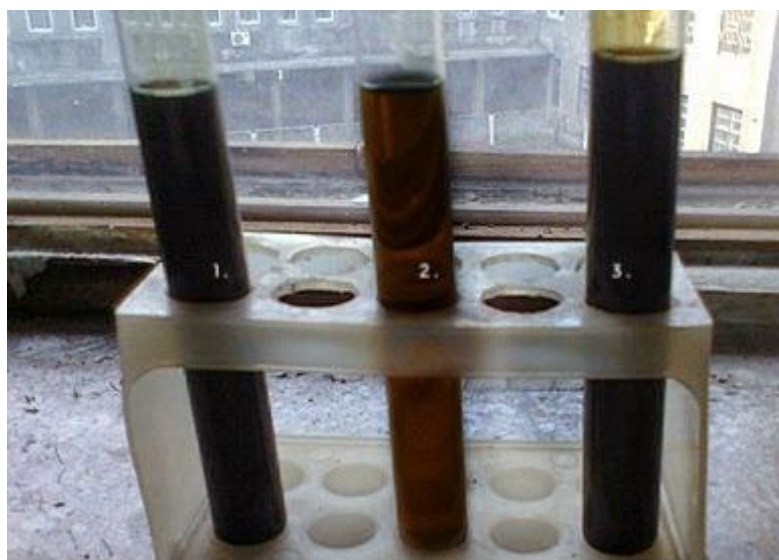


Рисунок 3.9 - Результати за 1 хвилину

Компресорна олива з 1. Алкіл поліглюкозидом, 2.Кокоіл глютаватом натрію, 3. Децил глюкозидом



Рисунок 3.10 - Відпрацьована компресорна олива з Кокоіл глутаматом натрію



Рисунок 3.11 - Відпрацьована компресорна олива з Алкіл поліглюкозидом та Децил глюкозидом

У випадку кокоіл глутамат натрію миттєво утворилася мутно-жовтувата суміш. У випадку з децил глікозид нічого не відбулося.

За півгодини було зафіксовано такі самі результати.

За добу нами було зафіксовано наступні реакції:

1. У пробі з Алкіл поліглюкозид утворилась мінімальна кількість осаду, освітлення оливи не відбулось;
2. У пробі з Кокоіл глутамат натрію відбулося розділення суміші на два шари: верхній – освітлена олива, нижній – осад (рис. 3.10);
3. У пробі з Децил глутаматом жодних змін не відбулось.

Так як найкращій результат було отримано з ПАРом Кокоіл глутаматом натрію, дослід з ним було відтворено, але кількість оливи у пробу складали 50

мл. Отримані результати за добу були такими ж самими, як у випадку з меншою кількістю оливи.

Отриману суміш перевіряли за основними показниками бракування у лабораторії депо. Було отримано результати та порівняно їх з нормативним документом ГОСТ 1861-73. Для наочності зведемо всі дані у (таблицю 3.3).

Таким чином, ефект очистки склав 71 %.

Як можна побачити з таблиці, відновлена нами олива відповідає вимогам якості (інструкція) – тобто всі перевірені показники є набагато нижчими за бракувальні. І хоча норми ГОСТу 1861-73 не було досягнуто, проте таку оливу можна рекомендувати для повторного використання [64].

Таблиця 3.3 – Порівняння показників відбракованої оливи з ГОСТом 1861-73, бракувальними показниками і показниками відпрацьованої оливи

Показники	Норма ГОСТ 1861- 73	Показники бракованості	Показники відпрацьованої оливи	Компресорна олива після очистки
Забрудненість см <sup>-1</sup>	-	160	175	52,5
Температура спалаху °С	260	180	115	110
В'язкість При 100 °С, мм/2	17-21	15	11	8
Вода	відсутня	0,03	0,02	відсутня
Кислотне число мг/КОН/г продукту	0,02	0,7	0,6	0,4

Також нами було проведено підбір необхідної кількості Кокоіл глутамату натрія, мінімально необхідної для ефективного очищення відпрацьованої оливи. Для цього експеримент було відтворено з кількістю ПАРи 3, 4, 6 % за масою. Отримані результати наведені на (рис 3.12):

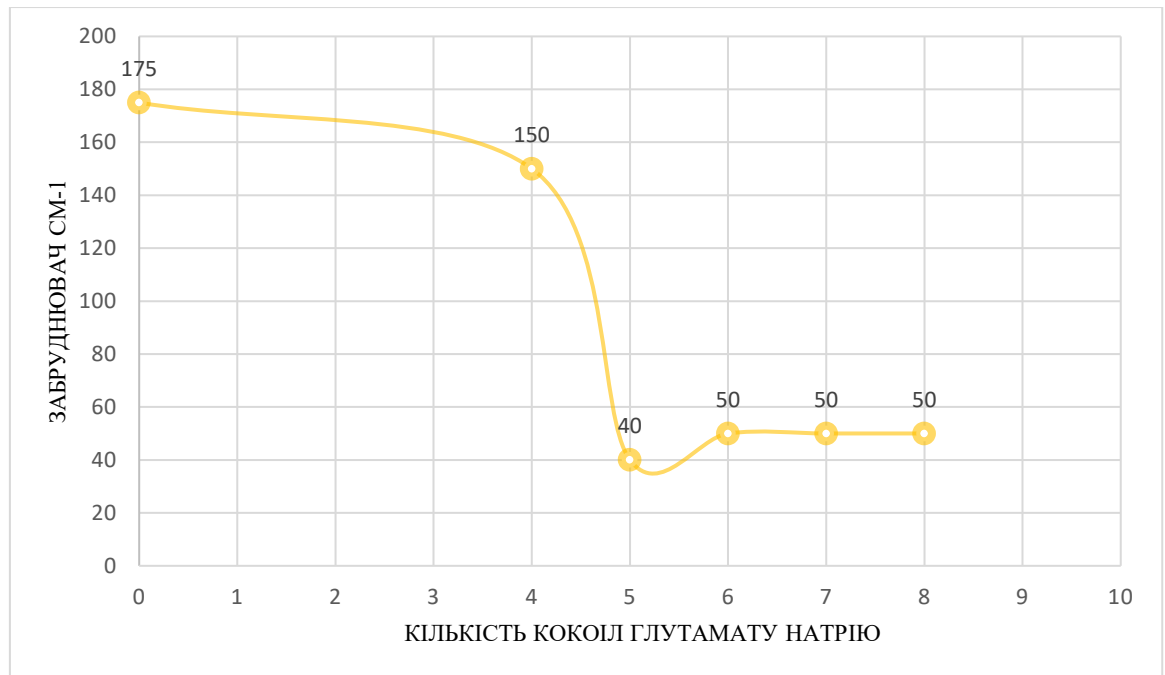


Рисунок 3.12 – Залежність ступеня освітлення оливи КС 19 від кількості Кокоіл глутамату натрію

Як видно з графіку мінімально необхідна кількість Кокоіл глутамат натрію - це 4 % за масою від кількості відпрацьованої оливи.

Також було підрахованого вихід очищеного продукту який склав 72 % .

У наступному розділі розглянемо устаткування для відновлення оливи та запропонуємо схему очистки відпрацьованих олив.

### 3.6 Розробка загальної схеми для утилізації відпрацьованих компресорних олив

Після проведення роботи в лабораторії і на основі отриманих результатів мною було запропоновано наступну схему очистки відпрацьованої оливи для впровадження на підприємстві залізничного транспорту (рис. 3.13).

На базі цієї схеми також запропонуємо схему з устаткуванням (рис 3.14):

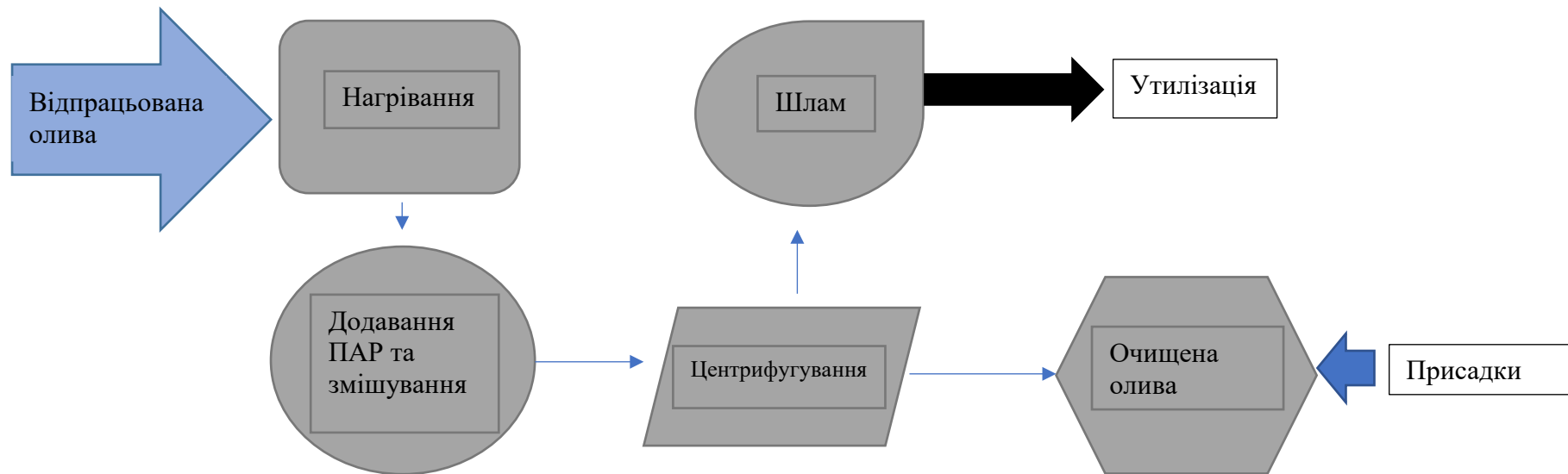


Рисунок 3.13 – Блок-схема очистки відпрацьованої оливи

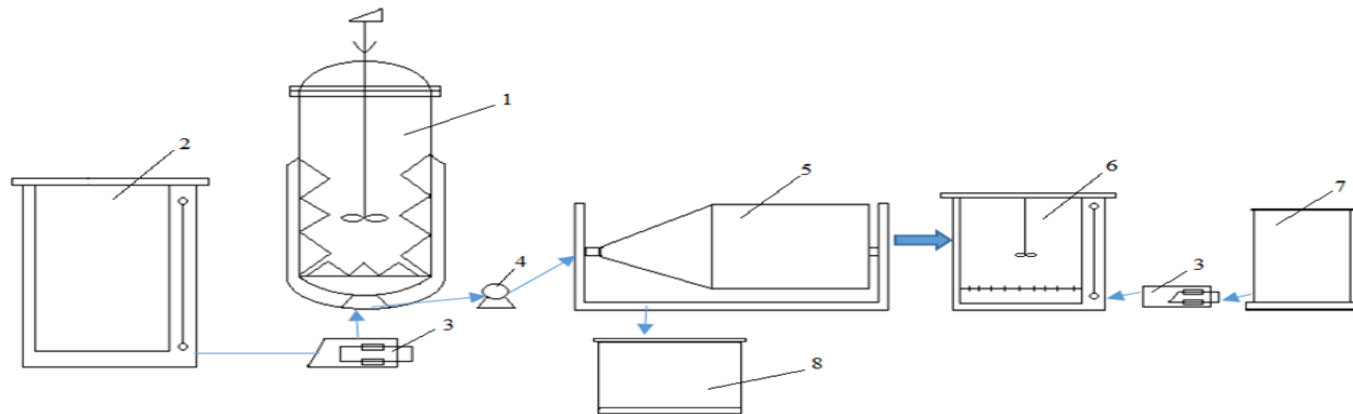


Рисунок 3.14 - Схема очищення відпрацьованої оливи з устаткуванням: 1 - ємкість з мішалкою і нагрівальним елементом, 2 - ємкість з ПАР, 3 - насос-дозатор, 4 - насос, 5 - центрифуга, 6 - ємкість зі змішувачем з присадкою для очищеної оливи, 7 - ємкість для зберігання присадки, 8 - ємкість для шламу, що відправляється на утилізацію



По суті нами пропонується використовувати широко розповсюджену схему очистки з використанням нового реагенту (Кокоіл глутамату натрію), а також сучасних присадок.

Беручи за основу стандартну схему ми можемо більш детально описати процеси, що відбуваються у ході очистки компресорної оливи на підприємстві. Відпрацьована олива потрапляє в ємкість з мішалкою і нагрівальним елементом, де вона нагрівається до температури 55<sup>0</sup>С. Далі до неї насосом-дозатором з ємкості 2 подається ПАР Кокоіл глутамат натрію, потім суміш у центрифугі 5 розділяються на очищену оливу та шлам. Шлам 8 відправляється на утилізацію. До доочищеної оливи додається присадка.

У якості присадки рекомендую використовувати, наприклад, Агідол-1 технічний (рис. 3.15).



Рисунок 3.15 – Присадка Агідол-1

Це ефективний стабілізатор полімерних матеріалів, різних видів каучуків, термостабілізатор поліолефінів, полістиролу, термоплавких клеїв та покриттів. Захищає від окиснення різні типи олив, бензини, різні види палив [73].

Нижче представлено обладнання, яке можливо включити до цієї схеми і використовувати для очистки відпрацьованих компресорних олив.

### 3.7 Підбір устаткування для відновлення відпрацьованих компресорних олив

1) Ємність з нагрівальними елементами і мішалкою представлено на (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 - Бак з мішалкою

Котел обладнаний пристроєм, що перемішує з регулюванням швидкості обертів, швидкознімним механізмом, тефлоновими скребками. Автоматикою нагріву контролює температуру продукту та температуру теплоносія (гліцерин або високотемпературне масло). Можлива комплектація ступінчастого нагріву, нагрівання великим струмом або томлення продукту слабким струмом. Варильна ємність виконана з харчової нержавіючої сталі - конусне або опукле дно із змінною бронзовою втулкою в упорі мішалки [70]. Теплова сорочка виконується у двох варіантах, харчова нержавіюча сталь або чорна холоднокатана сталь (застерігається при замовленні). Теплоізолюючий шар з мінеральної вати - зберігає тепло і залишає холодним зовнішні стінки котла. Зовнішня частина виконана з



полірованої нержавіючої сталі. Опорний механізм - стаціонарний при варінні рідкого продукту або переверотний механізм при густому або сипучому продукті, виконується з чорної або нержавіючої сталі. Переверотні механізми оснащуються редукторами збільшеної потужності та посилені газовими опорами для м'якості ходу. За вказану ціну варильні котли продаються із залитим теплоносієм та готові до роботи.

Включаючи в роботу котел, на електронному блоці кнопками більше або менше виставляється потрібна температура, вона висвічується великими цифрами послідовно показуючи температуру продукту і температуру теплоносія, надійний терморегулятор автоматично підтримує задані параметри варіння.

Після закінчення варіння продукт зливається через зливний кран при рідкій консистенції або вивантажується переверотом котла при в'язкій або сипучій консистенції.

Виготовляються резервуари місткістю від 50 л до 1500 л. Ціна такого баку складає 360000 грн.

Альтернативний варіант - бак варильний, що представлений на (рис. 3.17).



Рисунок 3.17 - Бак варильний

Цей бак призначена для прийому, підігріву або охолодження, перемішування і короткочасного зберігання, з автоматичним підтриманням заданої температури [66].

Ця машина являє собою вертикальну циліндричну ємкість з конічним дном, що забезпечує повне видалення з нього продукту та миючих засобів під час санітарної обробки. Виготовлена з нержавіючої корозійностійкої сталі, обладнана сорочкою теплоносія, термоізоляцією і термодатчиками. Характеристика варильного представлена в (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Характеристика нагрівального бака

Найменування параметрів	Значення
Обсяг ємкості робочий, л	250
Обсяг ємкості повний, л	370
Тип мішалки	рамочно-лопатева
Потужність приводу, кВт	1,5
Частота обертання мішалки, об/хв	
рамкової	24
лопатевої	72
Вид підігріву	автоматичний, ТЕНи
Потужність ТЕНів, кВт	2,5*3=7,5
Теплоносій	вода
Об'єм теплоносія, л	92
Матеріал внутрішнього корпусу	AISI 304
Матеріал обшивки	AISI 201
Маса, кг	не більше 450
Температура маси в ємкості, °C	не більше 90
Датчик переливу	+
Контроль рівня теплоносія	Візуальний, з ручним доливом
Зливний кран, DN	50
Габаритні розміри	
Діаметр, мм	1143
Висота, мм	1635

Ціна такого бака 200000 грн.

## 2) Декантерні центрифуги промислового призначення

Декантерна центрифуга ЛВ для зневоднення осаду

Компанія «ЕКОВОДБУДТЕХ» пропонує модельну лінійку декантерних центрифуг ЛВ для зневоднення осаду. Установки здатні відокремлювати твердий осад із розмірами частинок від 0,002 до 3 мм. Обладнання проводиться на основі фірмових розробок, на власному виробничому майданчику з якісних деталей та матеріалів. Продуктивність установки підбирається в залежності від хімічного складу суспензій, їхнього обсягу, що визначається дослідженнями на етапі підбору обладнання. Ви можете замовити стандартну модель за каталогом або замовити унікальне обладнання за вашим ТЗ, так само обладнання виготовляється у вибухозахищеному виконанні. За експлуатаційними можливостями установка є найкращим аналогом представлена на (рис 3.18).

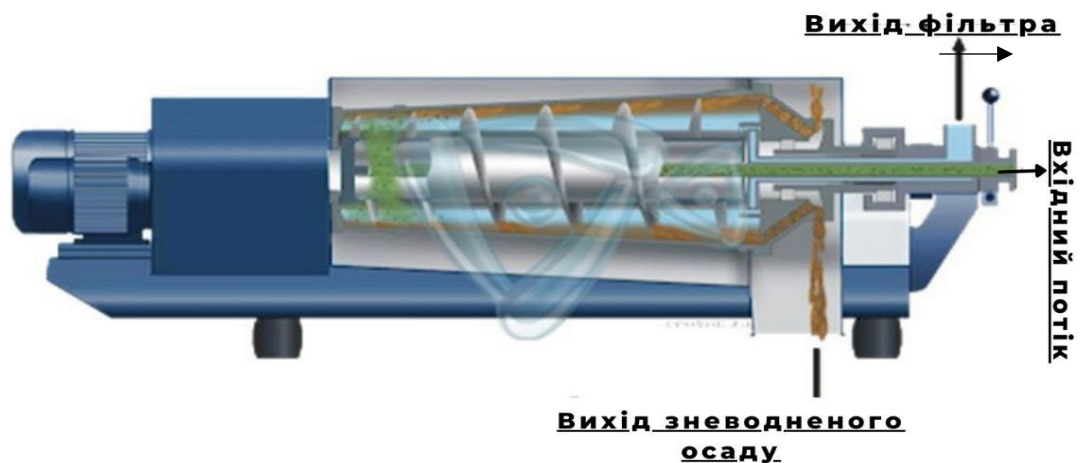


Рисунок 3.18 – Центрифуга компанії «ЕКОВОДБУДТЕХ»

Декантерна центрифуга ЛВ складається з наступних робочих модулів:

1. планетарний редуктор, що приводить у дію шнек;
2. механізм блокування призначений для зупинки електричного двигуна та припинення подачі стоків при перевантаженні обладнання;
3. циліндроконічний ротор, закритий з торців кришками, він розташований горизонтально на підшипниках кочення, зафіксованих на станині, рух вузол наводиться електричним двигуном;

4. приводи
5. шнек розташований усередині ротора, він транспортує осад до вивантажувальних вікон;
6. труби живлення, через них суспензія подається до центрифуги.

Таблиця 3.5 – Декантерна центрифуга ЛВ для зневоднення осаду

Марка центрифуги	Діаметр ротора, мм	Відношення робочої довжини ротора до його діаметру	Частота обертання, об/хв	Електрична сила, кВт
ЛВ-180	180	2.5-720	6000	3-5.5
ЛВ-260	260	3.0-4	5000	7.5-11
ЛВ-355	355	2-4.5	4000	11-30
ЛВ-420	420	3-4.1	3600	18.5-37

У декантерній центрифугі здійснюється відділення твердої та рідкої фази за допомогою відцентрових сил. Мокрий осад вводиться в установку та розганяється ротором, суспензії випадають на стінки ротора, звідки їх забирає шнек і пересуває до вивантажувальних вікон, розташованих у меншого діаметра ротора, на маршруті руху сформовані зони зневоднення осаду, де залишкова волога віджимається. По досягненню мас вивантажувальних вікон вони скидаються в приймач кожуха і під дією природної гравітації опускаються вниз, по великому діаметру ротора рухається очищена рідина, через вікно в правій кришці скидається в приймач центрифуги [50].

Переваги декантерних центрифуг ЛВ: обладнання здатне працювати безперервно, компактні розміри дозволяють розміщувати установку в умовах обмеженого простору, всі деталі, що знаходяться в контакті з осадом, виготовлені з нержавіючої сталі, стійкою до корозії, обладнання повністю захищене від навантажень, можливе виробництво обладнання у вибухобезпечному виконанні. [55]

Альтернатива - серія RZ компанії *Carl Padberg Zentrifugenbau GmbH* - це очисна центрифуга на (рис.3.19), яку можна використовувати безпосередньо на виробничих машинах.



Рисунок 3.19 - Центрифуга серії RZ компанії *Carl Padberg Zentrifugenbau GmbH*

Прилад функціонує завдяки простоті очищення рідини, яка подається за допомогою бездротової технології, розташоване в центрі кришки і доходить до дна ємкості через струмопровідний конус. Рідина прискорюється, що дозволяє швидко переміщати осад для легкого відділення важких твердих домішок, таких як шліфувальна і токарна стружка.

Потім очищена рідина буде підніматися вгору і проводиться за допомогою знежирюючої труби. Харчування здійснюється під кутом нахилу і невеликою висотою установки, що усуває необхідність в поживних насосах [67]. Ціна на центрифугу складає 450000 грн.

Дані про центрифугу серії *RZ* в (табл. 3.6.)

Таблиця 3.6 – Характеристика центрифуг серії *RZ* компанії *Carl Padberg Zentrifugenbau GmbH*:

Місце застосування	для нафтопродуктів, для процесу
функція	для очищення
напрямок	вертикальна
Інші характеристики	висока швидкість, автоматична, безперервної дії
Швидкість обертання	2 000 рад.мін-1, 3 500 рад.мін-1 (318 об / хв)

### 3) Насоси

Насоси типів НМШ - це зважених насоси призначені для перекачування: олив всіх видів (нафтових, мінеральних і синтетичних). (рис. 3.20).



Рисунок 3.20 - Насос НМШ

Горизонтальні електроагрегати на базі шестерних насосів типу НМШ, Ш з внутрішніми опорами змонтовані на плиті, призначені для перекачування масла в'язкістю 6 до 600 сСт.

За спеціальним замовленням насоси можуть бути виготовлені для перекачування оливи темперарою до  $+150^{\circ}\text{C}$  Індивідуальні варіанти до  $200^{\circ}\text{C}$

Вакуумметрична висота всмоктування 5 м.

Матеріал деталей проточної частини:

- чавун;
- бронза;
- алюмінієвий сплав.

Ущільнення валу - торцеве.

Наші насоси замінюють такі агрегати як: РЗ-3а; Ш2-25-1,4 / 16.1; ШЗ,2-25;

Модель насоса для оливи: НМШ 2-40-1.6 - 6500 грн / шт [68].

Насоси серії *VISCOMAT GEAR* були розроблені як сучасні, ефективні рішення для різних вимог насосних олив.(рис.3.21)



Рисунок 3.21 – Насос-дозатор для перекачки оливи

Група шестерні насосів (серія *Viscomat* 200-350 і *Viscomat DC*) підходять практично для всіх видів олив (в'язкістю до 2000 cSt).

Корпус виготовлений з чавуну з захистом від корозії. Для монтажу на корпусі є спеціальні кріплення.

Комплектація: насос, довжина проводу живлення - 2 м.

Продуктивність, л/хв: 14,

Електроживлення, В: 220,

Потужність, Вт 1250,  
Обертів в хвилину 1400,  
Вид палива: олива.

Насоси для перекачування оливи цієї серії, що працюють від електроживлення 220 В мають різну продуктивність: 9 л / хв, 14 л / хв, 25 л / хв або 50 л / хв. Моделі на 380 В працюють зі швидкістю 25 і 50 л / хв.

Насос для оливи представлені моделями 3 типів: лопатеві, шибєрні і шестєрні. Лопатєві мають велику продуктивність, але менший тиск в порівнянні з шестєрними.

Корпус виготовлений з чавуну з захистом від корозії. Для монтажу на корпусі є спеціальні кріплення. Усередині кожного насоса є спеціальний байпасний клапан, який спрацьовує при перекритті подачі палива. В цей час олива циркулює всередині насоса.

Для зручності використання на корпусі змонтований вимикач зі світловим індикатором.

Вихідні отвори - різьбові, внутрішній діаметр 1 дюйм (25мм). Є можливість установки фланцевого з'єднання.

Переваги:

Моделі насосів для оливи на 220 В здатні перекачувати не тільки оливи, а й дизельне паливо.

Завдяки наявності самовентильюючих лопатей і ребер охолодження це обладнання може безперервно працювати без обмеження часу.

Всі насоси цієї серії відносяться до типу самовсмоктувальних. А це означає, що для їх експлуатації не потрібна попередня заправка оливи у всмоктувальну магістраль. Висота сухого всмоктування при використанні донного фільтра зі зворотним клапаном - до 4 метрів.

Насоси для оливи цього виробника здатні безперебійно працювати в будь-яких умовах. Надійність і висока продуктивність - візитна картка цієї



серії. Ідеально підходять для автомайстерень, гаражів та інших підприємств, де виробляється перекачування оливи [69]. Ціна: 10900 грн

У підсумку, опираючись на невелику продуктивність запропонованої схеми очистки ВО і вартість знайденої у каталогах сучасного обладнання апаратури, вибір було зупинено на баку варильному темпер машині, центрифугі серії *RZ* компанії *Carl Padberg Zentrifugenbau GmbH*, насосі-дозаторі для перекачки оливи *PIUSI VISCOMAT*.

У наступному розділі буде підраховано економічний ефект від впровадження схеми відновленні відпрацьованої компресорної оливи.

#### РОЗДІЛ 4 Розрахунок еколого-економічного ефективности впровадження природоохоронних заходів

До еколого-економічних збитків слід враховувати не тільки безпосередні втрати природного ресурсу та втрати, спричинені погіршенням якості навколишнього природного середовища, що проявляються у погіршенні здоров'я та скорочення тривалості життя населення, забруднення ґрунті та згодом зменшення врожайності, зменшенням видів гідробіонтів та ін. Але й витрати на ліквідацію шкідливих впливів у вартісному вираженні.

У зв'язку з вищесказаним, необхідність мінімізації розмірів екологоекономічних збитків, спричинених активною розробкою нафтогазових родовищ, що супроводжується інтенсивним забрудненням довкілля високотоксичними політантами, диктує необхідність пошуку шляхів мінімізації негативного впливу об'єктів нафтогазовидобувного комплексу. Тому встановлення очисних обладнань є однією з вигідних пропозицій, щодо повторного використання відпрацьованих олив.

Нами для підвищення екологічності використання відпрацьованих компресорних олив залізниць була запропонована схема відновлення відпрацьованих олив марки КС 19. Такі заходи мінімізують кількість відходів, знизять навантаження на навколишнє природне середовище відпрацьованих олив (відходів третього класу токсичності) та дозволять отримати певний економічний ефект.

Основні складові запропонованої схеми це ємкість з мішалкою і нагрівальним елементом, ємкість з ПАР, насоси дозатори, насос, центрифуга, ємкість для очищеної оливи, ємкість для зберігання присадки, ємкість для шламу, що відправляється на утилізацію.

Середня вартість основного обладнання складає:

- Бак з нагрівальним елементом: 200000 грн.;
- Центрифуга: 450000 грн.;

- Насос для перекачування з одного резервуару до іншого: 6500 грн.;
- Насоси-дозатори: 10900 грн (врахуємо, що відповідно до запропонованої у 3 розділі схемі необхідно встановити 2 таких насоси, тоді вартість складе 21800 грн).

У якості ємкостей можна використовувати вже існуючі в кожному депо резервуари для зберігання відпрацьованих олив, тому не буде враховувати їхню вартість.

Для зберігання реагентів та присадки будемо використовувати ємкості постачальників. Шлам від змішувача першої ступені та центрифуги можна відводити до вже існуючих на територіях депо нафтошламонакопичувачів і згодом утилізувати.

У якості резервуару для зберігання освітленої оливи можна запропонувати залізничні цистерни для світлих нафтопродуктів, у яких згодом готовий продукт можна перевозити до користувачів. Вартість вищезазначеного обладнання також не будемо включати до загальних витрат.

Тоді загальна сума складе: 678 300 грн.

Крім того, витрати на реагенти для відновлення 1 тони відпрацьованої оливи складуть суму вартостей:

Кокоіл глутамат: при необхідній кількості 4 % по масі для оливи К 19 на 1 т використовується 40 кг реагенту, тоді при вартості 120 грн./кг отримуємо:

$$40 \text{ кг} \cdot 120 \text{ грн/кг} = 4800 \text{ грн}$$

Присадки: при необхідній кількості 10 мл на 1 л оливи (тобто 0,91 кг), тобто на 1 т буде використано 10,98 л присадки; тоді при вартості 1650 грн/л отримуємо

$$10,98 \text{ л} \cdot 1650 \text{ грн/л} = 18117 \text{ грн}$$

Тоді сума складатиме 18117 грн.

Загальна сума із врахуванням вартості основного обладнання та реагентів складе 701217 грн.

Ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат, що забезпечили його отримання. Ефективність розкриває характер причинно-наслідкових зв'язків виробництва. Вона показує не сам результат, а те, якою ціною він був досягнутий. Тому ефективність найчастіше характеризується відносними показниками, що розраховуються на основі двох груп характеристик (параметрів) - результату і витрат. Це, втім, не виключає використання в системі показників ефективності і самих абсолютних значень вихідних параметрів.

Економічна ефективність - це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національної економіки). Головною особливістю таких систем є вартісний характер засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку) [72].

У загальному вигляді принципова схема визначення показника ефективності може бути виражена формулою:

$$e = \frac{E}{Z}, \quad (4.1)$$

де  $e$  - показник економічної ефективності;

$E$  - величина економічного ефекту;

$Z$  - витрати ресурсів на забезпечення зазначеного економічного ефекту.

Однією з форм показника абсолютної економічної ефективності є термін (строк) окупності витрат (капітальних вкладень). Він характеризує період, протягом якого понесені на реалізацію заходу витрати повністю повертаються за рахунок отриманого ефекту. Термін окупності визначається зворотним співвідношенням витрат і річного ефекту:

$$T_{\text{ок}} = \frac{Z}{E_{\text{річ}}}, \quad (4.2)$$

де З - витрати на реалізацію заходу протягом усього періоду його дії; як варіанти можуть використовуватися: величина повних витрат або тільки капітальних вкладень (грн);

$E_{\text{річ}}$  - величина чистого річного економічного ефекту (грн/рік).

Проведемо розрахунок умовного економічного ефекту, який отримала б служба локомотивного господарства ДП «Придніпровська залізниця» на окремому своєму підрозділі (ВСП «Дніпропетровське локомотивне депо» ТЧ-8) при впровадженні у ньому запропонованої нами у 4 розділі схеми утилізації відпрацьованих олив типу КС 19, що і використовуються на даному підприємстві.

При розрахунку величини економічного результату Р будемо враховувати той факт, що на підприємстві у 2021 р. фактично було утворено 2 т відпрацьованих олив. При впровадженні запропонованої схеми вихід очищеного продукту складала б для оливи КС 19 - 72 %.

Можемо розрахувати кількість відновленої оливи на підприємстві, що могла б бути отримана у 2021 році:

$$\frac{2 \cdot 71\%}{100} = 1,42 \text{ т}$$

Тоді кількість Х побічних продуктів (шламів) складе:

$$2 - 1,42 = 0,58 \text{ т}$$

За цей відхід підприємство сплатить податок П:

$\Pi = X \cdot H = 0,58 \cdot 12,84 = 7,55 \text{ грн.}$  – знехтуємо цією цифрою через низьке значення.

H – ставка податку за розміщення відходів третього класу небезпеки, грн../т (до яких і відносять шлами).

Вартість 1 т свіжої оливи складає на сьогодні 24 245 грн/т, тоді величина загальної виручки підприємства внаслідок здійснення природоохоронних заходів склала б:

$$P = 1,42 \cdot 24245 = 34427,9 \text{ грн}$$

Для розрахунку повної витрати на реалізацію заходу 3 необхідно врахувати:

1. витрати на утилізацію побічних продуктів регенерації олив, а також технологічних шламів підприємства;
2. капітальні витрати для впровадження запропонованої схеми (вартість основного обладнання, арматури, їх встановлення на підприємстві);
3. подальші експлуатаційні витрати на обслуговування устаткування.

Без врахування подальших експлуатаційних витрат, можемо говорити, що ця сума відповідає значенню 3. Тоді Е дорівнюватиме:

$$E = 34427,9 - 701217 = - 666789,1 \text{ грн.}$$

За умови щорічної економії у середньому 45 тис. грн на закупівлю нової оливи така схема дасть позитивний ефект вже через 10 років і 3 місяці після впровадження:

$$701217/34427,9 = 20,4 \text{ років}$$

Можна з упевненістю сказати, що встановлення очисного обладнання з видалення зважених речовин вже дозволить суттєво зменшити виплати.

## Висновок

1. У дипломній роботі вирішено важливе завдання – розроблено схему та підібрано обладнання для утилізації відпрацьованих компресорних олив з метою одержання базової оливи для подальшого використання.

2. Вивчено зміну складу і експлуатаційних властивостей компресорних олив, а також встановлено напрямки перетворення компонентів компресорних олив внаслідок їх тривалого використання. В результаті було встановлено, що найефективнішим методом утилізації є комбінований. Також було відмічено, що при регенерації ВО повинні характеризуватись високою екологічністю процесу та утворенням невеликої кількості побічних продуктів процесу та можливістю їхньої подальшої утилізації.

3. Доведено принципову можливість очищення ВКО за допомогою поверхнево-активної речовини Кокоіл глутамат натрію. Встановлено, що за оптимальних умов проведення процесу (температура - 55<sup>0</sup>С, тривалістю- 1,5 год., кількість Кокоіл глутамат натрію 4 % мас. на відпрацьовану оливу) можна одержати оливу, очищену на 71 %. Розроблено поточну схему комплексного методу регенерації ВКО очищення олив у присутності Кокоіл глутамат натрію та присадок. Дана схема дає змогу отримувати відновлену оливу з виходом 70-72 % мас., яка відповідає усім вимогам до базових олив відповідних марок.

4. Визначена економічна ефективність впровадження запропонованого методу.

5. Встановлення очисного обладнання лише для видалення зважених речовин дозволить зменшити кількість забруднюючих речовин, у значному обсязі дозволить зменшити витрати на купівлю такої оливи.

## Список використаних джерел

1. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість. Підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Йосип Любінін, Казимир Лейда; за редакцією проф. С. Бойченка. – К.: «Центр учбової літератури», 2019. – 323 с.
2. Рябцев Г. С. Куда направляют масляные реки / Г. С. Рябцев // Терминал. – 2014. – № 27. – С. 6–10.
3. ДСТУ 3464-96. Авіаційні палива, мастильні матеріали, технічні рідини. Терміни та визначення. – [Чинний від 01.01.1998]. – К.: Управління Держспоживстандарту України, 1997. – 86 с. – (Національний стандарт України)
4. Фукс И. Г. Основы химмотологии. Химмотология в нефтегазовом деле: [учебное пособие] / И. Г. Фукс, В. Г. Спиркин, Т. Н. Шабалина. – М.: ФГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2015. – 280 с.
5. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения. / [Плахотник В. Н., Ярышкина Л. А., Сираков В. И. и др.]. – К.: Транспорт Украины, 2014. – 244 с.
6. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: учебное пособие / В.И. Сметанин. – М.: КолосС, 2015. – 230 с.
7. Безовська М. С. Вивчення корозійної активності олив та розробка рекомендацій щодо їх регенерації / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Збірник наукових праць: Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності / За ред.. Козяра М. М., Ковалишина В. В., Семераки М. М. [та ін.]. – Львів: Вид-во ЛДУ БЖД, 2014. – № 2. – С. 171-177.
8. Шашкин П.И. Регенерация отработанных нефтяных масел/Шашкин П.И., Брай И.В. – М.: Химия, 1970.-304 с.



9. Пат. 81273 Україна, (51) МПК C10M 175/00 (2013.01). Спосіб регенерації відпрацьованого масла / Горбунов М.І., Кравченко К.О., Горбунов М.М., Дрозд Я.Р., Ноженко О.С., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Брагін М.І., заявник і власник патенту: - Горбунов М.І., Кравченко К.О., Горбунов М.М., Дрозд Я.Р., Ноженко О.С., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Брагін М.І. - №u201300478; заявл. 14.10.2013; опубл. 10.07.2013. Бюл. №13.

10. Замальдинов М.М. Многоступенчатый способ очистки и частичного восстановления эксплуатационных свойств отработанных моторных минеральных масел / Замальдинов М.М. // Ульяновск: УГСХА. – 2012- С.207.

11. Purifier technology [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.myshared.ru/slide/298230>

12. Michaels A.C. Membran permtation: Theory and practice / Michaels A.C.- М: ВЦП. - 1978. -№3228.-65 с.

13. Пат. 2255795 Россия, МПК в 01D 61/14. Способ очистки масла / Козлов М.П., Дубяга В.П., Бон А.И.; заявитель и патентообладатель: ОАО «Московский нефтемаслозавод» (RU), ЗАО НТЦ «Владипор» (RU). - № 2013116183/15; Заявл. 03.06.2003; Опубл. 10.07.2005. Бюл. №11.

14. I. Voigt Nanofiltration with ceramic inopor- membranes / I. Voigt, Fisher G., N. Muller, K. Herrmann // Mixing and separation technology, Indusrtial application of membrane technologies, Ecoefficient waste treatment and resource recovery: ACHEMA 2006: Abstracts of the congress topics: 28 International exhibition-congress on chemical engineering, environmental protection and biotechnology. -Frankfurt am Main, 15-19 May, 2006. Frankfurt/Main. Dechema. -2006.-P.86.

15. Пахотин Н.Е. Регенерация отработанных масел использованием наномембран / Пахотин Н., Осадчий Ю.П., Пахотина И.Н. И Современные материалы, техника и технологии.- 2017.-№7(15). - С. 63- 67.

16. Чарыков В.И. Электромагнитный сепаратор УМС-3М: от математической модели до конструкции / Чарыков В.И., Соколов С.А., Яковлев А.И. / Вестник КрасГАУ. - 2014.—№10.-С. 173-177.
17. Коваленко В.П. Загрязнение и очистка нефтяных масел / Коваленко В.П. — М: Химия, -1978.- 304 с.
18. Олишевская В.Е. Сравнительный анализ технологий регенерации автомобильных смазочных материалов / Олишевская В.Е., Олишевский Г.С. // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта.- 2018. - №4. С. 180- 192.
19. Батюшков Д.И. Исследование технологии регенерации отработанных масел физическими методами / Батюшков Д.И. / Научный журнал «Апробация». -2013.-№4(7).-С. 7-8.
20. Чарыков В.И. Ресурсосберегающая технология и технические средства возобновления эксплуатационных свойств отработанных моторных масел / Чарыков В.И., Зуев В.С., Маянцев А.В. // Аграрный вестник Урала.-2008. -№ 6(48).-С. 79-82.
21. Маянцев А.В. Разработка концентратора магнитного поля для электромагнитной установки по регенерации автотракторных масел / Маянцев А.В., Чарыков В.И. / Вестник КрасГАУ.- 2008. -№ 4. С. 174-176.
22. Тарасов В.В. Циклонный вакуумный испаритель установки для регенерации масел, особенности конструкции и результат испытаний по удалению водотопливных фракций / Тарасов В.В., Власов И.Б. / Научные труды Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета. - 2013.-№ 28.-С. 70-82.
23. Чайка О.Г. Порівняльний аналіз методів очищення відпрацьованих олив на Україні та за її межами / Чайка О.Г., Чайка Ю.А. // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Хімія, технологія речовин та їх застосування». — 2009. -№ 644. — С.224-228.

24. F. Dalla Giovanna Compendium of used oil regeneration technologies / F. Dalla Giovanna, O. Khlebinskaia, A. Lodolo, S. Miertus. - [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://institute.unido.org/wp-content/uploads/2014/11/95.-Compendium-of-Used-Oil-Regeneration-Technologies.pdf>

25. Пат. 58374 Україна, (51) МПК C10M 175/00 (2011.01). Спосіб очищення відпрацьованого моторного масла / Узденніков М.Б., заявник і власник патенту — Донецький національний університет. -№u201011394; заявл. 24.09.2010; опубл. 11.04.2011. Бюл. №7.

26. C. Stan Some aspects of the regeneration of used motor oil / C. Stan, C. Andreescu, M. Toma // Procedia Manufacturing. 2018.-№ 22. С.709-713.

27. Д.П.В. 34719 Україна МКВ C10M 175/02 Спосіб очищення відпрацьованого моторного мастила від суспендованих механічних домішок та води / Симоненко О.П., Узденніков М.Б. Симоненко В.П., патентовласник Донецький державний університет. — № 9906090: заявл. 04.06.1999 опубл. 15.03.2001. Бюл. № 2.

28. П.В. 39415 Україна МКВ C10M 175/00, 175/02. Спосіб регенерації відпрацьованого моторного мастила / Симоненко О.П. Узденніков МБ. патентовласник Донецький державний університет. - No 97062989: заявл. 23.06.1997 опубл. 15.06.2001. Бюл. № 5.

29. Бутовский М.Э. Пути утилизации отработанных моторных масел / Бутовский МЭ. // Химия и технология топлив и масел.-2009.-№ 5(555). -с. 53-56.

30. Recycling possibilities and potential uses of used oils.- [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://www.cprac.org/docs/olis\\_eng.pdf](http://www.cprac.org/docs/olis_eng.pdf)

31. Викулов М.А. Регенерация отработанных масел. / Викулов М.А., Божедонов А.И., Довиденко Г.П., Капитонов И.С. // Якутия-1: Сб. материалов. Отд. выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. - №ОВ2. -2008.-С.331-335.

32. Блинов А.О. Оценка методов очистки моторных масел для их повторного использования / Блинов А.О., Игнатенков М.М. / Colloquium-journal. — 2018.- №7(18). -С. 62-65.

33. Курмаев Р.Н. Выбор и обоснование метода утилизации отработанных масел на крупных промышленных предприятиях / Курмаев Р.Н., Глушанкова И.С, Вайсман Я.И. II Transport. Transport facilities. Ecology. - 2016.-№1.-С.38-51.

34. Батюшков Д.И. Исследование технологии регенерации отработанных масел физическими методами / Батюшков Д.И. // Научный журнал «Апробация». -2013.-№4(7).-С. 5-6

35. Чайка О.Г. Регенерація відпрацьованої оливи із застосуванням природних дисперсних сорбентів / Чайка О.Г., Одноріг З.С. // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Хімія, технологія речовин та їх застосування».- 2003.-№ 488.-С.246-248.

36. Сироткина Е.Е. Регенерация отработанного гидравлического масла Shell Tellus Т 32 / Сироткина Е.Е., Борило А.В., Микубаева Е.В., Рябова Н. В. // Химия и технология топлив и масел.-2015.-№5(573).-С. 49-53.

37. Пат. 76541 Україна, (51) МПК C10G 25/00 (2013.01). Спосіб адсорбційного очищення нафтових олив / Зубенко С.О., Полункін Є.В., Старжинська Л.І., заявник і власник патенту- Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України. - №u201206891; заявл. 05.06.2012;В опубл. 10.01.2013. Бюл. №1.

38. Пат. 17431 Україна, (51) МПК C10M 175/00 (2011.01). Установка для регенерації відпрацьованої оливи / Мальований М.С., Чайка О.Г., Юрим М.Ф., Ковальчук О.З., Петрушка І.М., заявник і власник патенту — Національний університет «Львівська політехніка». -№u200604282; заявл. 17.04.2006;В опубл. 15.09.2016. Бюл. №9.

39. Пат. 38962 Україна, (51) МПК С10М 175/02 (2001.01). Спосіб регенерації трансформаторного масла / Діханов І.С., Головань Г.Д, Попов А.В., заявник і власник патенту - ВАТ «Український науково-дослідний, проектно-конструкторський технологічний інститут трансформаторобудування». - №2000127104; заявл. 11.12.2000; опубл. 15.05.2001. Бюл. №4.

40. Салихов Т.П. Адсорбционная очистка трансформаторного масла силикагелем в сочетании керамических мембран / Салихов Т.П., Кан В.В., Юсупов Д.Т. / Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. -2016.- №2(145). - С. 14-19.

41. Хитрюк В.А. Требования к гидравлическим маслам и способы их очистки / Хитрюк В.А. Сидорчук С.С. Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. - 2012.- 1(11). — С. 95-100.

42. Станьковский Л. Коагуляция отработанных смазочных масел как способ их подготовки к вакуумной перегонке / Станьковский Л, Молоканов А.А., Чередниченко Р.О., Дорогочинская В.А. // Мир нефтепродуктов. - 2012. — №6.- С. 16-19.

43. Пат. 102886 Україна, (51) МПК С10М 175/00 (2013.01). Спосіб регенерації відпрацьованих нафтових мастил / Узденніков М.Б., заявник і власник патенту- Донецький національний університет. - №u201110647; заявл. 05.09.2011; опубл. 27.08.2013. Бюл. №16.

44. Пат. 56110 Україна, (51) МПК С10М 175/00 (2013.01). Спосіб очищення відпрацьованого моторного масла / Узденніков М.Б., заявник і власник патенту- Донецький національний університет. -№u201009091; заявл. 19.07.2010; опубл. 27.12.2010. Бюл. №24.

45. Пат. 95154 Україна, (51) МПК С10М 175/00 (2011.01). Спосіб регенерації відпрацьованої моторної оливи / Безовська М.С. Зеленюк Ю.В.. Ярншкіна Л.О., заявник і власник патенту – Дніпропетровський

національний університет залізничного транспорту ім. акед. В. Лазаряна. - №а200913563; заяв. 25.12.2009; опуб.11.07.2011. Бюл.№13

46. Пат. 47147 Україна, (51) МПК С10М 175/02 (2002.01). Спосіб очищення відпрацьованого масла / Яблонько Б.М., Яблонько Г.М, заявник і власник патенту- ТОВ «Рубін-БЛАВП». - №200185590; заявл. 07.08.2001 опубл. 17.06.2002. Бюл.№6.

47. Остриков В.В. Использование карбамида для очистки моторных масел / Остриков В.В., Бусин И.В. // Техника в сельском хозяйстве. -2011.- №5. - С. 26-27.

48. Баатарху Ц. Восстановление качества отработанных смазочных масел / Баатарху Ц., Годиенко Л.Д., Назаров С.В. // Международный научный журнал «Инновационная наука».-2015. -№ 12.-С. 45-47.

49. Пат. 2078127 Российская федерация, МПК С10М175/02. Способ очистки отработанного масла / Гущин В.А.; Остриков В.В.; Гущина А.И.; Калюжный С.В., заявитель и патентообладатель: -Гущин В.А.; Остриков В.В.; Гущина А.И.; Калюжный С.В., №4820906/04. -заявл. 02.04.1990, опубл. 27.04.1997.

50. Syрманова К. К. Chemistry and recycling Technology of used motor oil / Syрманова К. К. Kovaleva A.Y., Kaldybekova Z.B., Botabayev N.Y., Botashev Y.T., Beloborodov B.Y. // Oriental journal of chemistry. 2017. — Vol. 33. -№ 6. -Р. 3195-3199.

51. Rafie R. Mohammed Waste lubricating oil treatment by extraction and adsorption / Rafie R. Mohammed, Inaam A..R. Ibrahim, Alladin H. Taha, Gordon McKay / Chemical engineering journal. 2013.-№ 220.-Р. 343-351.

52. Нигматуллин В.Р. Технология регенерации отработанного моторного масла / Нигмагуллин В.Р. // Химия и технология топлив и масел. -2012. — № 1. - С. 21-23.

53. Чайка О.Г. Комплексна блок-схема регенерації відпрацьованих моторних олив / Чайка О.Г., Березюк Д.О., Пастернак М.І. Чайка Ю.А. //

Вісник НУ«Львівська політехніка» «Хімія, технологія речовин та їх застосування». 2011. -№700.-С.287-289.

54. Григоров А.Б. Комплексная переработка отработанных моторных масел / Григоров А.Б. / Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. - 2012.- 5(99). - С. 40-44.

55. Пат. 100835 Україна, (51) МПК C10G 31/10 (2006.01). Установка для регенерації відпрацьованих масел / Горовий М.В., заявник і власник патенту- Сумський національний аграрний університет. -№u201501979%; заявл. 05.03.2015; опубл. 10.08.2015. Бюл. №15.

56. Гриценко В.О. Применение микрофльтрации для регенерации отработанных моторных масел. / Гриценко В.О., Орлов Н.С. // Критические технологии. Мембраны. -2002. № 16.- С. 10-16.

57. Пат. 2342188 Российская федерация. МПК В 01 F 11/02 . Способ получения эмульсий и суспензий / Акопян В. Б., Давидов Е. Р., Кузнецова О. В., Мордвинова Е. М., Рух ман А. А.; патентообладатель Рухман Андрей Александрович. – № 2007113000/15; заявл. 09.04.2007; опубл. 27.12.2014.

58. Детоксикация нефтешлама с использованием целлюлозосодержащих субстратов / [Н. А. Киреева, Т. Р. Кабиров, А. С. Григориади, Т. С. Онегова] // Вестник Башкирского университета. – 2008. – Т. 13, №1. – С. 47-51.

59. Мутин И. И. Утилизация нефтешламов с использованием негашеной извести / И. И. Мутин, Н. М. Исхакова. // Экология и промышленность России. – 2007. – № 5. – С. 9.

60. Дворянинов Н. А.. Новые технологические решения для переработки кислых гудронов и нефтешламов в товарные виды продукции / Н. А. Дворянинов, А. Д. Зорин, Е. Н. Каратаев, В. Ф. Занозина // Рециклинг отходов. – 2007. – № 4 (10). – С. 12–15.

61. Яманина Н. С. Утилизация отходов машиностроительных и нефтеперерабатывающих предприятий/ Н. С. Яманина, Е. А. Фролова, О. П.

Филиппова [и др.] // Экология и промышленность России. – 2001. – № 10. – С. 13–15.

62. Инструкция по применению смазочных материалов на локомотивах и моторвагонном подвижном составе: ЦТ-940. – [Действительный от 2003-16-05]. – М.: Изд-во МПС РФ, 2003. – 80 с.

63. Масла компрессорные. Технические условия: ГОСТ 1861-73: от 01.06.1995. – М.: Изд-во стандартов, 1995.- с. 3

64. <https://forumyug.ru/products/forum-v-prisadka-dobavka-dlya-dzhipov-v-dvigatel>

65. Бак варильный [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.l-ts.com.ua/ua/catalog-main/prod-15/bak-varilnij-temper-mashina/>

66. центрифуга(<https://vitrina.biz.ua/p967945534-nasos-dozator-orsta.html>) <https://vitrina.biz.ua/p967945534-nasos-dozator-orsta.html> насос

67. <https://kiev.prom.ua/p43281215-nasosy-dlya-masla.html>

68. <https://prom.ua/p623324749-nasos-dlya-masla.html>

69. <https://varochnyi-kotel.ru/catalog/varochnyi-kotel-elektricheskii-vke-1000.html>

70. <https://prostorhim.com.ua>

71. <https://text.ru/rd/aHR0cHM6Ly9uYXR1bGlxdWUuY28udWEvcGF2LXYtc2hhbXB1bmlhaC1uYXR1bGlxdWU%3D>

72. <https://text.ru/rd/aHR0cDovL3d3dy5ydXNuYXVrYS5jb20vN19OTkRfMjAwOS9FY29ub21pY3MvNDI0MjUuZG9jLmh0bQ%3D%3D>

73. <https://swatstroi.ru/catalog/antioksidanty/prisadka-antiokislitel'naya-agidol-1-tekhnicheskiy-4-metil-2-6-ditretichnyy-butilfenol>